



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Variación del peralte en vigas conectadas para optimizar el diseño  
estructural de zapatas conectadas en una vivienda en  
Cajamarca,2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Becerra Pérez, Kaddy (ORCID: 0000-0001-8629-0026)

Quiroz Gamboa, Oscar Nilton (ORCID: 0000-0002-0528-487X)

**ASESOR:**

Mg. Arévalo Vidal, Samir Augusto (Código ORCID 0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL

CALLAO – PERÚ  
2021

## **Dedicatoria**

A Dios que siempre ilumina nuestro camino. A mí familia por su apoyo constante. A mí hermano, que, aunque no esté con nosotros, sé que estará muy orgulloso. A mis padres, que me dieron fortaleza para lograr mis metas.

## **Kaddy Becerra Pérez**

A mis padres, por su apoyo y su esfuerzo incondicional. A sus grandes deseos de que sus hijos sean profesionales sin importar todas las circunstancias que se presentaron.

## **Oscar Nilton Quiroz Gamboa**

## **Agradecimiento**

A Dios por permitirme cumplir uno de mis mayores sueños, a mis padres, por estar siempre para mí, especialmente a mi madre, que está en el transcurso de toda mi vida.

A mi asesor, quien sirvió de guía, para la realización de este trabajo.

### **Kaddy Becerra Pérez**

Al Mg. Samir Augusto Arévalo Vidal, por todas sus enseñanzas durante este proceso.

A Gabriel Cachi Cerna y José Luis Cachito, por su apoyo incondicional.

A Zoila Cotrina, una persona excepcional.

A Dios por todo lo que he conseguido.

**Oscar Nilton Quiroz Gamboa**

## Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	IX
ÍNDICE DE ABREVIATURA .....	XV
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEORICO.....</b>	<b>4</b>
ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	4
ANTECEDENTES NACIONALES.....	6
CONCEPTOS TEÓRICOS.....	8
<b>III. METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	41
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN.....	43
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	44
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	45
3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE TOMA DE DATOS.....	45
3.5. PROCEDIMIENTOS .....	46
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	51
3.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	51
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>67</b>

<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>69</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>72</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>73</b>
<b>IX. ANEXOS</b> .....	<b>75</b>
ANEXO 1 PLANOS ARQUITECTÓNICOS .....	75
ANEXO 2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....	81
ANEXO 3 HOJAS DE EXCEL, PREDIMENSIONAMIENTO .....	107
ANEXO 4 MODELAMIENTO EN ETABS .....	113
ANEXO 5 MODELAMIENTO EN SAFE .....	125

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Dimensionamiento de losas aligeradas en una dirección .....	9
<b>Tabla 2:</b> Cargas de estructura según su categoría .....	11
<b>Tabla 3:</b> Asentamiento admisible .....	17
<b>Tabla 4:</b> Valores para verificación por adherencia .....	35
<b>Tabla 5:</b> Modulo de reacción del suelo o coeficiente de balasto .....	40
<b>Tabla 6:</b> Factores de zona .....	47
<b>Tabla 7:</b> Peso de la estructura .....	53
<b>Tabla 8:</b> Derivas en dirección x e y .....	53
<b>Tabla 9:</b> Verificación de torsión .....	54
<b>Tabla 10:</b> Cálculo modal, participación de masas .....	54
<b>Tabla 11:</b> Fuerza cortante de diseño .....	54
<b>Tabla 12:</b> Valores máximos y mínimos de desplazamiento y esfuerzos obtenidos en los diferentes escenarios de la cimentación con la combinación de carga envolvente Mín. ....	63
<b>Tabla 13:</b> Valores máximos y mínimos de desplazamiento y esfuerzos obtenidos en los diferentes escenarios de la cimentación con la combinación de carga envolvente Max. ....	63
<b>Tabla 14:</b> Valores obtenidos del escenario N°1 en las zapatas, con combinación de carga envolvente .....	63
<b>Tabla 15:</b> Valores obtenidos del escenario N°2 en las zapatas, con combinación de carga envolvente .....	63
<b>Tabla 16:</b> Valores obtenidos del escenario N°3 en las zapatas, con combinación de carga envolvente .....	64

<b>Tabla 17:</b> Valores obtenidos del escenario N°4 en las zapatas, con combinación de carga envolvente .....	64
--	----

## Índice de imágenes

<b>Figura 1:</b> Luz Libre en predimensionamiento de vigas.....	9
<b>Figura 2:</b> Sección de viga.....	10
<b>Figura 3:</b> Variación de la carga viva en el tiempo.....	12
<b>Figura 4:</b> Capacidad portante.....	15
<b>Figura 5:</b> Asentamiento uniforme.....	16
<b>Figura 6:</b> Asentamiento diferencial.....	16
<b>Figura 7:</b> Formas de falla del suelo bajo zapatas, primera etapa.....	18
<b>Figura 8:</b> Formas de falla del suelo bajo zapatas, segunda etapa.....	18
<b>Figura 9:</b> Formas de falla del suelo bajo zapatas, tercera etapa.....	19
<b>Figura 10:</b> Tipos de cimentaciones superficiales.....	20
<b>Figura 11:</b> Zapata aislada.....	21
<b>Figura 12:</b> Zapata combinada.....	21
<b>Figura 13:</b> Zapata conectada.....	22
<b>Figura 14:</b> Viga de cimentación o conexión.....	23
<b>Figura 15:</b> Presiones según tipo de suelo y tipo de zapatas.....	23
<b>Figura 16:</b> Falla por flexión.....	24
<b>Figura 17:</b> Falla por corte.....	25
<b>Figura 18:</b> Falla por punzonamiento.....	25
<b>Figura 19:</b> Acción de viga en zapatas.....	26
<b>Figura 20:</b> Acción de losa por punzonamiento.....	26
<b>Figura 21:</b> Sección Zapata aislada, vista en planta.....	27
<b>Figura 22:</b> Ubicación de fuerza actuante en zapata aislada.....	28
<b>Figura 23:</b> Punzonamiento.....	29



<b>Figura 24:</b> Perímetro de zona de falla en zapatas.....	30
<b>Figura 25:</b> Cortante direccional en zapata aislada .....	32
<b>Figura 26:</b> Transferencia de esfuerzos.....	33
<b>Figura 27:</b> Longitud de desarrollo.....	34
<b>Figura 28:</b> Calculo de acero en zapata aislada .....	35
<b>Figura 29:</b> Verificación por adherencia.....	36
<b>Figura 30:</b> Zapata conectada.....	38
<b>Figura 31:</b> Ubicación geográfica del departamento de Cajamarca.....	46
<b>Figura 32:</b> Estructuración de vivienda multifamiliar .....	52
<b>Figura 33:</b> Modelo de vivienda multifamiliar en software Etabs.....	53
<b>Figura 34:</b> Visualización del modelado de la cimentación en el escenario n°1 ...	55
<b>Figura 35:</b> Visualización de desplazamientos en la cimentación de la estructura con la combinación de envolvente del escenario n°1.....	55
<b>Figura 36:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario n°1.....	56
<b>Figura 37:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario n°1.....	56
<b>Figura 38:</b> Visualización del modelado de la cimentación en el escenario n°2 ...	57
<b>Figura 39:</b> Visualización de desplazamientos en la cimentación de la estructura con la combinación de envolvente del escenario n°2.....	57
<b>Figura 40:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario n°2.....	58
<b>Figura 41:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario n°2.....	58
<b>Figura 42:</b> Visualización del modelado de la cimentación en el escenario n°3 ...	59

<b>Figura 43:</b> Visualización de desplazamientos en la cimentación de la estructura con la combinación de envolvente del escenario nº3.....	59
<b>Figura 44:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº3.....	60
<b>Figura 45:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº3.....	60
<b>Figura 46:</b> Visualización del modelado de la cimentación en el escenario nº4 ...	61
<b>Figura 47:</b> Visualización de desplazamientos en la cimentación de la estructura con la combinación de envolvente del escenario nº4.....	61
<i><b>Figura 48:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº4.....</i>	<i>62</i>
<b>Figura 49:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº4.....	62
<b>Figura 50:</b> Numeración a las zapatas de cimentación.....	65
<b>Figura 51:</b> Calculo de acero en zapatas.....	66
<b>Figura 52:</b> Inicialización del software Etabs.....	113
<b>Figura 53:</b> Definición de las unidades de trabajo.....	113
<b>Figura 54:</b> Creación de grilla en Etabs .....	114
<b>Figura 55:</b> Definición de números de pisos y de altura.....	114
<b>Figura 56:</b> Definición de las características del concreto .....	115
<b>Figura 57:</b> Definición de propiedades del Acero.....	115
<b>Figura 58:</b> Definición de las propiedades del acero.....	116
<b>Figura 59:</b> Numeración de aceros estructurales.....	116
<b>Figura 60:</b> Creación de elementos estructurales, vigas, columnas. ....	117
<b>Figura 61:</b> Definición de característica de una viga.....	117

<b>Figura 62:</b> Creación de losas aligeradas en dirección X, Y .....	118
<b>Figura 63:</b> Vista en planta de la estructura, dirección XY .....	118
<b>Figura 64:</b> Vista 3D de la estructura, extruida. ....	119
<b>Figura 65:</b> Definición del espectro de respuesta .....	119
<b>Figura 66:</b> Definición de patrones de carga.....	120
<b>Figura 67:</b> Definición de casos de carga .....	120
<b>Figura 68:</b> Creación de sismo dinámico en dirección X.....	121
<b>Figura 69:</b> Creación de sismo dinámico en dirección Y.....	121
<b>Figura 70:</b> Creación de fuente de masa .....	122
<b>Figura 71:</b> Creación de la combinación de carga Deriva en X.....	122
<b>Figura 72:</b> Creación de la combinación de carga Deriva en Y.....	123
<b>Figura 73:</b> Creación de sismo estático en dirección X.....	123
<b>Figura 74:</b> Creación de sismo estático en dirección Y.....	124
<b>Figura 75:</b> Inicialización del software Etabs.....	125
<b>Figura 76:</b> Definición de las unidades en safe.....	125
<b>Figura 77:</b> Definición de las características del concreto en Safe .....	126
<b>Figura 78:</b> Definición de propiedades del Acero en Safe .....	126
<b>Figura 79:</b> Numeración de aceros estructurales en Safe .....	127
<b>Figura 80:</b> Definición de la capacidad admisible del suelo .....	127
<b>Figura 81:</b> Definición de las características de zapata .....	128
<b>Figura 82:</b> Definición de las características de columna .....	128
<b>Figura 83:</b> Definición de la ubicación de columnas interiores.....	129
<b>Figura 84:</b> Modelado de zapatas y columnas .....	129
<b>Figura 85:</b> Asignación de la capacidad admisible del suelo .....	130
<b>Figura 86:</b> Definición de franjas de diseño en zapatas en dirección x e y .....	130

<b>Figura 87:</b> Visualización de las franjas de diseño.....	131
<b>Figura 88:</b> Modelado de vigas de cimentación .....	131
<b>Figura 89:</b> Definición de la capacidad admisible para vigas de cimentación.....	132
<b>Figura 90:</b> Asignación de la capacidad admisible del suelo a las vigas de cimentación .....	132
<b>Figura 91:</b> Creación de combinaciones de carga en safe .....	133
<b>Figura 92:</b> Visualización de valores de punzonamiento en zapatas .....	133
<b>Figura 93:</b> Visualización de las secciones de viga de cimentación, para escenario n <sup>o</sup> 1 .....	134
<b>Figura 94:</b> Selección de la combinación de envolvente para visualizar los desplazamientos, del escenario n <sup>o</sup> 1 .....	134
<b>Figura 95:</b> Visualización de desplazamientos en zapatas con la combinación de envolvente del escenario n <sup>o</sup> 1 .....	135
<b>Figura 96:</b> Selección de la combinación de carga para visualizar esfuerzos admisibles en el escenario n <sup>o</sup> 1 .....	135
<b>Figura 97:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n <sup>o</sup> 1.....	136
<b>Figura 98:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n <sup>o</sup> 1.....	136
<b>Figura 99:</b> Visualización de las secciones de viga de cimentación, para escenario n <sup>o</sup> 2.....	137
<b>Figura 100:</b> Visualización de desplazamientos en zapatas con la combinación de envolvente del escenario n <sup>o</sup> 2 .....	137
<b>Figura 101:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n <sup>o</sup> 2.....	138

<b>Figura 102:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°2.....	138
<b>Figura 103:</b> Visualización de las secciones de viga de cimentación, para escenario n°3.....	139
<b>Figura 104:</b> Visualización de desplazamientos en zapatas con la combinación de envolvente del escenario n°3 .....	139
<b>Figura 105:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°3.....	140
<b>Figura 106:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°3.....	140
<b>Figura 107:</b> Visualización de las secciones de viga de cimentación, para escenario n°4.....	141
<b>Figura 108:</b> Visualización de desplazamientos en zapatas con la combinación de envolvente del escenario n°4 .....	141
<b>Figura 109:</b> <i>Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°4.....</i>	142
<b>Figura 110:</b> Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°4.....	142

## Resumen

En esta investigación se realizó el diseño de la sub estructura (cimentación superficial, zapatas conectadas), para una vivienda multifamiliar en la ciudad de Cajamarca, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca, con la finalidad de diseñar, analizar e identificar la variación de desplazamientos y esfuerzos en las zapatas conectadas variando el peralte de la viga de cimentación, usando los softwares Etabs versión educacional 19.0.0, y Safe 2016 versión educacional 16.0.1, de los resultados podemos indicar que, al aumentar el peralte de la viga de cimentación en **10 cm**, el desplazamiento máximo de la cimentación se redujo en **0.016 cm** y el esfuerzo en **0.085 kg/cm<sup>2</sup>**, en **20 cm** el desplazamiento se redujo en **0.024 cm** y el esfuerzo en **0.134 kg/cm<sup>2</sup>**, en **30 cm** el desplazamiento de la cimentación se redujo en **0.029 cm** y el esfuerzo en **0.161 kg/cm<sup>2</sup>**.

**Palabras claves:** zapata, viga de cimentación, desplazamiento, esfuerzo.

## **Abstract**

In this research, the design of the substructure was carried out (shallow foundation, footings connected)

For a multi-family home in Cajamarca City, Cajamarca province, Cajamarca Department.

In order to design, analyze and identify the variation of displacement and soil pressures in the connected footings by varying the depth of the foundation beam using Etabs educational version softwares 19.0.0 and safe 2016 educational version 16.0.1

From the results we can indicate that by increasing the superlevation of the foundation beam by 10 cm the maximum displacement of the foundation was reduced 0.016 cm and the stress of the soil in 0.085kg/cm, in 20 cm the displacement of the foundation was reduced by 0.024 cm and the stress of the soil in 0.134 kg/cm, in 30 cm the maximum displacement of the foundation was reduced by 0.029cm an the soil stress in 0.161 kg/cm.

**Keywords:** Footings, foundation beam, displacement, allowable stress.

## I. INTRODUCCIÓN

En la **realidad problemática**, en el mundo, en países desarrollados donde su población ostenta un nivel superior en relación a la calidad de vida, desarrollo industrial, socioeconómico, ingreso per cápita y desarrollo humano, la ejecución de construcciones informales es mínima o casi nula, a diferencia de los países subdesarrollados.

En el Perú según Capeco, 2018; en el sector de la construcción muestra que el 80% de viviendas fueron construcciones informales realizadas por autogestión y autoconstrucción, de las cuales el 40% son vulnerables a un terremoto de gran magnitud y en zonas aledañas de las ciudades llega hasta un 90% de vulnerabilidad, en el departamento Cajamarca, provincia Cajamarca, Distrito Cajamarca, donde existe problemas socioeconómicos se puede apreciar viviendas construidas sin tener un análisis técnico en la etapa de diseño, tampoco ninguna supervisión por un especialista en la ejecución, esto puede generar un colapso de la estructura a corto, mediano o largo plazo, dando como resultado pérdidas humanas, económicas y estructurales.

Los factores que influyen en la construcción de una vivienda informal, son principalmente factores legales, técnicos y económicos.

Destacando del factor económico, donde el pensamiento de la falsa creencia del ahorro, según nuestra idiosincrasia, genera al estado futuros problemas a pequeña y gran escala.

Del factor técnico se puede verificar que en proyectos informales no se tiene un estudio adecuado o sencillamente no se realiza, pero en proyectos formales, solo se basa en cumplir los lineamientos de los reglamentos nacionales e



internacionales, sin buscar alternativas técnicas adecuadas para la mejora en los diseños a nivel estructural. Uno de los elementos estructurales que es importante analizar, además de complejo, es la cimentación, existe diferentes tipos de investigación respecto a ella, basándose en la interacción suelo-estructura en una edificación, de esto, dichas investigaciones se basan generalmente, en el análisis de zapatas aisladas y combinadas; pocas son analizadas en zapatas conectadas y en cada una de sus partes.

En esta investigación lo que se busca es indagar en relación a la viga de cimentación que es parte fundamental en las zapatas conectadas y la optimización estructural al variar dicho elemento en sus dimensiones. Teniendo como **problema general**: ¿De qué manera se optimiza el diseño estructural de la zapata al variar el peralte de la viga de cimentación?, teniendo como **objetivo general**: Optimizar el diseño estructural de la zapata al variar el peralte de la viga de cimentación. **objetivos específicos**: Analizar cómo influye el peralte de la viga de cimentación en el desplazamiento de la cimentación, evaluar la variación del peralte de la viga de cimentación en los esfuerzos transmitidos del suelo hacia la zapata. , finalmente se procedió a identificar la **hipótesis** para ello se formuló la **hipótesis general** La variación del peralte de la viga de cimentación optimiza significativamente el diseño estructural de la zapata conectada, siendo la **variable dependiente**: El diseño estructural de la zapata y la **variable independiente**: El peralte de la viga de cimentación y finalmente se tiene la **justificación técnica**: al analizar la realidad problemática, se puede percatar que el tema se justifica en que la investigación en relación a vigas de cimentación es escasa, principalmente en como esta viga de conexión contribuye en las zapatas conectadas y cuanta influencia tiene en el comportamiento estructural de la edificación. También el criterio técnico que se

debe de tomar al estructurar una viga de cimentación en este tipo de estructuras o similares; **justificación metodológica:** El problema repetitivo de seguir solo los lineamientos de las normativas y no generar investigación para la optimización en los elementos estructurales de una edificación. Es por ello que en esta investigación se va a constatar las normativas en relación al diseño estructural de las vigas de cimentación; **justificación social:** es una investigación que aporta a optimizar en diseños y ejecución de zapatas conectadas, siguiendo criterios técnicos que se rigen a las normas nacionales e internacionales. **justificación por conveniencia:** es un tema muy interesante y más aún cuando aplicamos un software para entender el funcionamiento y comportamiento estructural, además que pertenece a la línea de investigación de diseño sísmico y estructural la cual es muy importante en ingeniería civil. **justificación académica:** este trabajo tiene una contribución académica, que enmarca un antecedente importante respecto al tema, por tal motivo tanto estudiantes como profesionales se beneficiarán de la información brindada y así tener una referencia para realizar futuras investigaciones.

## II. MARCO TEORICO

Para la siguiente tesis, se utilizaron trabajos similares o parecidos, trabajos encontrados a nivel internacional y nacional, los cuales son los siguientes:

### **Antecedentes Internacionales**

**Arias Marín, P.** México (2016), En la tesis titulado: Interacción dinámica suelo-estructura aplicada a distintas geometrías de cimentación (Vibración transmitida del suelo a la estructura), llegando a la **conclusión:** que los desplazamientos son menores a medida que la profundidad aumenta mientras que los giros son mayores, esto sucede porque al incidir el frente de ondas con la base de cimentación se produce difracción de ondas el cual modifica su dirección por lo que el movimiento disminuye.

**Cabrera, P y Eduardo G,** España (2016), En la tesis de postgrado titulado: Estudio comparativo de cimentaciones aisladas en la ciudad de cuenca diseñadas por el método de la presión admisible con las obtenidas aplicando el método de los estados limites, llegando a la **conclusión:** que en cualquier tipo de cimentaciones superficiales siempre el método de estados limites resulta más económico y cumple con todos los parámetros de seguridad que requiera dicho diseño.

**Mejía Bermeo, L. A.** México (2017), en su tesis titulada: Interacción Dinámica Suelo- Estructura, llegando a la **conclusión:** Como podemos observar al construir el espectro de diseño por el criterio de la sección 3 en una aceleración  $a = 0.16g$ . correspondiente a un periodo de la estructura  $T = 0.8$  segundos, el cual nos lleva a obtener una sollicitación de fuerzas sísmicas conservador, lo que se traduce en una solución económica en lo que respecta al diseño estructural.

**Cifuentes Rueda, N. L. y Malagón Torres, G.** (2018). La investigación fue titulada como Software de aplicación para el análisis y diseño estructural de cimentaciones superficiales. Llegando a la **conclusión:** que en cada formulario se obtiene una imagen del tipo de zapata con la notación de los algunos datos de entrada y salida, así se obtuvo una guía visual de la zapata diseñada.

**Llumiyinga León, R. S.** Machala (2020). La investigación fue titulada como: Diseño estructural de zapata corrida o continua y losa de cimentación para una edificación de 5 pisos de hormigón armado. El método utilizado en la investigación fue cuantitativo. Finalmente, llegando a la **conclusión:** para este caso en particular al realizar los cálculos tanto para zapata corrida o continua como para la losa de cimentación de la misma estructura se analizó que para este edificio de 5 pisos la mejor opción de cimentación superficial es la zapata corrida continua ya que en apreciación de costos resulta más económica.

## **Antecedentes nacionales**

**Sánchez Montoya, A. B. G. y Sánchez Vega, R.O,** (2016) en su tesis titulada “Comportamiento sísmico de zapatas conectadas a diferente profundidad de desplante. estudio de caso: Vivienda proyectada de 04 niveles ubicada en la localidad de Chachapoyas- 2016” la cual utilizó para obtener el título de ingeniero civil, llegando a la **conclusión:** Los esfuerzos en la subestructura producidos por fuerzas laterales (sismo X, sismo Y), sobre los elementos de la que está compuesta la cimentación, permiten verificar la intensidad de las fuerzas generadas, en lo que es interacción viga conectada – columna, para realizar un diseño óptimo.

**Arapa Álvarez, R. M.** (2017), en su tesis titulada: Análisis y diseño estructural en concreto armado del edificio multifamiliar de siete niveles en el centro poblado de Jayllihuaya, la cual utilizó para obtener el título de ingeniero civil, llegando a la **Conclusión:** Del modelo final se obtiene un periodo de 0.574 y la participación de masas es mayor al 90%, para el sexto periodo es de 64.5 en el eje X y en el eje Y donde el periodo es de 0.091, se realizó un escalamiento de cortantes ya que la cortante dinámica al 80% es menor a la estática.

**Velasquez Huayta, F. A.** (2018) en su tesis titulada “Eficiencia teórica de cuatro tipos de cimentación superficial para una institución educativa” la cual utilizó para obtener el título de ingeniero civil, llegando a la **conclusión:** el tipo de cimentación más eficiente es la zapata conectada pues tienen mayor eficiencia, el esfuerzo máximo ejercido en el terreno en zapatas aisladas es de 0.179 kg/cm<sup>2</sup>, en zapatas conectadas es de 0.131 kg/cm<sup>2</sup>, zapatas combinadas es de 0.101 kg/cm<sup>2</sup> y el de losa de cimentación es de 0.00004 kg/cm<sup>2</sup>.

**Morales Curo, F. A.** (2018) en su tesis titulada: “Alternativas de cimentaciones superficiales para edificaciones cimentadas en un terreno con asentamiento

diferencial” para obtener el título profesional de ingeniero civil, llegando a la **conclusión:** la cimentación existente, la cual está compuesta por zapatas concéntricas y combinadas, amarradas con vigas de cimentación cuyas medidas son 0.70m x 0.80m, resultaron ser económicas frente a los asentamientos diferenciales. Las cuales cumplen el criterio de Terzaghi (1973), donde el área total de contacto es de 31.64%, menor que el 50% del área total de la cimentación por construir. Se maneja varias alternativas de cimentación superficial, donde la mejor alternativa para asentamientos diferenciales es la que tiene zapatas concéntricas y combinadas conectadas con vigas de cimentación, este tipo de cimentación resulta ser un -5.4% más económica frente a las otras alternativas de cimentación superficial existente, esto se da gracias al incremento de peralte en la viga de cimentación.

**Carrasco García, L.** (2019) en su tesis titulada: “Diseño Estructural de una Cimentación Combinada para un Edificio De 4 Pisos – Asociación Villa Universitaria – Castilla – Piura – 2019”, llegando a la **conclusión:** se podría hacer el diseño estructural con zapatas aisladas por ser más económico, pero por recomendación del Estudio de Mecánica de Suelos se diseñó una cimentación combinada, del EMS se obtuvo una capacidad portante de 1.38 kg/cm<sup>2</sup> a una profundidad de desplante de 2 metros.

## **Conceptos teóricos**

### ***Estructuras***

Según Abanto, 2017, una estructura es el conjunto de elementos estructurales conectadas, cuyo objetivo es soportar las cargas vivas y muertas. Las estructuras están sujetas a cargas verticales o gravitacionales y cargas laterales producidas por los sismos.

### ***Elemento estructural***

Son las partes de una estructura que se desempeñan cumpliendo una función estructural. Los elementos estructurales pueden ser: zapatas, cimientos corridos, vigas de cimentación, columnas, placas o muros de corte, muros de albañilería, vigas, losas aligeradas, losas macizas, escaleras. (Abanto, 2017)

### ***Estructuras aporticadas***

Son las estructuras constituidas por un sistema estructural las cuales están conformadas por columnas y vigas formando pórticos. Donde el 80% de la fuerza cortante actúa sobre las columnas de los pórticos.

Estas estructuras tienen tabiques de albañilería que son usados como separadores de ambientes, los cuales no tienen una función estructural. Estos tabiques deben estar apartados del sistema estructural (vigas–columnas-losa), usando juntas sísmicas rellenas con Tecnopor. (Abanto, 2017)

### ***Predimensionamiento de elementos estructurales***

Predimensionamiento es la acción de aproximarse a las dimensiones temporales o definitivas de lo que son: vigas, losas, columnas, placas, etc.

### **Predimensionamiento de losas aligeradas en una dirección**

El espesor de losas aligeradas en una dirección o unidireccionales, se pueden predimensionar usando la siguiente formula o tabla.

$$e = \frac{L_n}{25} \quad (1)$$

**Tabla 1:** Dimensionamiento de losas aligeradas en una dirección

Luz libre (m): $L_n$	Espesor aligerado: e	Altura de ladrillo (m): H
$L_n \leq 4$	0.17	0.12
$4 \leq L_n \leq 5$	0.20	0.15
$5 \leq L_n \leq 6.5$	0.25	0.20
$6.5 \leq L_n \leq 7.5$	0.30	0.25

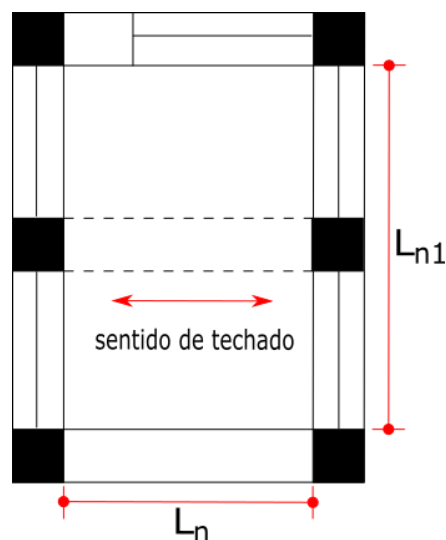
**Nota:** fuente propia, obtenido de Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, (Abanto, 2017)

Donde:

e = espesor de losa

$L_n$  = es menor luz libre.  $L_n < L_{n1}$  (ver figura n°1)

**Figura 1:** Luz Libre en predimensionamiento de vigas.



**Nota:** fuente propia, obtenido de Análisis y diseño de edificaciones de albañilería (Abanto, 2017)



## **Predimensionamiento de vigas estructurales**

Dimensionamiento del peralte de viga según su categoría de edificación

Para categoría A

$$h = \frac{L}{10} \quad (2)$$

Para categoría B

$$h = \frac{L}{11} \quad (3)$$

Para categoría C

$$h = \frac{L}{12} \quad (4)$$

Dimensionamiento de base de viga

$$b = \frac{h}{2} \quad (5)$$

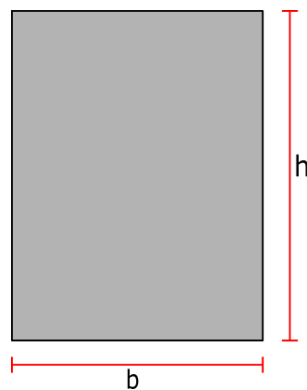
*Donde:*

**L** = luz mayor

**h** = peralte de viga

**b** = base de viga

**Figura 2:** Sección de viga



**Nota:** fuente propia

## **Predimensionamiento de columnas**

Dimensionamiento de columnas según su ubicación

Columna central

$$\text{Area de columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.45f'c} \quad (6)$$

Columna excéntrica

$$\text{Area de columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.35f'c} \quad (7)$$

Columna esquinera

$$\text{Area de columna} = \frac{P(\text{servicio})}{0.35f'c} \quad (8)$$

Donde:

$$P(\text{servicio}) = P * A * N$$

$P$  = Peso del tipo de estructura

$A$  = Área tributaria

$f'c$  = fuerza a compresión del concreto

$N$  = número de pisos

**Tabla 2:** Cargas de estructura según su categoría

<i>Carga unitaria según categoría de edificación</i>	
Categoría A	$P = 1500 \text{ kg/cm}^2$
Categoría B	$P = 1200 \text{ kg/cm}^2$
Categoría C	$P = 1000 \text{ kg/cm}^2$

**Nota:** fuente propia, obtenido de Análisis y diseño de edificaciones de albañilería (Abanto, 2017)

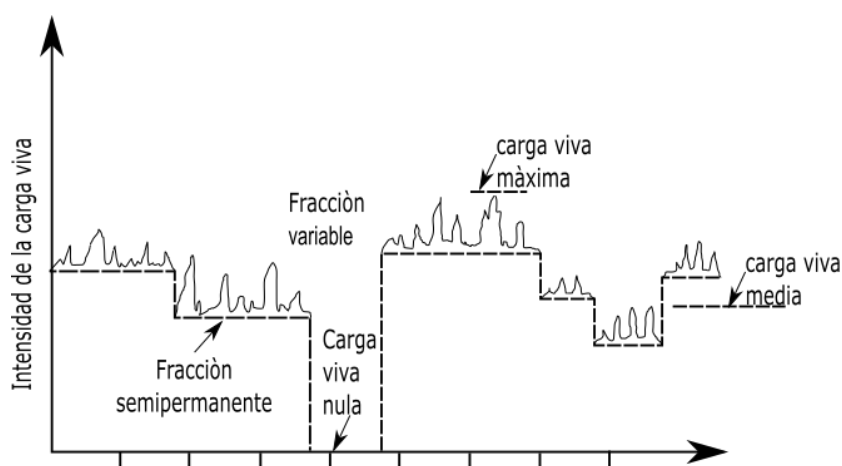
## **Carga muerta**

Se conoce como carga muerta al peso propio de la estructura producto de la construcción, que con el pasar del tiempo su posición sigue siendo la misma (columnas, vigas, losas, zapatas, etc.), por lo tanto, se define como carga muerta a la acción del peso permanente en la estructura. (Piralla, 1985)

## **Carga viva**

Las cargas vivas son aquellas que pueden actuar o no sobre una estructura. Las cargas vivas incluyen el peso de las personas, los muebles, la maquinaria y otros equipos. Estas cargas son las que varían a lo largo del tiempo, especialmente si la función del edificio cambia. Las cargas vivas especificadas por los códigos para diferentes tipos de edificios representan una estimación conservadora de la carga máxima que se puede generar por el funcionamiento previsto del edificio. (Leet & Uang, 2006)

**Figura 3:** Variación de la carga viva en el tiempo



**Nota:** Fuente propia, Diseño estructural (Piralla, 1985)

## ***Carga de sismo***

Un sismo puede presentarse en cualquier parte del mundo, pero los más severos y destructivos ocurren generalmente en la Costa del Pacífico y la parte sur de Asia.

Ante un sismo, toda construcción deberá contar con la suficiente ductilidad y plasticidad para prevenir el colapso. Sin embargo, predecir un sismo de mayor o menor intensidad en un momento y en un lugar determinado, es imposible, no obstante, se cuenta con estudios geológicos y datos obtenidos con el tiempo, que permiten a los reglamentos proporcionar cargas para diseño sísmico con bastante seguridad.

Toda estructura deberá ser analizada bajo la acción de dos componentes horizontales no simultáneos, actuando ortogonalmente sobre el edificio en cuestión.  
(Perez, 1999)

## ***Cimentaciones***

Las estructuras (edificios, puentes, represas, etc.) se apoyan en el suelo, las cuales se clasifican en dos partes, estas son: superestructura (parte superior) y cimentación (parte inferior). De esto se asume que la cimentación es una parte de la estructura que sirve de apoyo entre la superestructura y el suelo o roca.

A este tipo de ingeniería se le conoce como el arte y la ciencia que consiste en resolver los problemas de cimentación, usando criterios de ingeniería y mecánica de suelos.

Las cimentaciones transfieren las cargas de la estructura al suelo, mediante interacción directa, por las columnas o muros, teniendo así la función de distribuir las cargas para no sobrecargar el suelo y evitar asentamientos uniformes o diferenciales.

Se concluye que para solucionar el problema de diseño de cimentaciones se requiere tener el conocimiento del suelo portante, naturaleza e interacción suelo-estructura o suelo-estructura-sismo. (Garcia, 2018)

Nilson, 2001, para diseñar cimentaciones debemos tener en cuenta dos requerimientos esenciales los cuales son: el asentamiento total de la estructura debe estar restringido a una cantidad tolerablemente pequeña, y procurar descartar los asentamientos diferenciales de las partes de la estructura. En relación al probable daño estructural, la eliminación de asentamientos distintos en la estructura es más importante que los márgenes exigidos sobre los asentamientos globales.

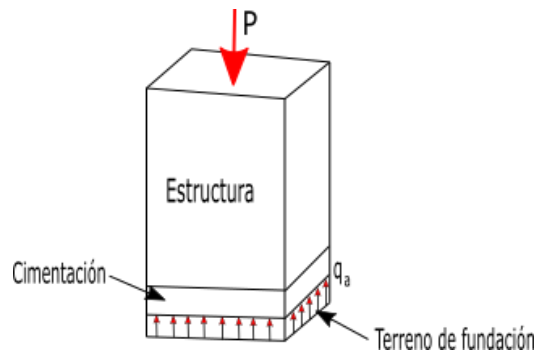
Para limitar los asentamientos, la cimentación debe reposar sobre un suelo óptimo, el cual debe ser capaz de resistir las cargas, para minimizar las presiones de contacto.

### ***Capacidad portante***

La capacidad portante en cimentaciones, es la acción del suelo para soportar las cargas aplicadas sobre él, se define como la máxima presión de contacto entre la cimentación de la estructura y el suelo, para evitar fallas por corte del suelo o por un asentamiento diferencial excesivo.

Para obtener su valor, se realiza un estudio de mecánica de suelos (EMS) para el diseño estructural. su valor de medición es en las unidades de fuerza sobre área ( $\text{kg/cm}^2$ ) (Abanto, 2017)

**Figura 4:** Capacidad portante



**Nota.** fuente propia, obtenido de *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*, (Abanto, 2017)

### **Capacidad de carga ultima**

Braja, 2012, indica que las cimentaciones deben cumplir con dos características fundamentales: deben de actuar de forma segura ante la falla general por corte del suelo donde se apoyan y no deben considerar un asentamiento o desplazamiento excesivo. Se conoce a la capacidad de carga ultima, a la carga por área unitaria de la cimentación en la que se produce la falla por corte en un suelo.

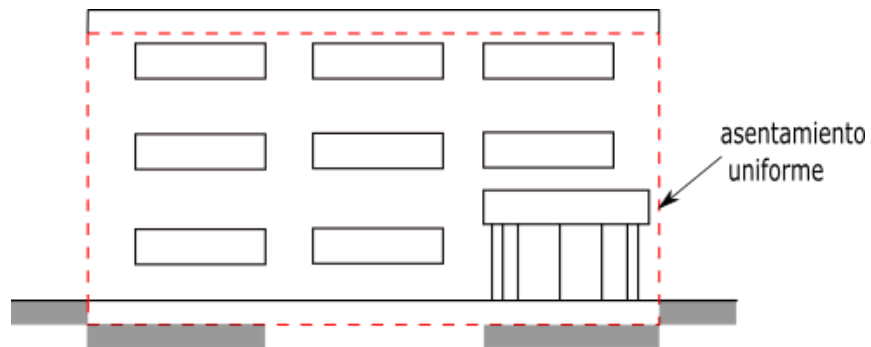
### **Asentamientos**

Según, Bernal, 2005, el suelo no es un material rígido e indeformable, debido a que este sufre deformaciones, las cimentaciones no eliminan ningún tipo de asentamiento, lo que se busca en el diseño es reducir o uniformizar el asentamiento de la estructura, los cuales son determinantes para un proyecto, los tipos de deformaciones deben de ser anunciados o predecidos, teniendo en cuenta que existen dos tipos de asentamientos (asentamientos totales y asentamientos diferenciales), los asentamientos uniformes tienen mayor aceptación respecto a los asentamientos diferenciales.

### **Asentamientos totales**

“La estructura tiende a asentarse de forma uniforme y no se producen solicitaciones extrañas. Este tipo de asentamiento es relativo, debido a que no llega a producir daños y fisuras a las estructuras” (Bernal, 2005)

**Figura 5:** Asentamiento uniforme

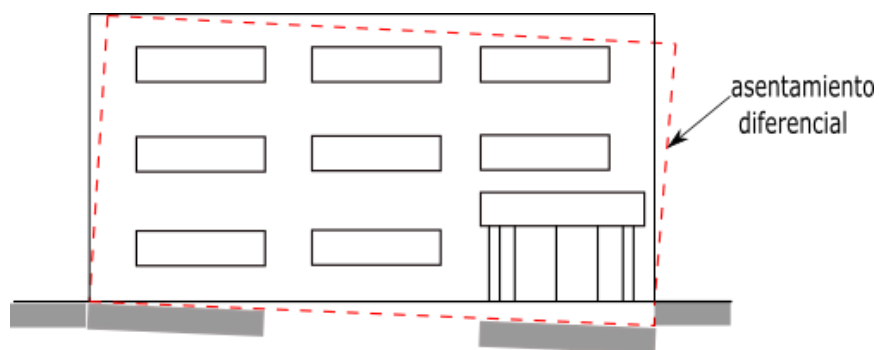


**Nota:** Fuente propia, obtenido de Hormigón armado: zapatas (Bernal, 2005)

### **Asentamientos diferenciales**

“Es la acción donde parte de la estructura tiende a asentarse, esta acción produce grandes esfuerzos, dando como resultado fisuras y grietas” (Bernal, 2005)

**Figura 6:** Asentamiento diferencial



**Nota:** fuente propia, obtenido de Hormigón armado: zapatas (Bernal, 2005)

**Tabla 3:** Asentamiento admisible

Tipo de Movimiento máximo	Factor limitativo	Asentamiento
Asentamiento total	Drenaje	6-12 plg.
	Acceso	12-24 plg.
	Probabilidad de asentamiento no uniforme	
	Estructuras con muros de mampostería	1-2 plg
Inclinación o giro el ancho	Estructuras reticulares	2-4 plg.
	Chimeneas, silos, placas	3-12 plg.
	Estabilidad frente al vuelco	Depende de la altura y
	Inclinación de chimeneas, torres	0.004 ℓ
	Rodadura de camiones, etc.	0.01 ℓ
	Almacenamiento de mercancías	0.01 ℓ
	Funcionamiento de máquinas-telares de algodón	0.003 ℓ
	Funcionamiento de máquinas-turbogeneradores	0.0002 ℓ
	Carriles de grúas	0.003 ℓ
	Drenaje de soleras	0.01-0.02 ℓ
Asentamiento diferencial	Muros de ladrillo continuos y elevados	0.0005-0.001 ℓ
	Factoría de una planta, fisuración de muros de ladrillo	0.001-0.002 ℓ
	Fisuración de revocos (yeso)	0.001 ℓ
	Pórticos de concreto armado	0.0025-0.004 ℓ
	Pantallas de concreto armado	0.003 ℓ
	Pórticos metálicos continuos	0.002 ℓ
	Pórticos metálicos sencillos	0.005 ℓ

Nota. Sowers, 1962

### **Formas de falla del suelo bajo zapatas**

Para, Bernal, 2005, Cuando una estructura esta sobrecargada en la base, el suelo presenta en general tres etapas de falla:

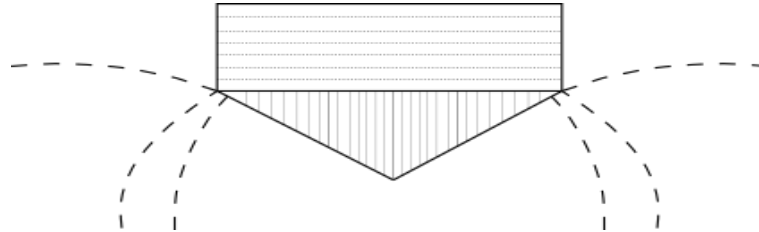
**Primera etapa,** se forma una cuña bajo la zapata. Allí el suelo se consolida y acompaña a la base en su descenso.

Para, Crespo, 2004, el corte local, es el hinchamiento del suelo a los laterales de la cimentación, donde la compresión vertical debajo de la cimentación es fuerte y las superficies de deslizamiento terminan en algún momento junto con las masas



del suelo. Esta falla representa una combinación entre la segunda (corte general) y tercera etapa (Punzonamiento) con respecto a las fallas.

**Figura 7:** Formas de falla del suelo bajo zapatas, primera etapa

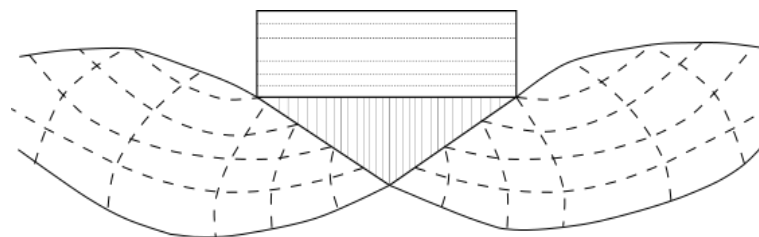


**Nota:** fuente propia, obtenido de Hormigón armado: zapatas (Bernal, 2005)

**Segunda etapa,** en el momento del colapso se produce la penetración instantánea de la cuña. El efecto de corte entre la cuña y el suelo cercano actúa como elemento desequilibrante, la cual produce una sobreelevación del suelo contiguo a la base de la estructura.

Crespo, 2004, el corte general, se identifica por la presencia de una superficie de deslizamiento continua dentro del terreno que inicia al borde de la cimentación y que avanza hasta la superficie del terreno; aunque se da el hinchamiento del suelo a los laterales de la cimentación, sin embargo, el colapso se produce en un solo lado.

**Figura 8:** Formas de falla del suelo bajo zapatas, segunda etapa

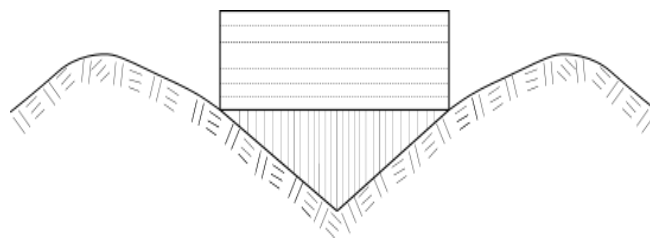


**Nota:** fuente propia, obtenido de Hormigón armado: zapatas (Bernal, 2005)

**Tercera etapa,** I luego *del* desplazamiento sobreviene nuevamente el equilibrio. La base con cuña de suelo consolidado aumenta su capacidad portante.

Crespo, 2004, el punzonamiento, se caracteriza por un movimiento vertical de la cimentación mediante la compresión del suelo, inmediatamente debajo de ella. La rotura del suelo se presenta por corte alrededor de la cimentación, tanto horizontal como verticalmente.

**Figura 9:** Formas de falla del suelo bajo zapatas, tercera etapa



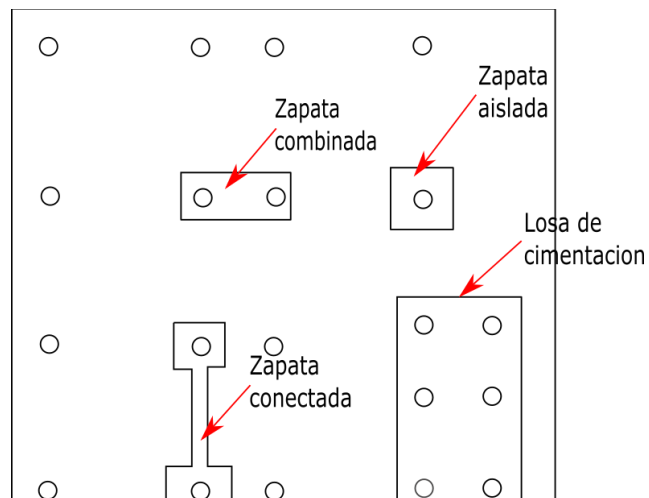
**Nota:** fuente propia, obtenido de *Hormigon armado: zapatas* (Bernal, 2005)

### **Cimentaciones superficiales**

cimentaciones superficiales es el elemento estructural, cuya sección transversal posee una gran dimensión respecto al peralte y su finalidad es transportar las cargas de la estructura a profundidades menores de 4 metros, la respuesta del suelo equilibra las fuerzas transmitidas por la estructura, esta respuesta no tiene un esquema definido de repartición, se da entre el suelo y la sección transversal de la cimentación que tiene contacto con esta. Su comportamiento estructural, tiene las características de una viga o placa.

Las construcciones de cimentaciones superficiales se clasifican según su tipo y función, las cuales son conocidas como: zapata aislada, zapata combinada, zapata continua o losa de cimentación, en estas la dificultad del proceso constructivo es mínimo (Garza, 2010)

**Figura 10:** Tipos de cimentaciones superficiales



**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto (Nilson, 2001)

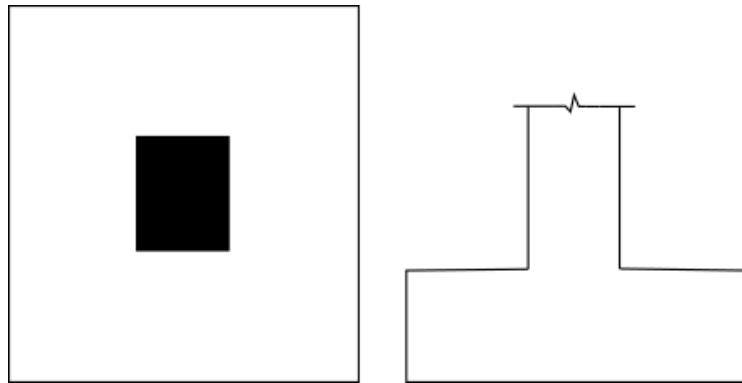
### **Zapatas aisladas**

Se conoce como zapatas aisladas a las que están destinadas a soportar una columna, de acuerdo a las necesidades pueden ser zapatas con pedestal o zapatas con pendiente.

Las presiones debajo de una zapata con cargas simétricas no son uniformes. La forma de distribución de presiones dependerá de la clasificación del tipo de suelo y del grado de rigidez de la zapata.

La magnitud y forma de presiones en las bases de las zapatas, están relacionadas en función al grado de rigidez, tipo y condición del suelo, la solución a este problema es bastante complejo. Por lo que una repartición lineal de presiones puesta en práctica, comprueba tener variación con la repartición real de presiones. (Garcia, 2018)

**Figura 11:** Zapata aislada



*Nota:* fuente propia, obtenido de *Ingeniería de cimentaciones* (Peck, Hanson, & Thornburn, 1983)

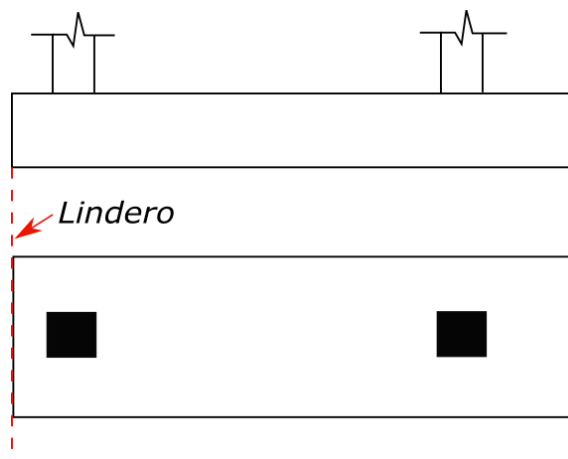
### **Tipos de zapatas aisladas**

Las zapatas aisladas se clasifican: zapatas centradas, excéntricas y a desnivel.

### **Zapatas combinadas**

Las zapatas combinadas son usadas para soportar las cargas de dos o más columnas, estas llegan a ser económicas si las columnas que soportan una gran cantidad de cargas están separadas entre si a tal distancia que sus zapatas individuales serían traslapadas. (McCormac & Brown, 2011)

**Figura 12:** Zapata combinada



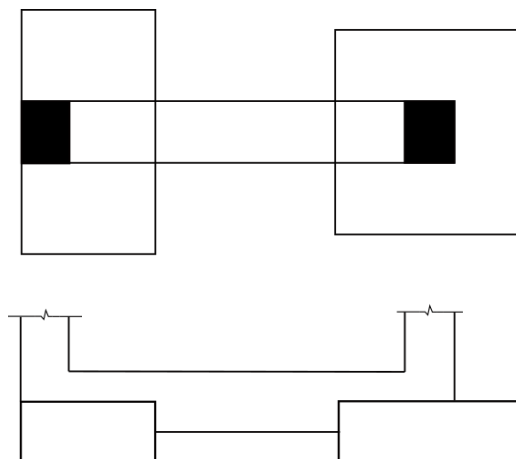
*Nota:* fuente propia, obtenido de *Ingeniería de cimentaciones* (Peck, Hanson, & Thornburn, 1983)

### **Zapatas conectadas**

García J. , 2018, Se usan cuando se tiene por lo menos una zapata excéntrica para evitar invadir el terreno adyacente; esta excentricidad da como resultado una distribución no uniforme de presiones, que pueden originar incluso inclinación y volcamiento de la zapata.

Para balancear esta excentricidad, la zapata excéntrica es conectada por una viga de cimentación a la zapata interior más cercana. Ambas zapatas son dimensionadas de tal manera que, para cargas de servicio, la presión bajo cada una de ellas es uniforme y, además, de igual valor. Debe también procurarse que ambas zapatas tengan anchos similares para evitar asentamientos diferenciales

**Figura 13:** Zapata conectada



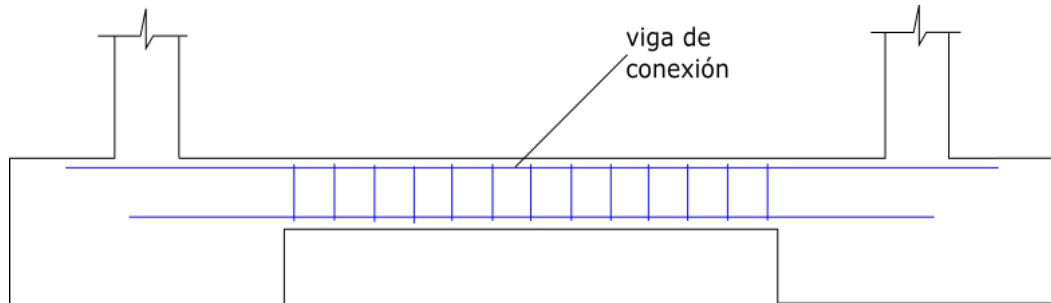
**Nota:** fuente propia, obtenido de *Ingeniería de cimentaciones* (Peck, Hanson, & Thornburn, 1983)

### **Vigas de cimentación o conexión**

Para, Calavera, 2000, son las que soportan tres o más columnas, su sección transversal viene a ser en forma rectangular, o en forma de T invertida con economía de concreto y acero, la cual tiene un mayor costo de encofrados y mano de obra. La inclinación es hacia las secciones rectangulares o en casos

excepcionales de grandes cimentaciones, donde las formas más complicadas compensan el tema económico.

**Figura 14:** Viga de cimentación o conexión



**Nota:** fuente propia, obtenido de calculo de estructuras de cimentacion (Calavera, 2000)

### **Tipo de presiones en zapatas**

Se conoce como presión de contacto a la que actúa sobre el terreno, dependiendo del tipo de suelo y la rigidez de la zapata (rígida o flexible). En la mayoría de casos la presión no es uniforme, por lo que se debe conocer la forma de distribución, para el diseño y calculo estructural de las fundaciones, este proceso determina la proporción de momentos flectores y esfuerzos de corte.

**Figura 15:** Presiones según tipo de suelo y tipo de zapatas

TIPO DE SUELO	TIPO DE ZAPATA	
	RIGIDA	FLEXIBLE
COHESIVO		
GRANULAR		
ROCA		

**Nota:** fuente propia, obtenido de calculo de estructuras de cimentacion (Calavera, 2000)

## **Tipo de fallas en zapatas aisladas**

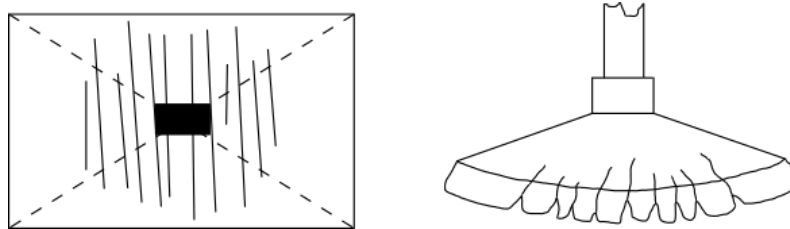
### **Falla por flexión**

Por **rotura frágil**: es una rotura espontanea, sin anticipación y por ende peligrosa. La armadura de la base está por debajo de la mínima requerida y cuando pasa el hormigón del estado I (sin fisuras) estado II (fisurado), se traspasan los esfuerzos del hormigón al acero, el cual no tiene capacidad necesaria y tiende a cortarse. Esta es una rotura parecida a la d las bases sin armar.

Por **rotura dúctil**: es el caso de una base sub armada, que trabaja de manera eficiente en el estado fisurado, pero que, por excesivas deformaciones del acero, el hormigón tiende a fisurarse más allá de los parámetros requeridos. También puede ingresar en rotura de manera dúctil, cuando el acero se encuentra en el periodo de fluencia.

Por **agotamiento del hormigón**: se da en bases sobre armadas, con fuertes cuantías de acero. Es el hormigón que falla en la parte superior. Es una falla violenta, con pocas deformaciones previas. (Bernal, 2005)

**Figura 16:** Falla por flexión

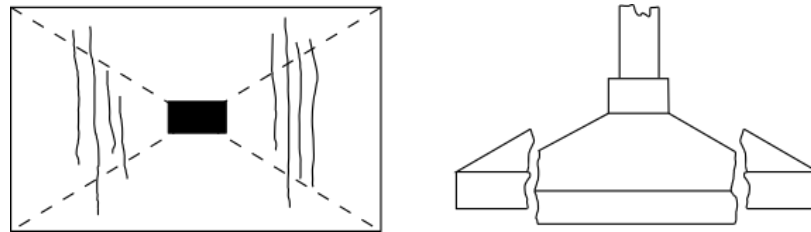


**Nota:** fuente propia, obtenido de Hormigon armado: zapatas (Bernal, 2005)

### **Falla por corte**

En su mayoría se da en las bases rectangulares, donde el diámetro del cono del punzonado es superior al lado menor de la base. En tales casos es el corte que produce fisuración o rotura. (Bernal, 2005)

*Figura 17: Falla por corte*

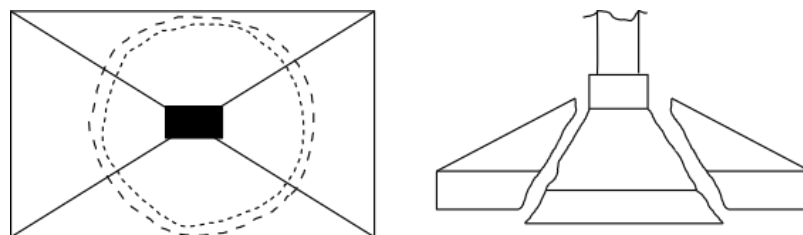


*Nota: fuente propia, obtenido de Hormigon armado: zapatas (Bernal, 2005)*

### **Falla por punzonamiento**

En zapatas aisladas, la altura efectiva  $d$  es regulada por cortante, debido a que estas están sometidas a una acción en dos direcciones, estas se flexionan en las dos direcciones principales, en zapatas se distinguen dos tipos diferentes de resistencia en una dirección o por acción de viga. (Nilson, 2001)

*Figura 18: Falla por punzonamiento*



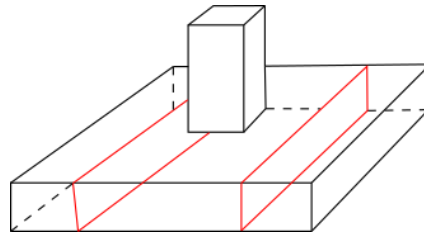
*Nota: fuente propia, obtenido de Hormigon armado: zapatas (Bernal, 2005)*

### **Acción de viga**

La base falla como una viga. La sección crítica cortante se extiende a lo largo de un plano a través de todo el ancho de la zapata. En este caso se estudia la base como una viga. (Bernal, 2005)



**Figura 19:** Acción de viga en zapatas

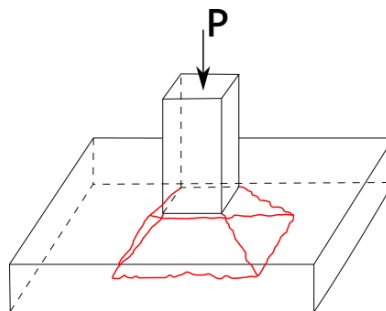


**Nota:** fuente propia, obtenido de Hormigon armado: zapatas (Bernal, 2005)

**Acción de losa:**

La base falla en un área local alrededor de la carga concentrada. La falla ocurre por un esfuerzo de penetración a lo largo de un cono trunca. (Bernal, 2005)

**Figura 20:** Acción de losa por punzonamiento

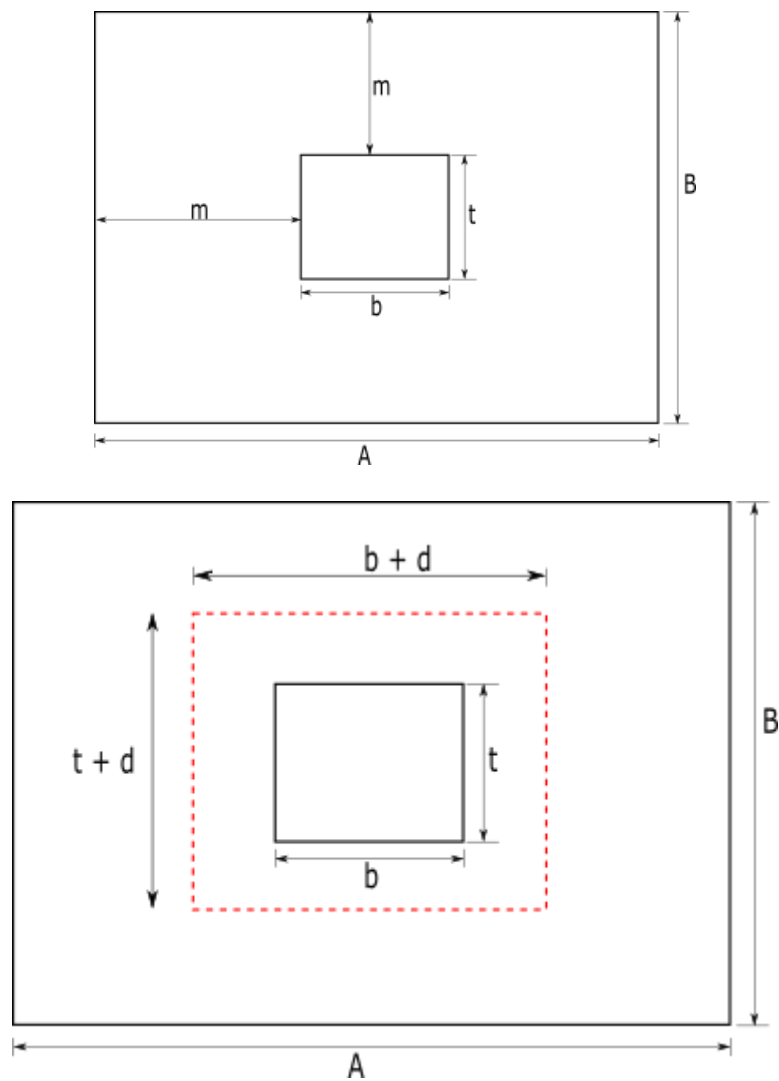


**Nota:** fuente propia, obtenido de Hormigon armado: zapatas (Bernal, 2005)

### **Diseño de zapata aislada**

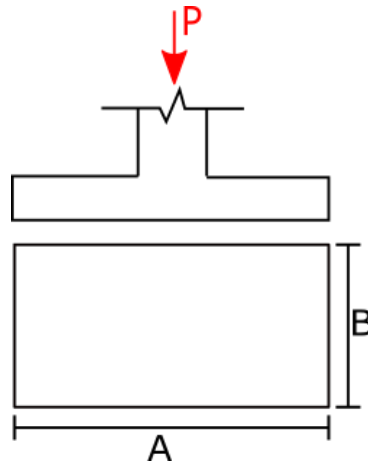
Para el diseño de zapatas aisladas se debe tener en cuenta los siguientes conceptos: dimensionamiento en planta, dimensionamiento en elevación, verificación por transferencia de esfuerzos, verificación de adherencia y longitud de desarrollo, cálculo de acero necesario por flexión y verificación por adherencia.

**Figura 21:** Sección Zapata aislada, vista en planta



## Dimensionamiento de zapata aislada

Figura 22: Ubicación de fuerza actuante en zapata aislada



*Nota:* fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Ortega (2015)

### Cálculo de área de la zapata: $A_z$

$$A_z = \frac{P + P_p + P_n}{\sigma_t} \quad (9)$$

$$A = \sqrt{A_z} + \frac{1}{2}(b - t) \quad (10)$$

$$B = \sqrt{A_z} - \frac{1}{2}(b - t) \quad (11)$$

Donde

$A_z$  = Área de zapata

$P$  = Carga de servicio

$P_p$  = peso propio de la zapata

$P_n$  = Cargas adicionales

$\sigma_t$  = esfuerzo neto del terreno

Pesos propios para un primer tanteo  $f'c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$

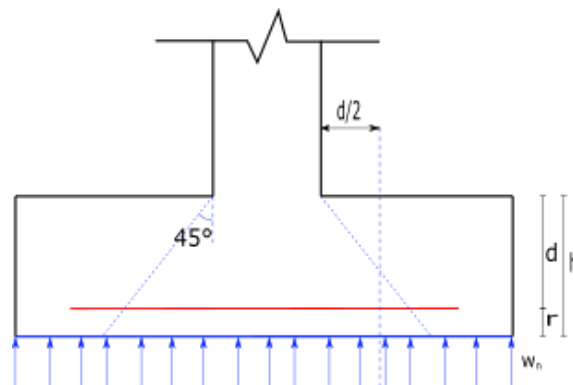
$q_a \text{ kg/cm}^2$	$P_p \text{ en } \% P$
4	4% de P
3	6% de P
2	8% de P
1	10% de P

**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Orteaga (2015)

### Dimensionamiento en elevación

Se verifica a la distancia " $d/2$ " de la cara de la columna

**Figura 23:** Punzonamiento



**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Orteaga (2015)

### Corte por punzonamiento

Para corte actuante

$$w_n = \frac{P_u}{A \cdot B} \quad (12)$$

$$V_c = \frac{V_0}{b_0 d} \quad (13)$$

$$v_c = \frac{q_n [(A \cdot B) - (b + d)(t + d)]}{2d(b + t + 2d)} \quad (14)$$

$$V_0 = q_n \cdot A_p \quad (15)$$

$$b_0 = 2(t + b + 2d) \quad (16)$$

$$P_u = 1.4D + 1.7L \quad (17)$$

Donde

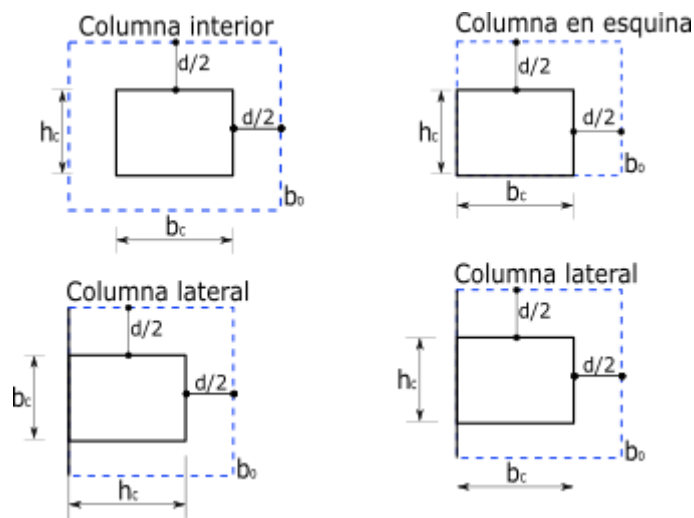
$w_n$  = presión real del suelo

$V_0$  = corte total actuante

$V_c$  = esfuerzo cortante actuante

$b_0$  = perímetro de zona de falla

**Figura 24:** Perímetro de zona de falla en zapatas



**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Ortega (2017)

Para columna interior

$$b_0 = 2h_c + 2b_c + 4d \quad (18)$$

Para columna en esquina

$$b_0 = h_c + b_c + d \quad (19)$$

Para columna lateral, según la ubicación de  $b_c$

$$b_0 = h_c + 2b_c + 2d \quad (20)$$

Para columna lateral, según la ubicación de  $h_c$

$$b_0 = 2h_c + b_c + 2d \quad (21)$$

### **Cálculo de corte admisible**

Resistencia al corte usual por punzonamiento

$$V_c = 1.1\phi\lambda\sqrt{f'_c}c \quad (22)$$

Cuando las zapatas están sometidas a flexión biaxial y la relación  $b/t \geq 2$

$$V_c = 0.53\phi\lambda\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right)\sqrt{f'_c}c \quad (23)$$

$$\beta_c = \frac{\text{Lado mayor}}{\text{Lado menor}} = \frac{b}{t}$$

El valor de  $V_c$  aumenta si decrece  $b_o/d$

$$V_c = 0.27\phi\lambda\left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right)\sqrt{f'_c}c \quad (24)$$

Para

$$\phi = 0.85$$

$$\alpha_s = 40 \text{ columnas internas}$$

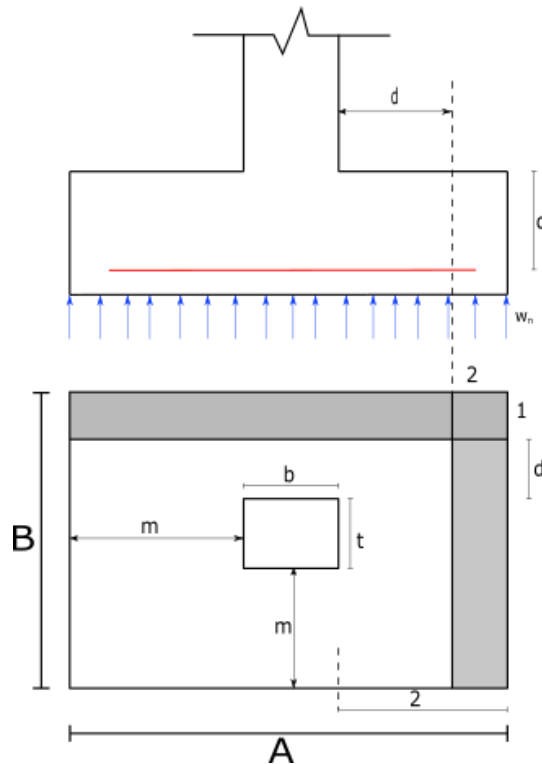
$$\alpha_s = 30 \text{ columnas laterales}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ columnas internas}$$

Corte actuante ( 13 ) < corte admisible ( 22 )( 23 )( 24 )

## Cálculo de cortante por flexión

Figura 25: Cortante direccional en zapata aislada



**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Ortega (2017)

$$V_{C1-1} = \frac{q_n A (m - d)}{A \cdot d} = \frac{q_n (m - d)}{d} \quad (25)$$

$$V_{C2-2} = \frac{q_n B (m - d)}{B \cdot d} = \frac{q_n (m - d)}{d} \quad (26)$$

$V_{uc}$  = esfuerzo permisible de corte por flexión

$$v_{uc} = \phi 0.53 \sqrt{f'c} \quad (27)$$

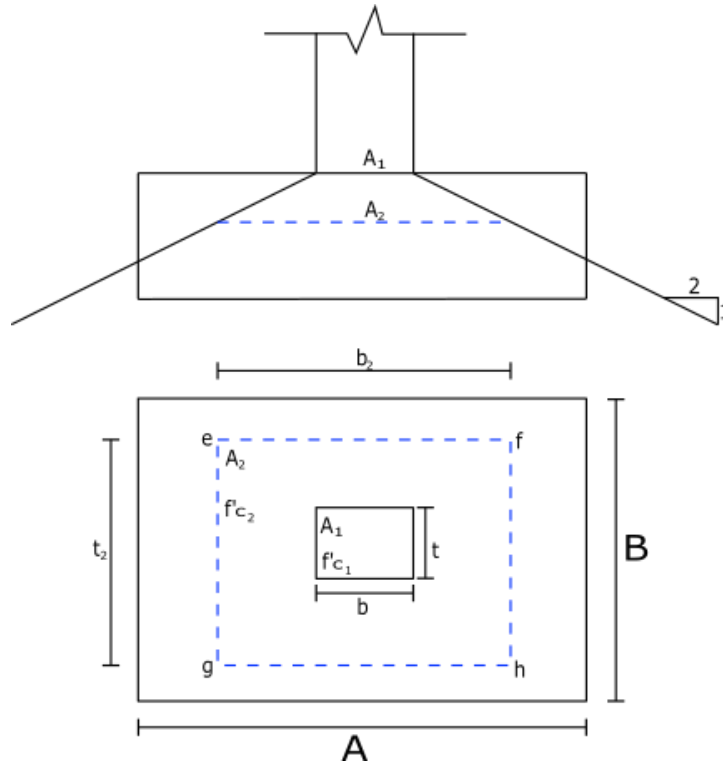
Para  $\phi = 0.85$

Debe cumplirse

$$V_c \leq V_{uc} \quad (28)$$

## Verificación por transferencia de esfuerzos

Figura 26: Transferencia de esfuerzos



**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Orteaga (2017)

$$A_1 = b \cdot t \quad (29)$$

$$A_2 = b_2 \cdot t_2 \quad (30)$$

Para esfuerzo de aplastamiento actuante ( $f_a$ )

$$f_a = \frac{P}{A_1} = \frac{P}{b \cdot t} \quad (31)$$

Para esfuerzo de aplastamiento admisible ( $f_{a_u}$ )

$$f_{a_u} = 0.85\phi f'_{c_2} \quad (32)$$

para:  $\phi = 0.7$

Debe cumplirse:

$$f_a < f_{a_u} \quad (33)$$

Si de la **Figura 26**  $A_1 < A_2$



$$f_a < f_{a_u} \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (34)$$

Donde

$$1 < \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \quad (35)$$

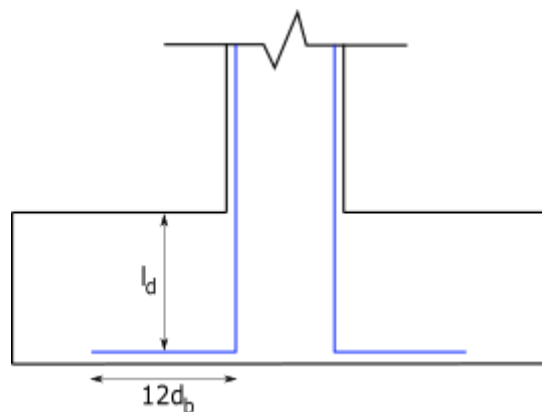
Cuando no se cumplen las condiciones de:

$$f_a > f_{a_u} \quad (36)$$

Colocar un pedestal, colocar arranques o bastones

### Verificación de adherencia y longitud de desarrollo

Figura 27: Longitud de desarrollo



**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Ortega (2017)

Debe cumplir:

$$l_d \geq \frac{0.0755 \Psi_c f_y d_b}{\lambda \sqrt{f'c}} \quad (37)$$

$$l_d \geq 8d_b \quad (38)$$

$$l_d \geq 15cm \quad (39)$$

donde:

$d_b$  = diámetro de una varilla

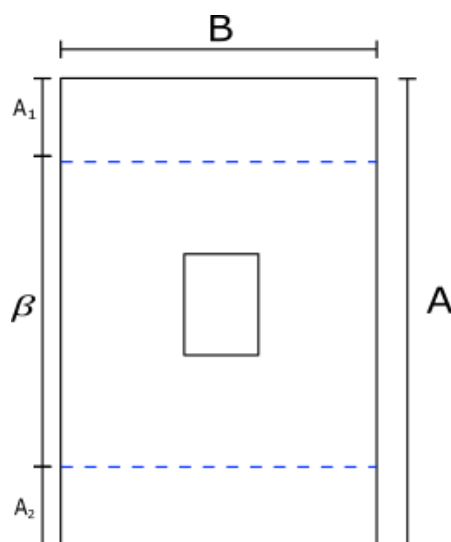
**Tabla 4:** Valores para verificación por adherencia

<i>Factor</i>	<i>Descripción de las condiciones</i>	<i>valor</i>
Ubicación de la barra $\Psi_t$	Varillas superiores	1.3
	Otras varillas	1.0
	Varillas o alambres con recubrimientos epóxico y recubrimiento menor de que $3d_b$ y	1.5
Tratamiento superficial del acero $\Psi_c$	espaciamiento libre menor que $6d_b$	
Diámetro de la barra $\Psi_c$	Otras varillas o alambres con recubrimiento epóxico	1.2
	Varillas sin recubrimiento epóxico	1.0
	Alambres y varillas menores a la #6	0.80
Agregado ligero $\lambda$	Varillas iguales y mayores a la #7	1.0
	Concreto con agregado ligero	1.3
	Concreto con agregado ligero y $f_{ct}$ especificado	$1.77\sqrt{f'_c} / f'_c \geq 1.10$
	Concreto con agregado convencional	1.0

*Nota:* fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Ortega (2017)

### **Cálculo del área de acero “ $A_s$ ” necesario por flexión**

**Figura 28:** Calculo de acero en zapata aislada



*Nota:* fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Ortega (2017)

$$M_u = \frac{q_n \cdot A(1)^2}{2} \quad (40)$$

$$A_{s1} = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} \quad (41)$$

$$a = \frac{A_{s1} \cdot f_y}{(0.85) f'c \cdot b} \quad (42)$$

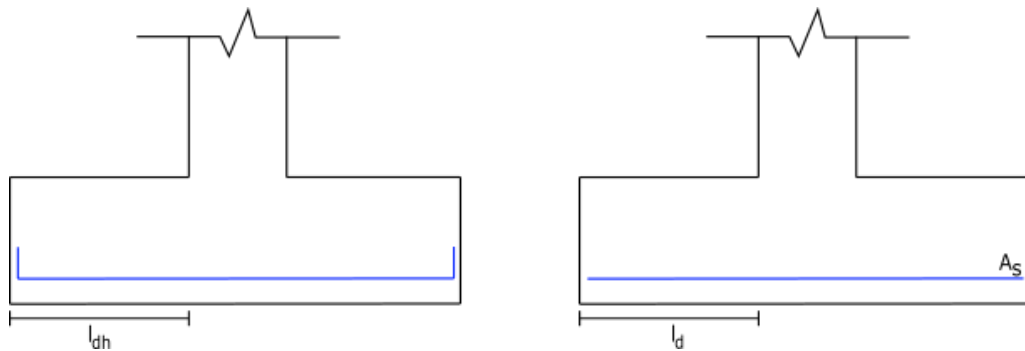
para:  $\phi = 0.9$

donde

$A_{s1}$  = Área del acero para la parte central

La longitud de anclaje de acero en tensión esta dada por:

**Figura 29:** Verificación por adherencia



**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Orteaga (2017)

$$l_d = \frac{d_b f_y \Psi_t \Psi_c \Psi_s \lambda}{3.54 \sqrt{f'c} \left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}\right)} \quad (43)$$

$$l_d \geq 30cm \quad (44)$$

$$\frac{(c + k_{tr})}{d_b} \leq 2.5 \quad (45)$$

$$l_{dh} \geq \frac{0.0755 \Psi_c f_y d_b}{\lambda \sqrt{f'c}} \quad (46)$$

Donde:

$\Psi_t$  =Factor de ubicación de la barra

$\Psi_c$  =factor tratamiento superficial del acero

$\Psi_s$  = factor de diametro de la barra

$\lambda$  = factor de agregado ligero

$c_b$  =recubrimiento o espaciamiento de la barra entre ejes, el que sea menor

$k_{tr}$ = indice de refuerzo transversal

### **Diseño de viga de conexión o cimentación**

Para el diseño de vigas de conexión se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

#### **Dimensionamiento de viga de conexión**

Cálculo del peralte de la viga de conexión

$$h = \frac{L_1}{7} \quad (47)$$

Cálculo de base de viga de cimentación

$$b = \frac{P_1}{31 \cdot L_1} \geq \frac{h}{2} \quad (48)$$

Donde:

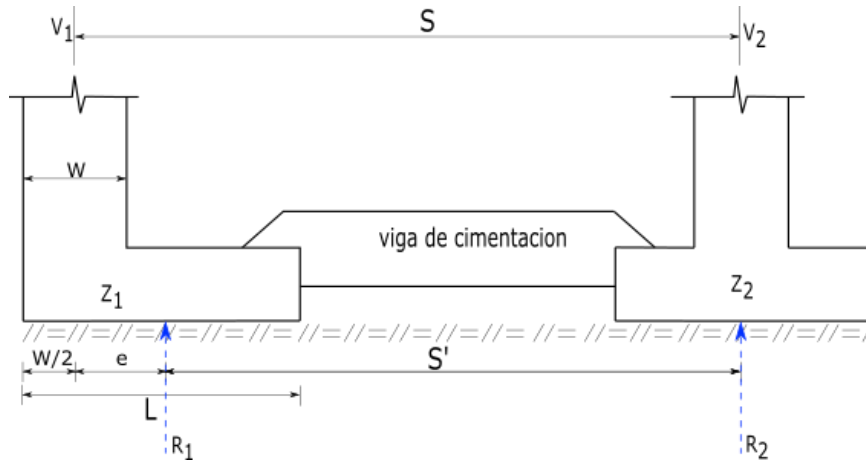
$L_1$  = espaciamiento entre la columna exterior y la columna interior

$P_1$  = carga total de servicio de la columna exterior.

### Diseño de zapata conectada

Para diseñar la zapata conectada se entiende que las reacciones  $R_1$  y  $R_2$  actúan en los centroides de cada zapata

Figura 30: Zapata conectada



**Nota:** fuente propia, obtenido de diseño de estructuras de concreto armado, Ortega (2017)

Tomando momentos con respecto a  $V_2$  (no se considera el peso de la viga de cimentación)

$$R_1 = V \frac{S}{S'} \quad (49)$$

Para  $\sum F_V = 0$

$$R_2 = V_1 + V_2 - R_1 \quad (50)$$

$$L = 2 \left( e + \frac{W}{2} \right) \quad (51)$$

$$B = \frac{R_1}{Lq_a} \quad (52)$$

La viga de cimentación deberá ser lo suficientemente rígida para que transmita el momento de la columna 1 sin generar rotación, para esto se considera:

$$\frac{I_{viga}}{I_{zapata}} > 2 \quad (53)$$

### ***Etabs***

Torres L. , 2018, Indica que es un software integrado en función a Windows, usado para el modelamiento, análisis, diseño de edificaciones y naves industriales, debido a que sus herramientas de trabajo, son orientadas para este fin, en la actualidad cuenta con dos las versiones Plus(P) y Nonlinear (N).

### ***Safe***

Es un software usado en el análisis, dimensionamiento de losas y cimentaciones de concreto armado. Desde la creación de objetos y diseños a detalle, este software contiene los aspectos necesarios para un dimensionamiento, la combinación de sus distintas funciones, proporcionan al proyectista incomparables beneficios.(CSI Spain | SAFE, s. f.)

En el uso del software debemos tener en cuenta los valores del módulo de reacción del suelo, conocido como el Coeficiente de Balasto o Modulo de Winkler los cuales están en función de la resistencia admisible del suelo.

La siguiente tabla es el resumen de diferentes trabajos realizados por Terzaghi y otros cinco ingenieros connotados en el área mecánica de suelos, dichos trabajos se realizaron en diferentes épocas.

**Tabla 5:** Modulo de reacción del suelo o coeficiente de balasto

<i>Esf admisible</i>	<i>Winkler</i>	<i>Esf admisible</i>	<i>Winkler</i>	<i>Esf admisible</i>	<i>Winkler</i>
<i>kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>kg/cm<sup>3</sup></i>	<i>kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>kg/cm<sup>3</sup></i>	<i>kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>kg/cm<sup>3</sup></i>
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

**Fuente.** Morrison, 1993.

### III. METODOLOGIA

Para, Quezada, 2019, es imprescindible que los resultados de toda investigación, o todo nuevo conocimiento adquirido, sean lo más precisos y exactos posibles. Para poder lograrlo, se debe establecer métodos y prácticas ordenadas, secuenciales y repetibles, para obtener siempre los mismos resultados o muy similares. La metodología científica establece procedimientos precisos para lograrlos objetivos deseados.

#### 3.1. Tipo de investigación y Diseño de investigación

Esta tesis tiene un enfoque cuantitativo, porque se realizarán cálculos y mediciones de las unidades a analizar, se determinó que el tipo de investigación es descriptiva, debido a que hará la constatación de la hipótesis formulada, es decir, si el diseño estructural de la zapata se optimiza al variar el peralte de la viga de cimentación. El método descriptivo. (Cerdeña, 1997)

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable Independiente:** Esta tiene que ser manipulada en la investigación. es la que cambia y tiene el poder de afectar la variable dependiente.

De tal manera este tipo de variable es monitoreada por el investigador. En el proceso de la investigación, se requiere encontrar si existen una o más variables (independiente) respecto a otras (dependientes). (Lucio, 2019)

**Variable Dependiente:** Esta se determina luego de haber trabajado la variable independiente. Se emplea para determinar la medida del efecto en la variable independiente, una variable independiente se puede convertir en dependiente o viceversa, así mismo las variables cualitativas se pueden convertir en variables cualitativas o viceversa. (Lucio, 2019)



**Variable Independiente:** El peralte de la viga de cimentación

**Variable Dependiente:** El diseño estructural de la zapata

## Matriz De Operacionalización

Título: “Variación del peralte en vigas conectadas para optimizar el diseño estructural de zapatas conectadas en una vivienda en Cajamarca,2021”						
Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de medición
<b>El peralte de la viga de cimentación</b>  <b>variable independiente</b>	<b>Peralte efectivo la sección (d)</b> La distancia medida desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal sometido a tracción.  <b>Viga de cimentación</b> Se entiende por viga de cimentación aquella sobre la que se apoyan tres o más pilares, su sección transversal es rectangular y también puede ser en forma de T invertida, con economía de concreto y acero, pero su mano de obra y enconfrados es mayor. (Calavera, 2000).	El peralte efectivo se calculará a partir de las cargas de la estructura considerando la normativa vigente.	Altura (peralte de viga).	Longitud.	Formato de predimensionamiento	De Razón.
			Cargas en la estructura.	Fuerza actuante.	Formato de metrados de carga.	
<b>El diseño estructural de la zapata conectada</b>  <b>Variable dependiente</b>	Las zapatas conectadas son dos zapatas aisladas conectadas a través de una viga de cimentación, la cual tiene la acción de transferir el momento de la zapata excéntrica, hacia la zapata interior, la zapata excéntrica se dimensiona alargada para reducir su excentricidad.  Para diseñar la viga de cimentación se toma en cuenta los diagramas de momento flector y fuerza cortante, para la base se recomienda distribuir acero adicional en un tercio o medio del refuerzo negativo con la finalidad de absorber asentamientos diferenciales. (Harmsen, 2002).	El diseño estructural de zapata conectada dependerá de las propiedades mecánicas, tipo de suelo y su tipo de unión, esto hará verificar la medida que optimiza mejor el comportamiento de la viga de cimentación en la zapata.	Predimensionamiento	Metrado de cargas.	Software ETABS Y SAFE versión educacional.  Formatos de recopilación de datos.	De Razón.
			Esfuerzos.	Cortante. Punzonamiento. Flexión.		
			Deformaciones.	Desplazamiento axial.		

## Matriz De Consistencia

Título: “Variación del peralte en vigas conectadas para optimizar el diseño estructural de zapatas conectadas en una vivienda en Cajamarca,2021”							
Problema general	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicador	Instrumento	Metodología
¿De qué manera se optimiza el diseño estructural de la zapata al variar el peralte de la viga de cimentación?	Optimizar el diseño estructural de la zapata al variar el peralte de la viga de cimentación.	La variación del peralte de la viga de cimentación optimiza significativamente el diseño estructural de la zapata conectada.	El peralte de la viga de cimentación  <b>variable independiente</b>	Altura (peralte de viga).	Longitud.	Formato de predimensionamiento	<b>Método:</b> Científico. <b>Nivel:</b> Aplicado. <b>Tipo:</b> descriptivo. <b>Enfoque:</b> Cuantitativo. <b>Población:</b> Estructura de la vivienda. <b>Muestra:</b> Cimentación de vivienda.
				Cargas en la estructura.	Fuerza actuante.	Formato de metrados de carga.	
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	El diseño estructural de la zapata conectada  <b>Variable dependiente</b>	Predimensionamiento.	Metrado de cargas.	Software ETABS Y SAFE versión educacional.	
Como influye el peralte de la viga de cimentación en los desplazamientos.	Analizar cómo influye el peralte de la viga de cimentación en el desplazamiento de la cimentación.	El peralte de la viga de cimentación influye en los desplazamientos de la cimentación.		Esfuerzos.	Cortante. Punzonamiento. Flexión.	Software ETABS Y SAFE versión educacional. Formatos de recopilación de datos.	
Como influye peralte de la viga de cimentación en los esfuerzos transmitidos del suelo hacia la zapata.	Evaluar la variación del peralte de la viga de cimentación en los esfuerzos transmitidos del suelo hacia la zapata.	El peralte de la viga de cimentación influye de manera significativa los esfuerzos transmitidos del suelo hacia la zapata.		Deformaciones.	Desplazamiento axial.	Software ETABS Y SAFE versión educacional. Formatos de recopilación de datos.	

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

Según, Sampieri, 2018, población es el conjunto de posibles situaciones que concuerdan con una serie de pasos específicos.

En la ruta cuantitativa, una muestra es una subparte de población que te es de importancia, sobre la cual se investigará, y deberá ser sobresaliente de dicha población. (de manera probable, para que puedas generar los resultados encontrados en lo observado).

Muestreo, es sobre "que" o "quienes" se buscarán la información, lo cual depende del planteamiento del problema, los alcances, las hipótesis y diseño de la investigación.

***Población:*** Estructura de la vivienda

***Muestra:*** Cimentación de vivienda

### **3.4. Técnica e instrumentos de toma de datos**

Dentro de los instrumentos de recolección de datos usados en la tesis tenemos:

Recopilación documental.

Observación visual: Se evaluó las características y las necesidades para el desarrollo del estudio.

Hojas de cálculo: Se realizará la ejecución de hojas de cálculo para el predimensionamiento.

Análisis de resultados: Se realizará la comparación de los resultados obtenidos de la cimentación, con ayuda del software ETABS y SAFE.

***Instrumento:*** Software computacional ETABS y SAFE versión educacional.

Formatos de recopilación de datos.

### 3.5. Procedimientos

#### Ubicación

La vivienda se encuentra ubicada en Perú, departamento Cajamarca, provincia Cajamarca, Distrito Cajamarca

**Figura 31:** Ubicación geográfica del departamento de Cajamarca



**Fuente.** Gobierno regional de Cajamarca

## **Zonificación**

El distrito de Cajamarca, provincia Cajamarca, departamento Cajamarca, se encuentra ubicado en la zona sísmica N°3, según la Norma Técnica Peruana E030

**Tabla 6:** Factores de zona

ZONA	Z
1	0.10
2	0.25
3	0.35
4	0.45

**Fuente.** Norma Técnica Peruana - E 0.30 - Sencico, 2019

## **Revisión general**

El diseño estructural de la vivienda, tiene como finalidad brindar: estabilidad, resistencia, rigidez y ductilidad, frente a las solicitaciones provenientes de cargas muertas, vivas, asentamientos diferenciales y eventos sísmicos.

## **Descripción de elementos estructurales**

Los elementos estructurales de la vivienda son de concreto armado. El sistema estructural es de pórticos, este está estructurado en base a vigas, columnas, losas aligeradas en una dirección, teniendo las siguientes secciones.

Vigas: 20x20, 25x20, 25x25, 25x35, 25x45

Columnas: 30x30, 30x35, 30x45, 30x50

Losa aligerada: espesor de 20 cm

## **Materiales de elementos estructurales**

Para el diseño y cálculo estructural, se ha considerado las siguientes propiedades para cada material:

### **Concreto:**

Resistencia del concreto Armado  $f'_c = 210kg / cm^2$

Módulo de Elasticidad del Concreto,  $EC = 15000\sqrt{f'c}$

Peso específico,  $\gamma = 2400kg / cm^3$

### **Acero:**

Esfuerzo de fluencia del Acero,  $f_y = 4200kg / cm^2$

Módulo de Elasticidad del Acero,  $E = 2.0 \times 10^6 kg / cm^2$

Peso unitario del Acero,  $\gamma = 7850kg / cm^3$

### **Mecánica de suelos**

El estudio de mecánica de suelos, se realizó con el propósito de realizar el reconocimiento del terreno, excavación de calicatas, toma de muestras, ejecución de ensayos de laboratorio, evaluación de los trabajos de campo y laboratorio, perfiles estratigráficos, determinación de la capacidad de carga admisible. ver **anexo n°2.**

### **Modelamiento de la vivienda en Etabs**

El software Etabs se usará con la finalidad de verificar si el diseño estructural cumple con los parámetros establecidos en las Norma Técnica Peruana E030 y E060, y para obtener las cargas de diseño de la estructura, para luego ser exportados al software Safe.

### **Pasos para realizar el modelamiento en Etabs**

Para realizar el modelamiento en el software Etabs, debemos realizar el trazo de los elementos estructurales de acuerdo a la arquitectura mostrada en los planos arquitectónicos, ver **anexo n°1.**

Los pasos fueron: definición de las unidades de trabajo, definición de grillas y altura, definición de propiedades del material, definición de las secciones de los elementos estructurales (vigas, columnas, losas), definición de diafragmas,

definición de sistema de cargas estáticas, definición de carga dinámica, definición de combinaciones de carga, definición de masas.

Asignación de brazos rígidos, asignación de condiciones de apoyo a la base de la estructura, asignación de diafragmas, asignación de cargas en los elementos, definición de análisis y análisis de resultados, los detalles se pueden visualizar en el **anexo n°3**.

### ***Consideraciones para el diseño sísmico***

Para la aplicación de las normas de diseño sismo resistente del R.N.E debe considerarse:

Categoría: C

Factor de uso: 1.0

Zona: 3

Factor de zona:  $Z=0.35$

Factor de suelo:  $S= 1.15$

Periodos:  $T_p(S) = 0.6$  Seg.

$T_L(S) = 2.0$  Seg.

### ***Análisis estático***

$$V = \frac{ZUCS}{R} P \quad ( 54 )$$

Donde:

$V$  = cortante en la base de la edificación

$P$  = peso de la edificación



### **Análisis dinámico**

Aceleración espectral, para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizarán un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g \quad (55)$$

Donde:

$S_a$  = pseudo – aceleración espectral

$g$  =aceleración de la gravedad (9.80665  $m/s^2$  )

### **Las combinaciones de carga de diseño**

$$1.4D + 1.7L \quad (56)$$

$$1.25D + 1.25L \pm S \quad (57)$$

$$0.9D \pm S \quad (58)$$

Donde:

$D$  = Carga muerta

$L$  = Carga viva

$S$  = Carga de sismo en cada dirección del análisis

### **Predimensionamiento de las cimentaciones**

Una vez modelada la estructura en Etabs, se procede a obtener los valores de las cargas de diseño para realizar el predimensionamiento de zapatas aisladas y zapatas conectadas, para esto usaremos una hoja de cálculo Excel y un diagrama de flujo, estos se pueden visualizar en el **(anexo n°4)**. Los valores de las cargas obtenidas se muestran en la siguiente tabla.

### ***Modelamiento de la cimentación en Safe***

Usaremos la función de importación de resultados del modelamiento realizado en Etabs, luego procederemos con la definición del suelo, donde registraremos sus propiedades, después definiremos el material (concreto), luego definiremos los elementos de área(zapatas) y asignaremos las propiedades al elemento de área(zapatas), para mayor detalle visualizar el **anexo n°5**

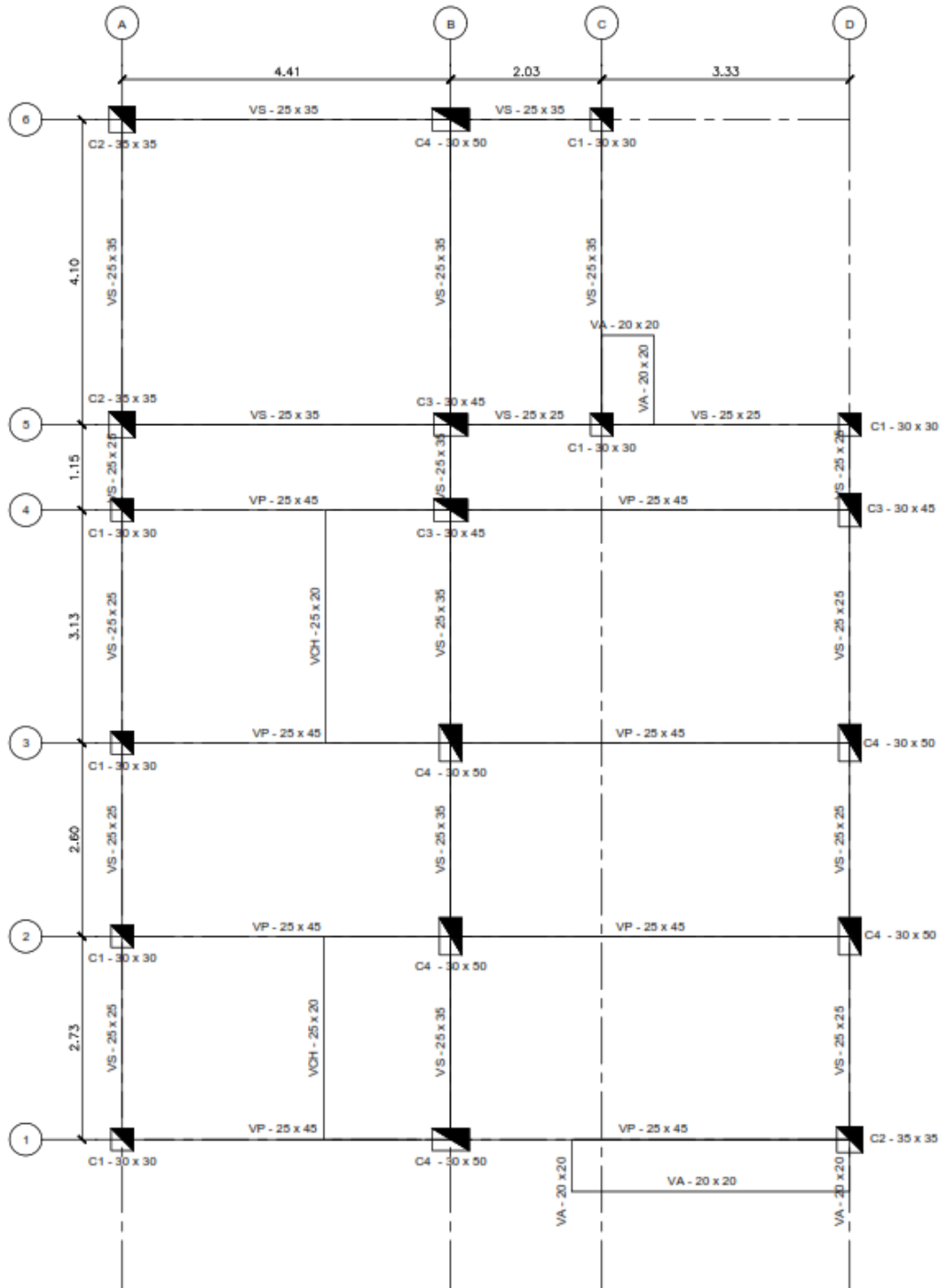
### **3.6. Método de análisis de datos**

### **3.7. Aspectos Éticos**

Académico, confiabilidad, honradez, seguir los lineamientos de la guía elaborada por la UCV

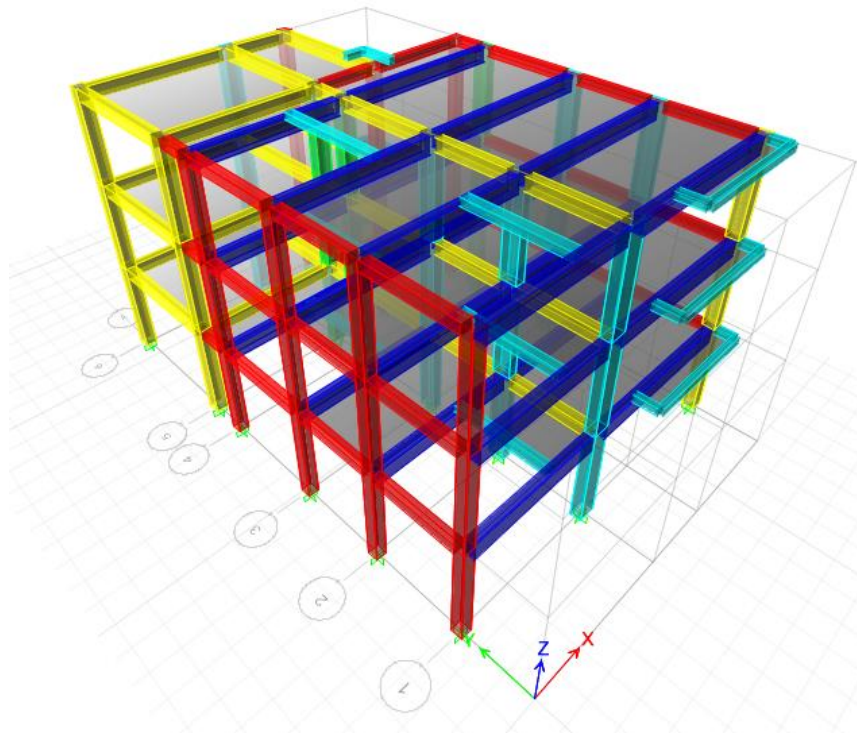
## IV. RESULTADOS

Figura 32: Estructuración de vivienda multifamiliar



Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.01

**Figura 33:** Modelo de vivienda multifamiliar en software Etabs



**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.01

**Tabla 7:** Peso de la estructura

Story	Output Case	Case Type	Location	P tonf	MX tonf-m	MY tonf-m
Entrepiso 3	D + L	Combination	Bottom	88.2103	746.3534	-435.4448
Entrepiso 2	D + L	Combination	Bottom	187.2007	1584.5718	-925.7224
Entrepiso 1	D + L	Combination	Bottom	287.021	2430.0285	-1420.0806

**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.01

**Tabla 8:** Derivas en dirección x e y

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	X m	Y m	Z m
Entrepiso 3	Deriva X	Combination	Max	X	0.003728	9.77	1.35	8.55
Entrepiso 2	Deriva X	Combination	Max	X	0.006213	9.77	1.35	5.75
Entrepiso 1	Deriva X	Combination	Max	X	0.005332	9.77	2.05	2.95
Entrepiso 3	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.003879	9.77	1.35	8.55
Entrepiso 2	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.005948	0	2.05	5.75
Entrepiso 1	Deriva Y	Combination	Max	Y	0.004937	0	2.05	2.95

**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.01

**Tabla 9:** Verificación de torsión

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Max Loc X m	Max Loc Y m	Max Loc Z m
Entrepiso 3	SDX	LinRespSpec	Max	Diaph D3 X	0.000621	0.000591	1.051	9.77	1.35	8.55
Entrepiso 2	SDX	LinRespSpec	Max	Diaph D2 X	0.001035	0.000968	1.069	9.77	1.35	5.75
Entrepiso 1	SDX	LinRespSpec	Max	Diaph D1 X	0.000889	0.000811	1.096	9.77	2.05	2.95
Entrepiso 3	SDY	LinRespSpec	Max	Diaph D3 Y	0.000647	0.000632	1.023	9.77	1.35	8.55
Entrepiso 2	SDY	LinRespSpec	Max	Diaph D2 Y	0.000991	0.000973	1.019	0	2.05	5.75
Entrepiso 1	SDY	LinRespSpec	Max	Diaph D1 Y	0.000823	0.000781	1.054	0	2.05	2.95

Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.01

**Tabla 10:** Cálculo modal, participación de masas

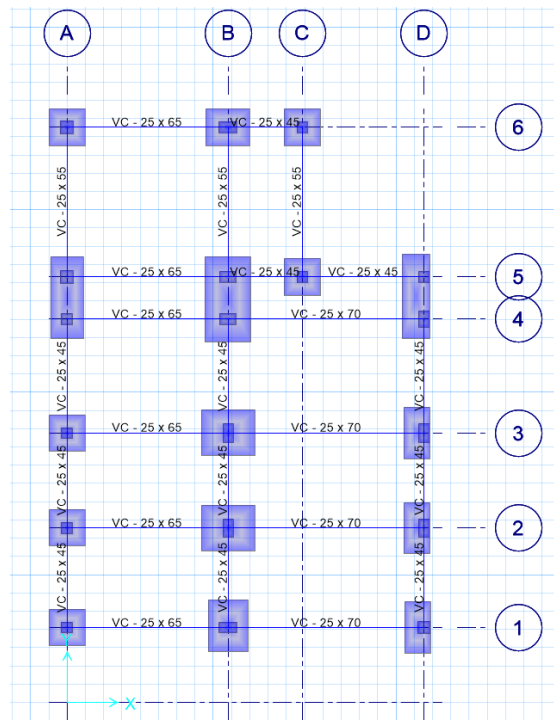
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Modal	1	0.406	0.0026	<b>0.8578</b>	0	0.0026	0.8578	0	0.187	0.0005	0.0014
Modal	2	0.399	<b>0.8638</b>	0.0028	0	0.8664	0.8606	0	0.0007	0.1743	0.0055
Modal	3	0.344	0.0048	0.0006	0	0.8713	0.8612	0	0.0007	0.0015	<b>0.8553</b>
Modal	4	0.126	0.0764	0.0261	0	0.9477	0.8873	0	0.176	0.5576	0.0023
Modal	5	0.125	0.0266	0.0838	0	0.9743	0.9711	0	0.5498	0.1903	0.0001
Modal	6	0.106	0.0021	0.0026	0	0.9764	0.9737	0	0.0113	0.0111	0.1092
Modal	7	0.074	0.0197	0.0023	0	0.9961	0.976	0	0.0063	0.0537	0.001
Modal	8	0.071	0.0031	0.0218	0	0.9992	0.9977	0	0.0615	0.0086	0.0005
Modal	9	0.059	0.0008	0.0023	0	1	1	0	0.0068	0.0025	0.0246
Modal	10	0.008	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Modal	11	0.008	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Modal	12	0.007	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.01

**Tabla 11:** Fuerza cortante de diseño

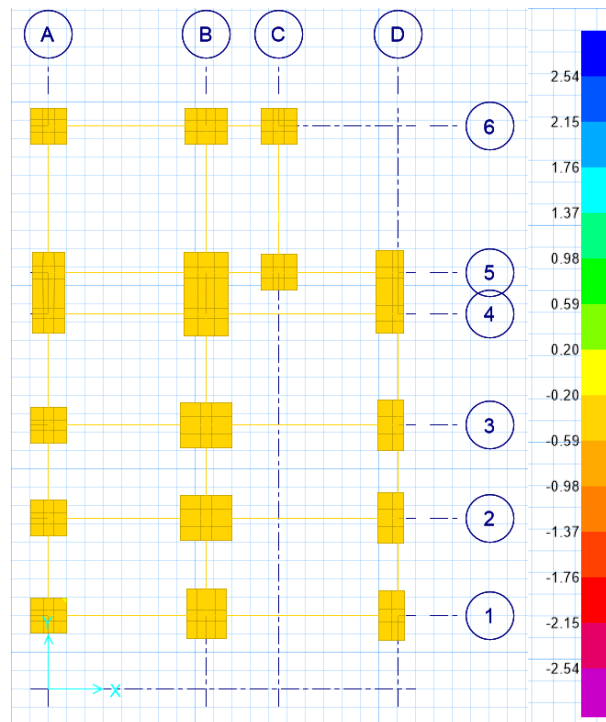
Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf
SEX	LinStatic		-24.3692	0
SEY	LinStatic		0	-24.5369
SDX	LinRespSpec	Max	30.6921	0.4425
SDY	LinRespSpec	Max	0.4425	30.4745

**Figura 34:** Visualización del modelado de la cimentación en el escenario n°1



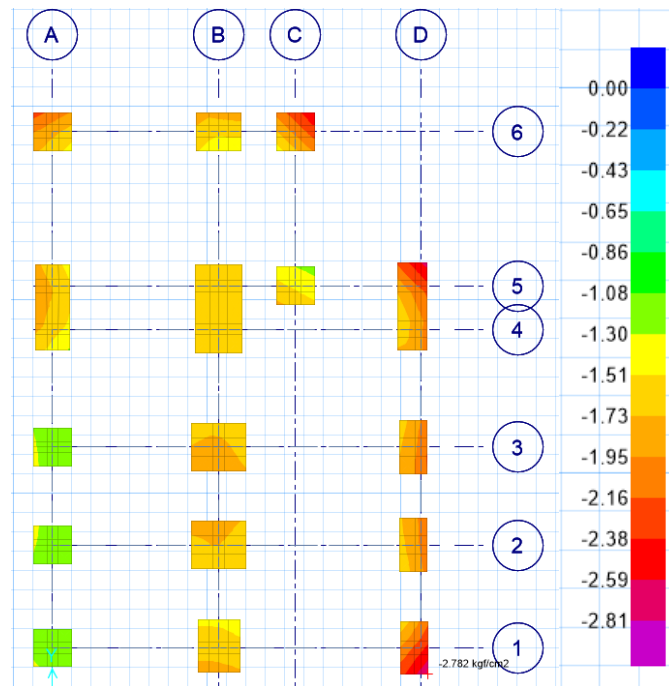
**Fuente:** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 35:** Visualización de desplazamientos en la cimentación de la estructura con la combinación de envoltorio del escenario n°1



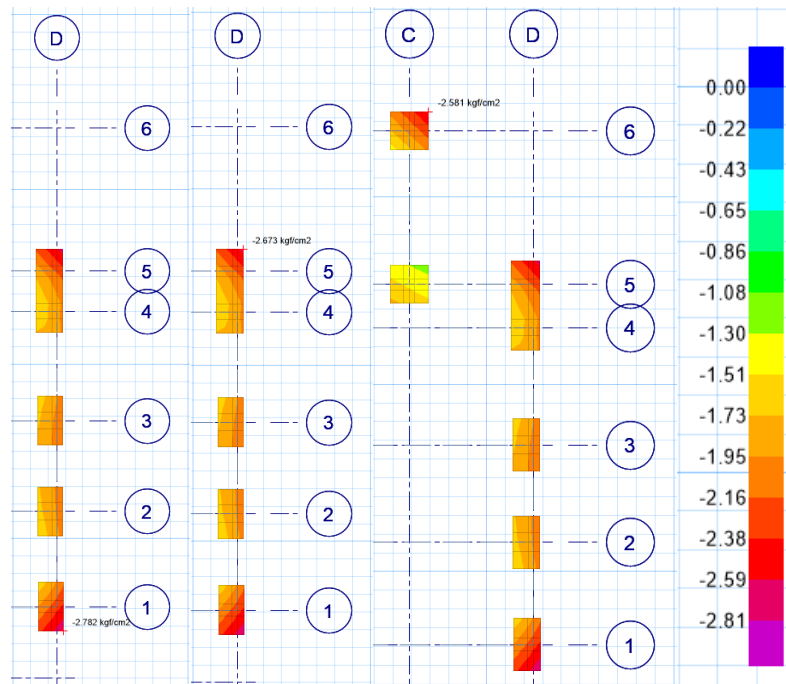
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 36:** Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº1



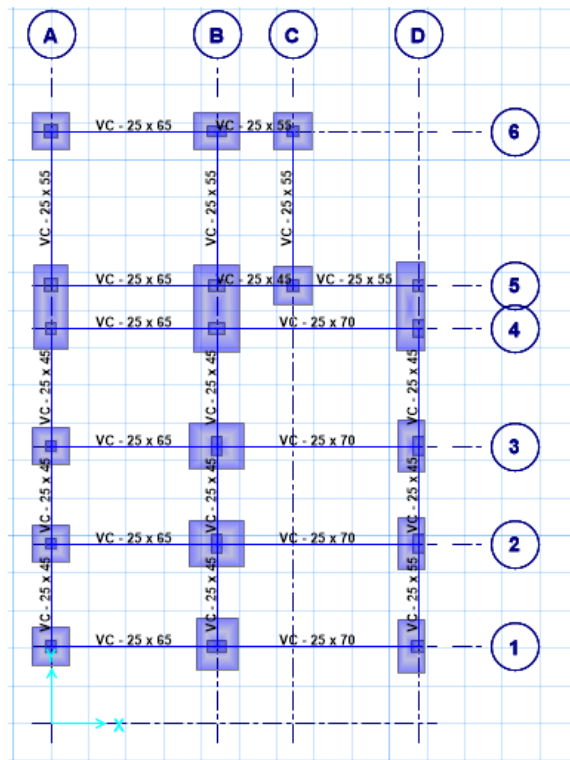
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 37:** Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº1



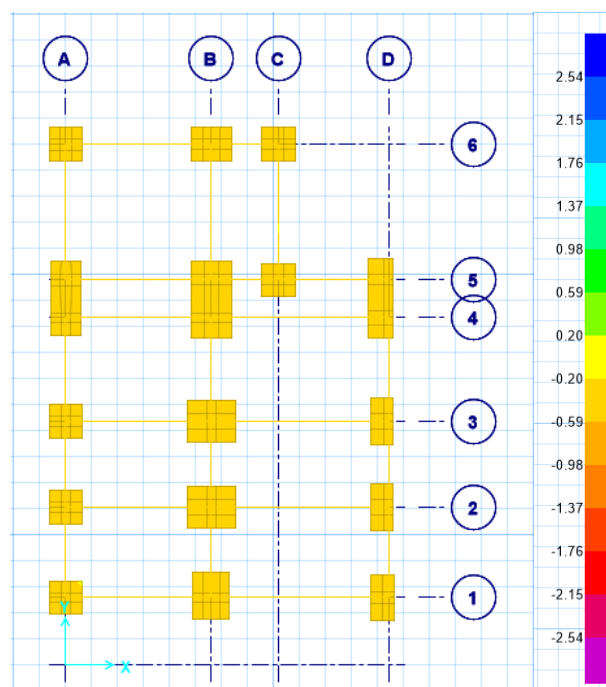
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 38:** Visualización del modelado de la cimentación en el escenario n°2



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

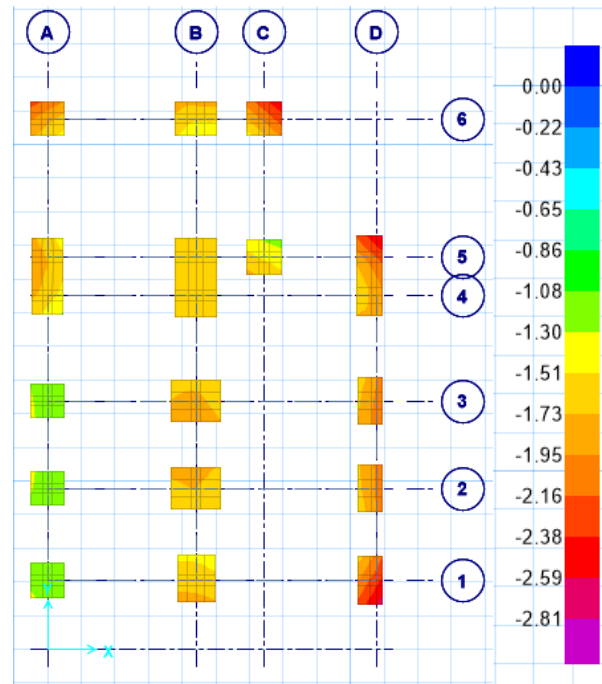
**Figura 39:** Visualización de desplazamientos en la cimentación de la estructura con la combinación de envolvente del escenario n°2



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

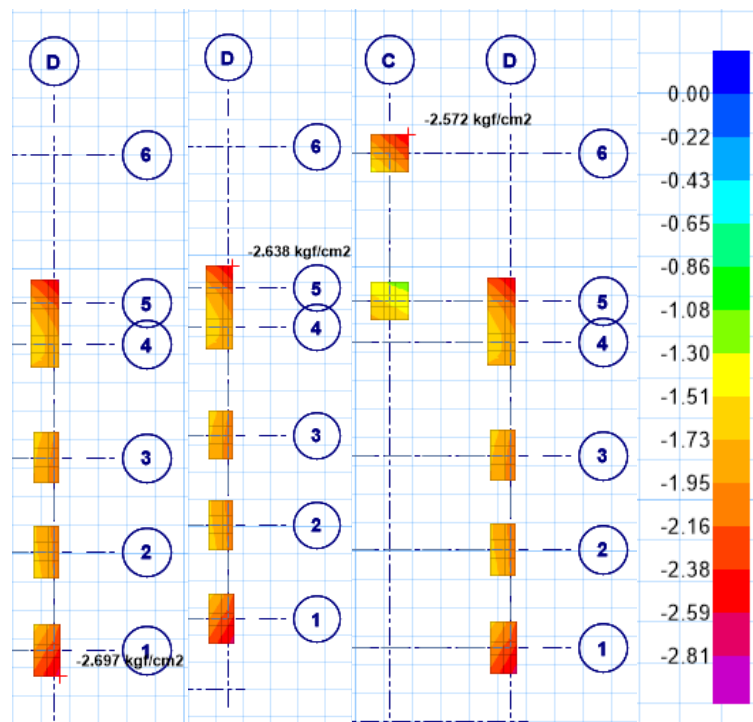


**Figura 40:** Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº2



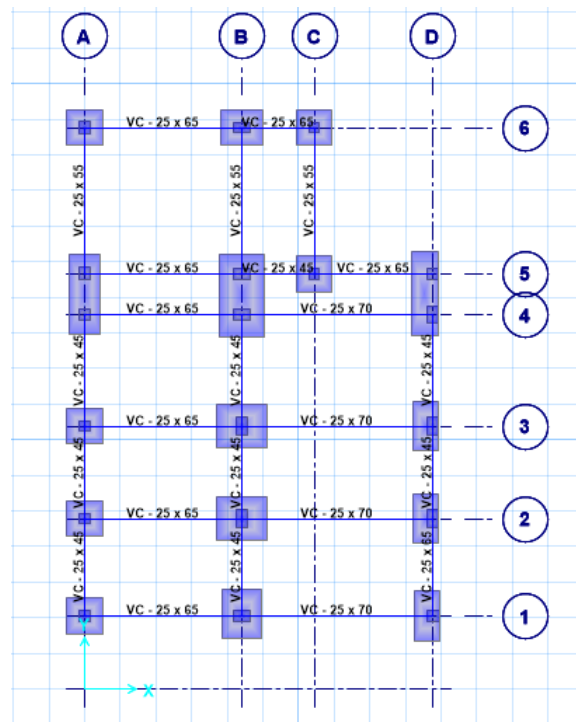
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 41:** Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº2



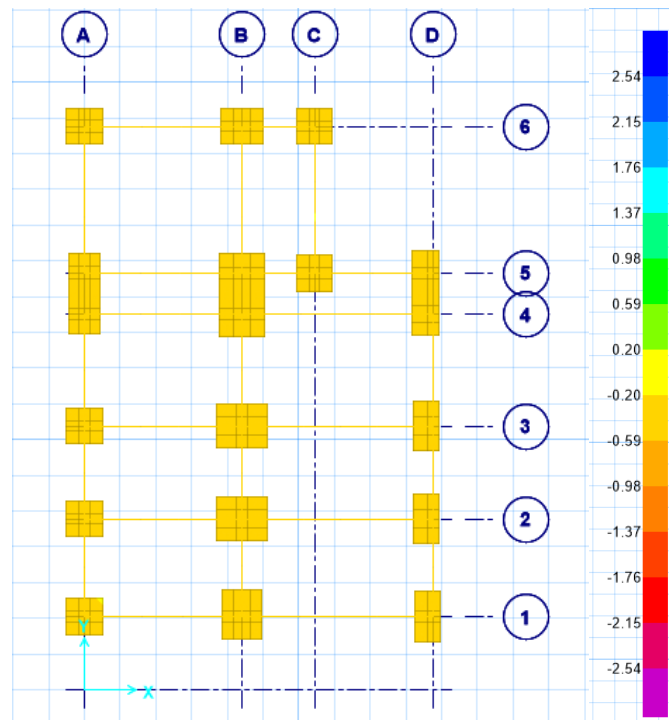
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 42:** Visualización del modelado de la cimentación en el escenario n°3



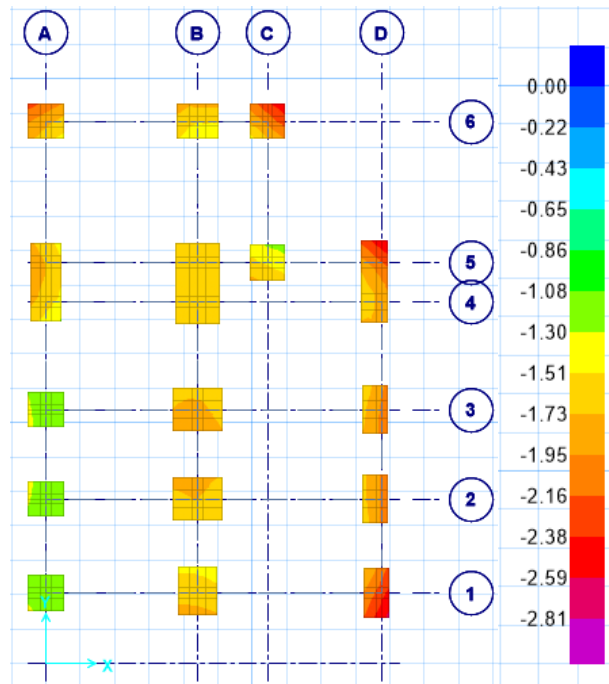
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 43:** Visualización de desplazamientos en la cimentación de la estructura con la combinación de envolvente del escenario n°3



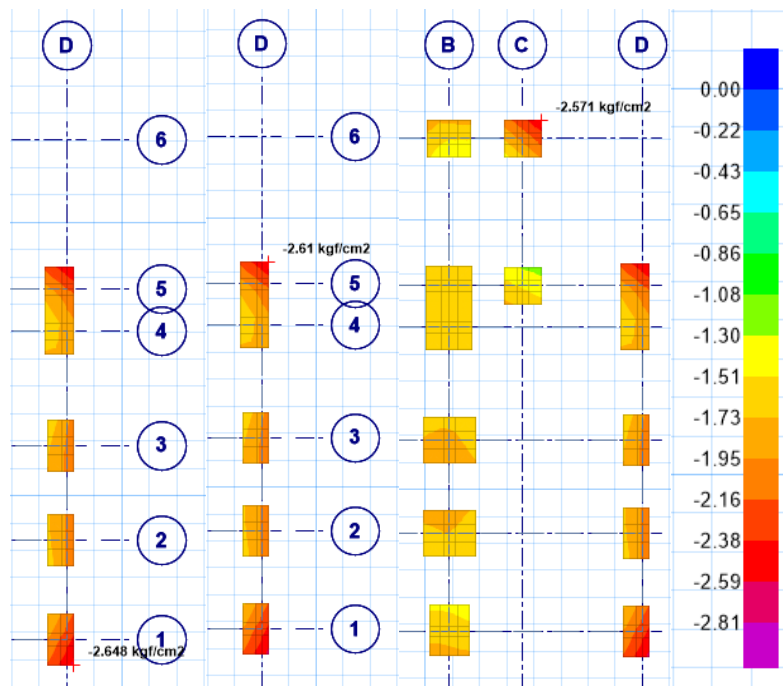
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 44:** Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario n°3



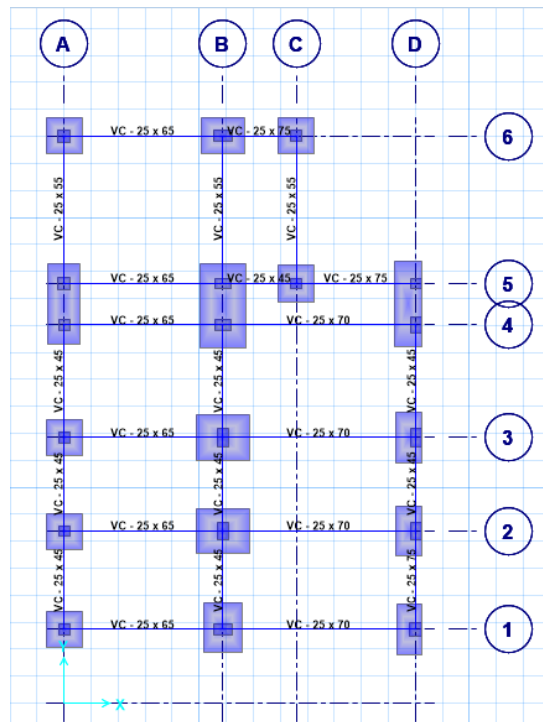
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 45:** Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario n°3



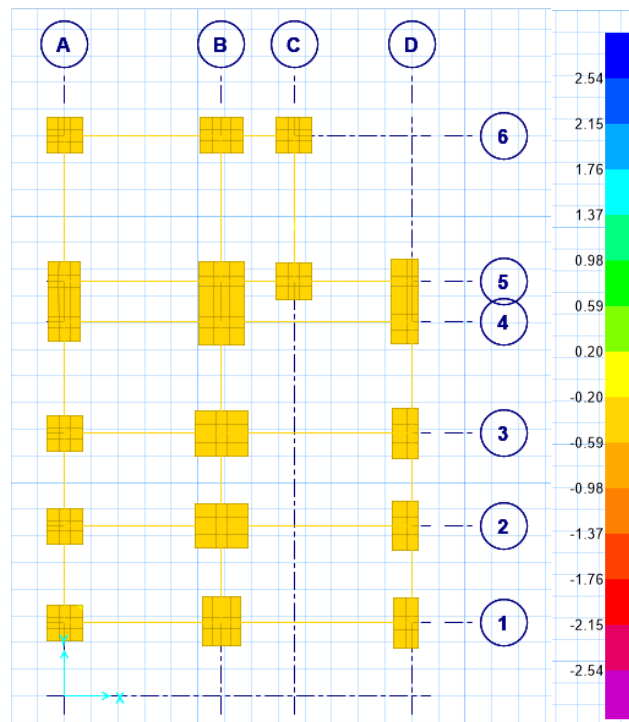
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 46:** Visualización del modelado de la cimentación en el escenario n°4



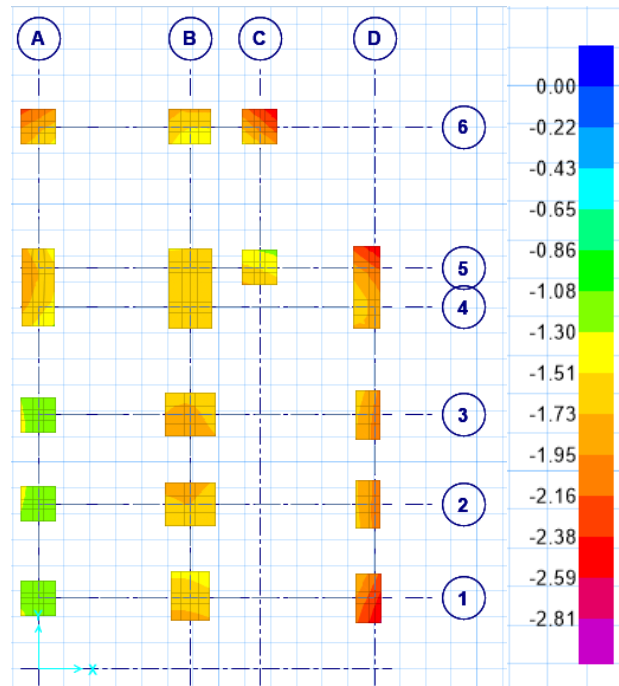
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 47:** Visualización de desplazamientos en la cimentación de la estructura con la combinación de envolvente del escenario n°4



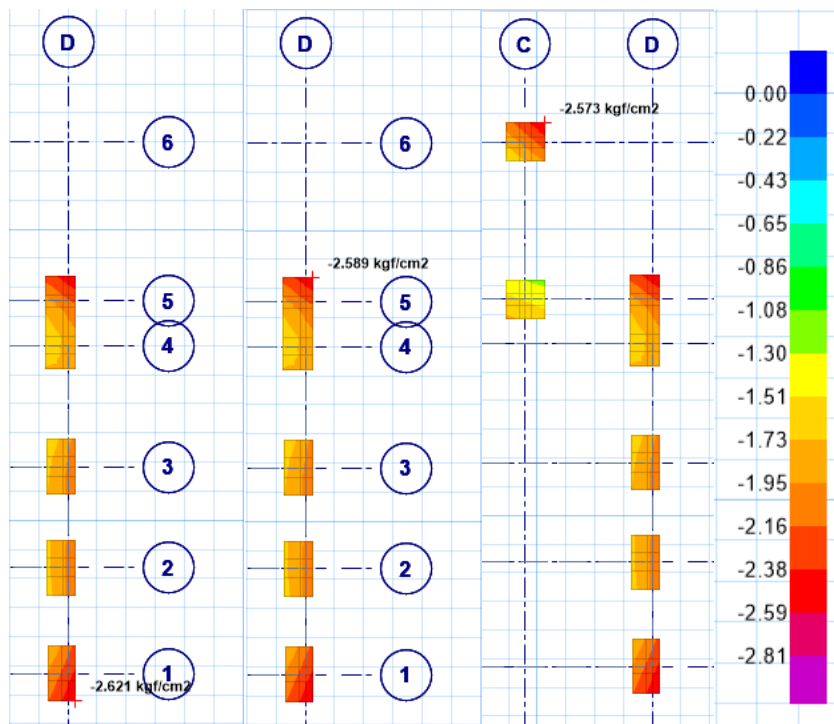
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 48:** Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº4



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 49:** Visualización de esfuerzos admisibles en la cimentación con la combinación de carga envolvente en el escenario nº4



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Tabla 12:** Valores máximos y mínimos de desplazamiento y esfuerzos obtenidos en los diferentes escenarios de la cimentación con la combinación de carga envolvente Mín.

Cimentación	Desplazamiento(cm)		Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Min	Max	Min	Max
Escenario n°1	-0.191	-0.495	-1.08	-2.782
Escenario n°2	-0.191	-0.479	-1.08	-2.697
Escenario n°3	-0.191	-0.471	-1.08	-2.648
Escenario n°4	-0.192	-0.466	-1.08	-2.621

**Tabla 13:** Valores máximos y mínimos de desplazamiento y esfuerzos obtenidos en los diferentes escenarios de la cimentación con la combinación de carga envolvente Max.

Cimentación	Desplazamiento(cm)		Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Min	Max	Min	Max
Escenario n°1	-0.166	0.133	-0.935	0.747
Escenario n°2	-0.166	0.129	-0.935	0.726
Escenario n°3	-0.166	0.126	-0.935	0.709
Escenario n°4	-0.166	0.123	-0.935	0.695

**Tabla 14:** Valores obtenidos del escenario N°1 en las zapatas, con combinación de carga envolvente

Zapata	Tipo de zapata	Dimensiones	Desplazamiento(cm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1-D	Excéntrica	vc – 25x45	-0.495	-2.782
5-D	Combinada	vc – 25x45	-0.475	-2.673
6-C	Aislada	vc – 25x45	-0.459	-2.581

**Tabla 15:** Valores obtenidos del escenario N°2 en las zapatas, con combinación de carga envolvente

Zapata	Tipo de zapata	Dimensiones	Desplazamiento(cm)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
1-D	Excéntrica	vc – 25x55	-0.479	-2.697
5-D	Combinada	vc – 25x55	-0.469	-2.638
6-C	Aislada	vc – 25x55	-0.457	-2.572

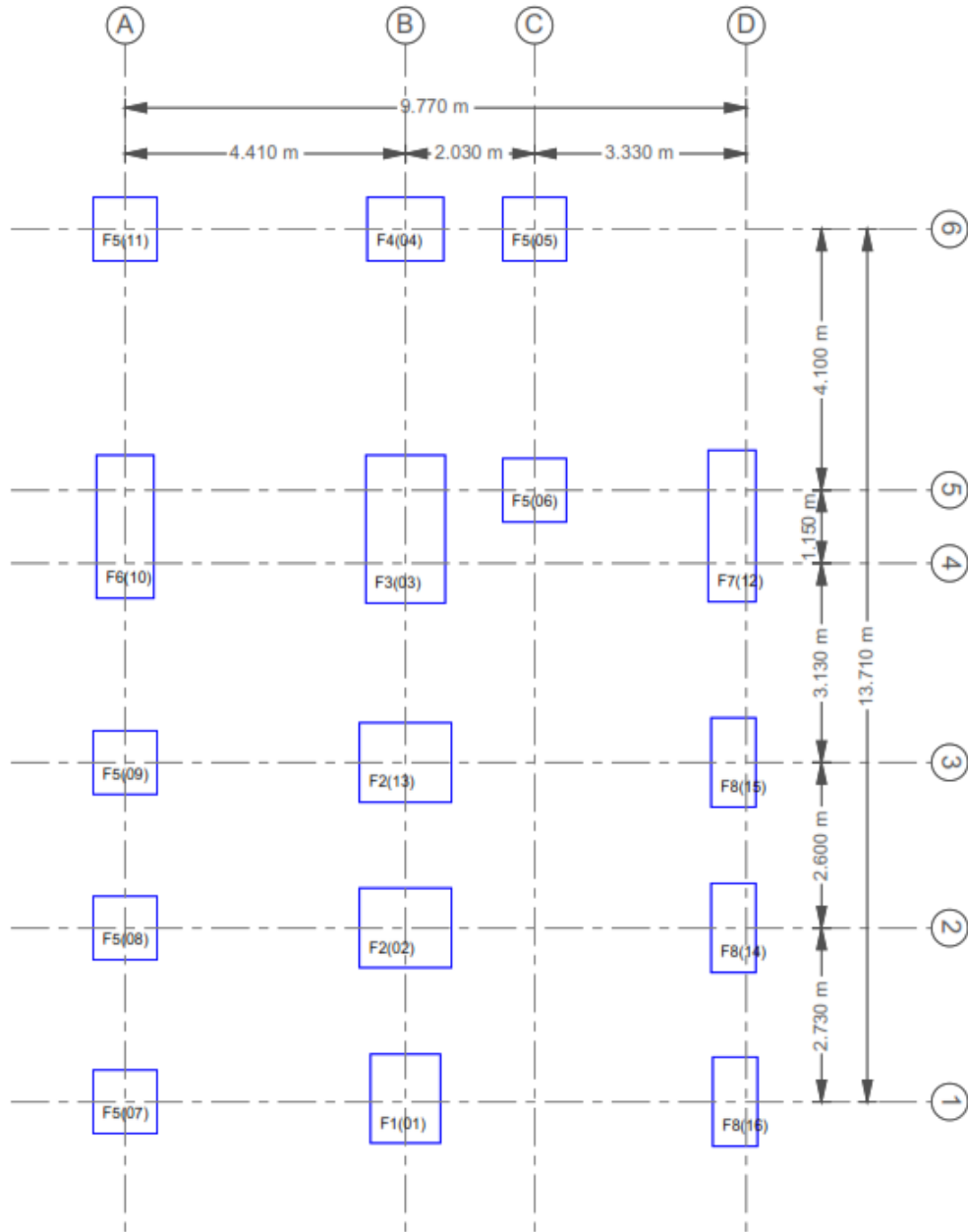
**Tabla 16:** Valores obtenidos del escenario N°3 en las zapatas, con combinación de carga envolvente

<b>Zapata</b>	<b>Tipo de zapata</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Desplazamiento(cm)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1-D	Excéntrica	vc – 25x65	-0.471	-2.648
5-D	Combinada	vc – 25x65	-0.464	-2.610
6-C	Aislada	vc – 25x65	-0.457	-2.571

**Tabla 17:** Valores obtenidos del escenario N°4 en las zapatas, con combinación de carga envolvente

<b>Zapata</b>	<b>Tipo de zapata</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Desplazamiento(cm)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1-D	Excéntrica	vc – 25x75	-0.466	-2.621
5-D	Combinada	vc – 25x75	-0.460	-2.589
6-C	Aislada	vc – 25x75	-0.457	-2.573

**Figura 50:** Numeración a las zapatas de cimentación

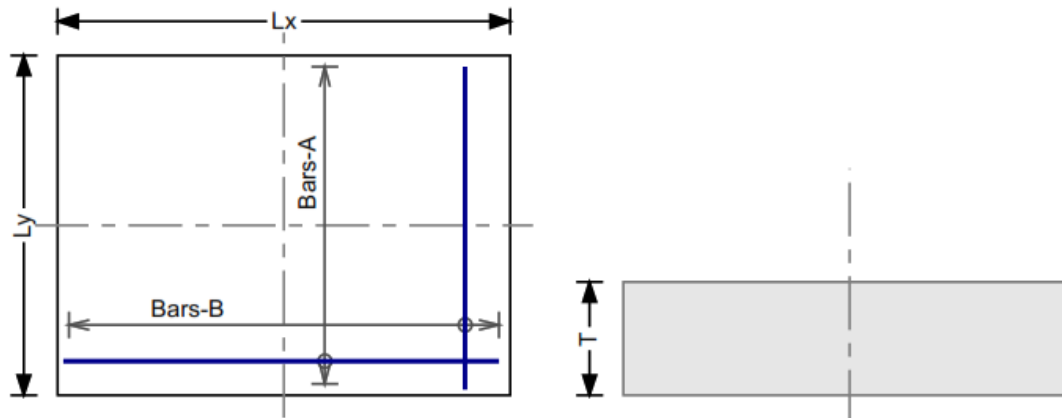


**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1



**Figura 51:** Calculo de acero en zapatas

SR. NO.	TYPE	NOS	LX	LY	T	REBARS-A	REBARS-B
1	F1	1	1.100 M	1.400 M	0.300 M	3-5/8"	4-1/2"
2	F2	2	1.450 M	1.250 M	0.300 M	4-5/8"	5-5/8"
3	F3	1	1.250 M	2.325 M	0.300 M	4-5/8"	5-5/8"
4	F4	1	1.200 M	1.000 M	0.300 M	4-5/8"	3-1/2"
5	F5	6	1.000 M	1.000 M	0.300 M	3-1/2"	4-3/8"
6	F6	1	0.900 M	2.250 M	0.300 M	4-1/2"	5-5/8"
7	F7	1	0.750 M	2.380 M	0.300 M	5-1/2"	5-1/2"
8	F8	3	0.700 M	1.400 M	0.300 M	5-3/8"	3-1/2"



Fuente. Software SAFE 2016 versión 16.0.1

## V. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo la finalidad de indagar en la variación del peralte de la viga de cimentación para optimizar significativamente el diseño estructural (desplazamientos y esfuerzos), donde se comprueba la hipótesis planteada.

En las **Figuras 35, 39, 43 y 47**, donde se visualiza los desplazamientos de las zapatas de los escenarios: **nº1, nº2, nº3 y nº4**, los cuales se resumen en la **Tabla 12 y Tabla 13**, de la **Tabla 12** el desplazamiento máximo fue de: -0.495 cm y el mínimo de: -0.191 cm, de la **Tabla 13** el desplazamiento máximo fue de: 0.133 cm y el mínimo de: -0.166 cm.

En las **Figuras 37, 41, 45 y 49**, donde se visualiza los esfuerzos en las zapatas de los escenarios: **nº1, nº2, nº3 y nº4**, los cuales se resumen en la **Tabla 12 y Tabla 13**, de la **Tabla 12** el esfuerzo máximo fue de -2.782 kg/cm<sup>2</sup> y el mínimo -1.08 kg/cm<sup>2</sup>, de la **Tabla 13** el esfuerzo máximo fue de 0.747 kg/cm<sup>2</sup> y el mínimo -0.935 kg/cm<sup>2</sup>

Del Estudio de Mecánica de Suelos se obtuvo una capacidad portante de 2.81 kg/cm<sup>2</sup> a un nivel de desplante de 2 metros.

**Velasquez Huayta, F. A.** (2018), en el análisis teórico de cimentación superficial para una Institución Educativa obtuvo esfuerzos en las zapatas aisladas de **0.179 kg/cm<sup>2</sup>** y al conectar las zapatas aisladas con vigas de cimentación obtuvo un esfuerzo de **0.131 kg/cm<sup>2</sup>**, reduciendo en **0.048 kg/cm<sup>2</sup>** los esfuerzos.

En esta investigación demostramos que al aumentar el peralte de la viga de cimentación en 10 cm los esfuerzos se redujeron en **0.085 kg/cm<sup>2</sup>**, al aumentar **20 cm** se reduce en **0.134 kg/cm<sup>2</sup>**, al aumentar **30 cm** se reduce en **0.161 kg/cm<sup>2</sup>**.

Por lo tanto, considerando zapatas conectadas, **discutimos** que: la viga de cimentación reduce esfuerzos en las zapatas y al aumentar el peralte los esfuerzos se disminuyen de manera gradual.

**Carrasco García, L.** (2019), en su diseño estructural de una cimentación de un edificio de 4 plantas, el suelo tuvo una capacidad portante de  $1.38 \text{ kg/cm}^2$  a un nivel de desplante de 2 metros según el Estudio de mecánica de Suelos, el cual sugiere una cimentación combinada.

En esta investigación la capacidad portante fue de  $2.81 \text{ kg/cm}^2$  a un nivel de desplante de 2 metros según el Estudio de mecánica de suelos, el cual indica que el ingeniero estructurista estará a cargo del diseño de la cimentación.

Por lo tanto, considerando el Estudio de Mecánica de Suelos, **discutimos** que: los suelos pueden tener el mismo nivel de desplante, pero la capacidad portante varía, la cual influye en el tipo de cimentación a utilizar.

**Arapa Álvarez, R. M.** (2017), en el análisis y diseño estructural del edificio multifamiliar de siete niveles, obtiene un periodo de 0.574 en el primer análisis modal y la participación de masas es mayor al 90% para el sexto periodo.

En esta investigación se obtuvo un periodo de 0.406 y la participación de masas es mayor al 90% a partir del quinto periodo.

Por lo tanto, considerando los periodos de la **Tabla 10**, **discutimos**: que existe una relación, en la estructura puesto que los periodos son similares, se puede indicar que la que genera mayor participación en masa tiene mayor rigidez según el tipo de estructura.

## VI. CONCLUSIONES

Se confirma la hipótesis planteada que la variación del peralte de la viga de cimentación optimiza significativamente el diseño estructural de la zapata conectada, para la cual se realizó cuatro escenarios.

De la **Tabla 12**: Valores máximos y mínimos de desplazamiento y esfuerzos obtenidos en los diferentes escenarios de la cimentación con la combinación de carga envolvente Mín. La variación del peralte de la viga cimentación optimiza el diseño estructural de la zapata conectada, debido a que los desplazamientos y esfuerzos en zapatas se van reduciendo de manera gradual.

En la **Tabla 14**: Valores obtenidos del escenario N°1 en las zapatas, con combinación de carga envolvente, en la **zapata 1-D**, tipo excéntrica, con sección de viga de cimentación 25x45, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.495cm y un esfuerzo de: -2.782kg/cm<sup>2</sup>, en la **zapata 5-D**, tipo combinada, con sección de viga de cimentación 25x45, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.475cm y un esfuerzo de: -2.673kg/cm<sup>2</sup>, en la **zapata 6-C**, tipo aislada, con sección de viga de cimentación 25x45, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.459cm y un esfuerzo de: -2.581kg/cm<sup>2</sup>.

En la **Tabla 15**: Valores obtenidos del escenario N°2 en las zapatas, con combinación de carga envolvente, donde se realizó el aumento de 10 cm al peralte inicial de la viga de cimentación, en la **zapata 1-D**, tipo excéntrica, con sección de viga de cimentación 25x55, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.479cm y un esfuerzo de: -2.697kg/cm<sup>2</sup>, en la **zapata 5-D**, tipo combinada, con sección de viga de cimentación 25x55, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.469cm y un esfuerzo de: -2.638kg/cm<sup>2</sup>, en la **zapata 6-C**, tipo aislada, con sección de viga de

cimentación 25x45, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.457cm y un esfuerzo de: -2.572kg/cm<sup>2</sup>.

En **Tabla 16**: Valores obtenidos del escenario N°3 en las zapatas, con combinación de carga envolvente, donde se realizó el aumento de 20 cm al peralte inicial de la viga de cimentación, en la **zapata 1-D**, tipo excéntrica, con sección de viga de cimentación 25x65, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.471cm y un esfuerzo de: -2.648kg/cm<sup>2</sup>, en la **zapata 5-D**, tipo combinada, con sección de viga de cimentación 25x65, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.464cm y un esfuerzo de: -2.610kg/cm<sup>2</sup>, en la **zapata 6-C**, tipo aislada, con sección de viga de cimentación 25x65, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.457cm y un esfuerzo de: -2.571kg/cm<sup>2</sup>.

En la **Tabla 17**: Valores obtenidos del escenario N°4 en las zapatas, con combinación de carga envolvente, donde se realizó el aumento de 30 cm al peralte inicial de la viga de cimentación, en la **zapata 1-D**, tipo excéntrica, con sección de viga de cimentación 25x75, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.466cm y un esfuerzo de: -2.621kg/cm<sup>2</sup>, en la **zapata 5-D**, tipo combinada, con sección de viga de cimentación 25x75, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.460cm y un esfuerzo de: -2.589kg/cm<sup>2</sup>, en la **zapata 6-C**, tipo aislada, con sección de viga de cimentación 25x65, obtuvo el valor de desplazamiento de: -0.457cm y un esfuerzo de: -2.573kg/cm<sup>2</sup>.

De la **Tabla 12**: Valores máximos y mínimos de desplazamiento y esfuerzos obtenidos en los diferentes escenarios de la cimentación con la combinación de carga envolvente Mín. Se concluye que al que al aumentar el peralte de la viga de cimentación en **10 cm** del peralte inicial, el desplazamiento máximo de la cimentación se redujo en **0.016 cm** y el esfuerzo se reduce en **0.085 kg/cm<sup>2</sup>**, al

aumentar **20 cm** del peralte inicial el desplazamiento se redujo en **0.024 cm** y el esfuerzo del suelo se redujo en **0.134 kg/cm<sup>2</sup>**, al aumentar **30 cm** del peralte inicial el desplazamiento máximo de la cimentación se redujo en **0.029 cm** y el esfuerzo se reduce en **0.161 kg/cm<sup>2</sup>**.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Aumentar el peralte de vigas de cimentación para reducir los esfuerzos en zapatas

Realizar el análisis de una edificación utilizando un análisis tiempo – historia para ver el comportamiento de la cimentación en vigas de cimentación y verificar el comportamiento con la investigación.

Realizar investigaciones en laboratorio, acerca de la variación del peralte la viga de cimentación y compararlo de manera experimental con la tesis realizada.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, T. F. (2017). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. Lima: San marcos E.I.R.L.
- Bernal, J. (2005). *Hormigon armado: zapatas*. Argentina: voros s.a.
- Braja, D. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. México, D.F.: Cengage Learning Editores, S.A.
- Calavera, J. (2000). *Calculo de estructuras de cimentacion*. España: Infoprint, S.A.
- Capeco. (25 de Febrero de 2018). *Cámara peruana de la construcción*. Obtenido de Cámara peruana de la construcción: [www.capeco.com](http://www.capeco.com)
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Mexico: Limusa.
- Garcia, J. (2018). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Macro.
- Garza, L. (2010). *Diseño de estructuras de cimentacion*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Harmsen, T. E. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Fondo editorial.
- Leet, K. M., & Uang, C.-M. (2006). *Fundamentos de análisis estructural*. Mexico : McGraw-Hill Interamericana.
- Lucio, N. Q. (2019). *Metodología de la Investigación* . Lima: Macro.
- McCormac, J., & Brown, R. (2011). *Design of Reinforced Concrete*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Nilson, A. H. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Colombia: Emma Ariza H.
- Peck, R., Hanson, W., & Thornburn, T. (1983). *Ingeniería de cimentaciones*. México: Limusa, S.A.
- Perez, V. (1999). *Diseño y calculo de estructuras de concreto*. México: Trillas.



Piralla, M. (1985). *Diseño Estructural*. Mexico: GRUPO NORIEGA EDITORES.

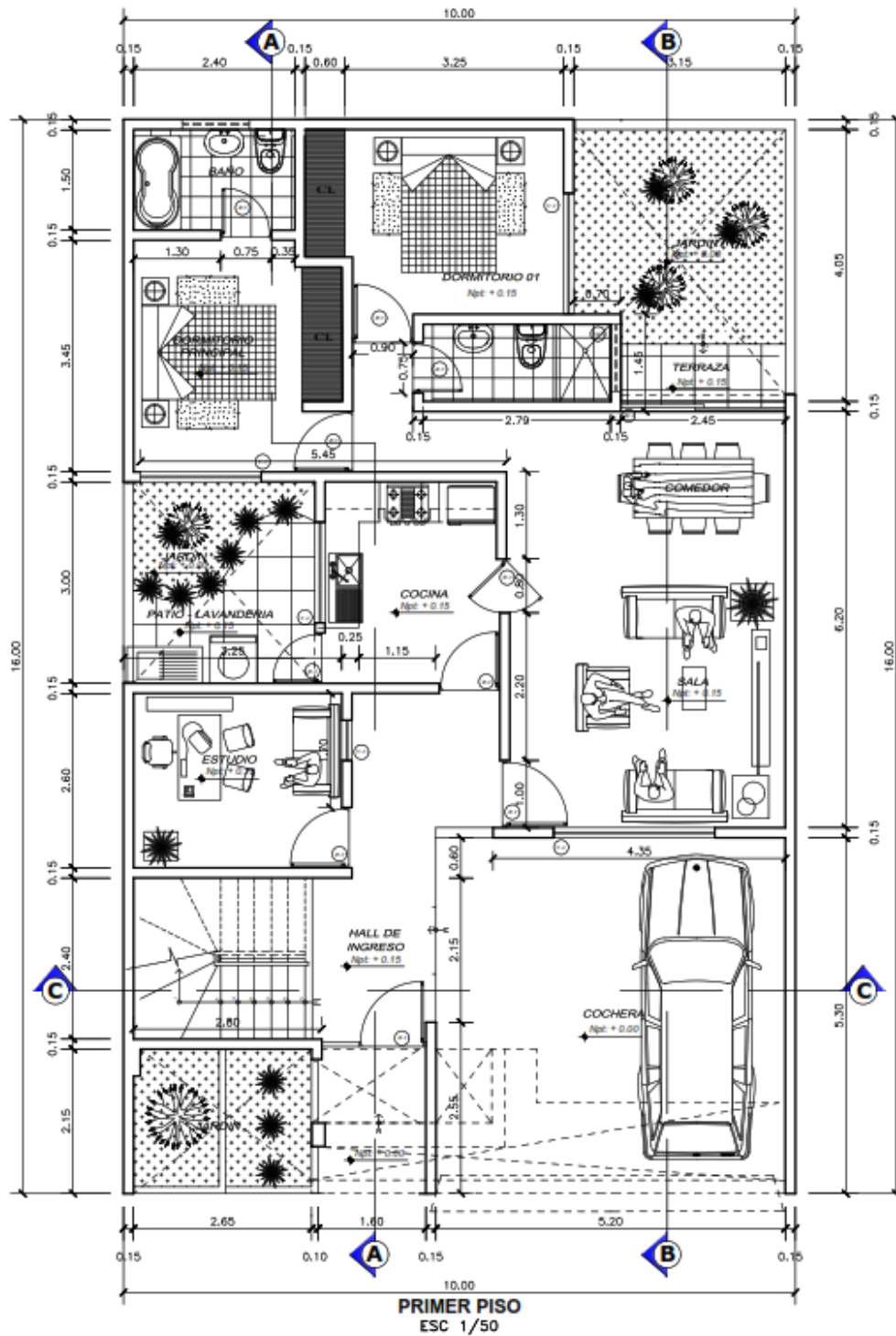
Quezada, L. (2019). *Metodología de la investigación*. Lima: Macro.

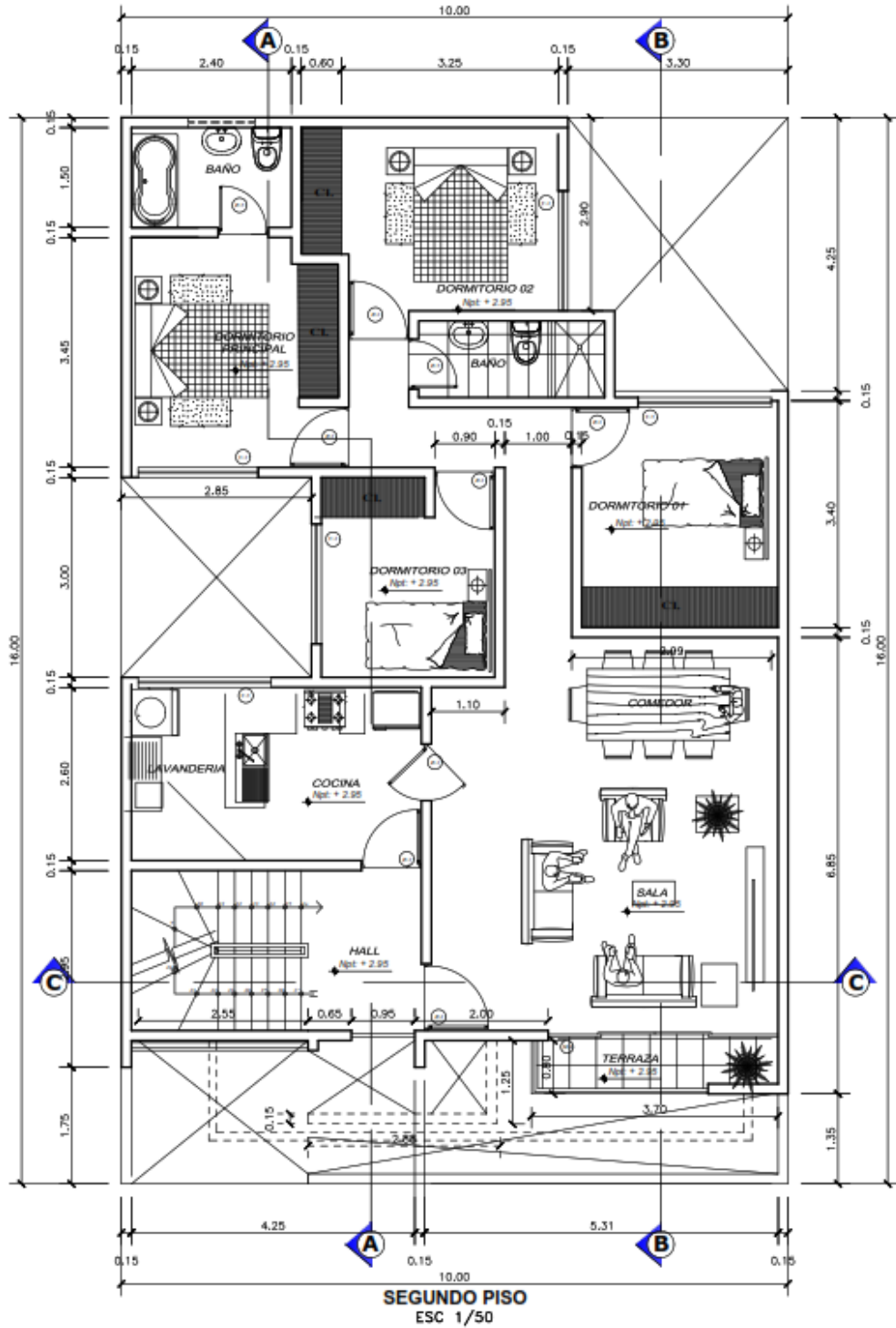
Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación* . Mexico: Edamsa  
Impresiones, S.A de C.V.

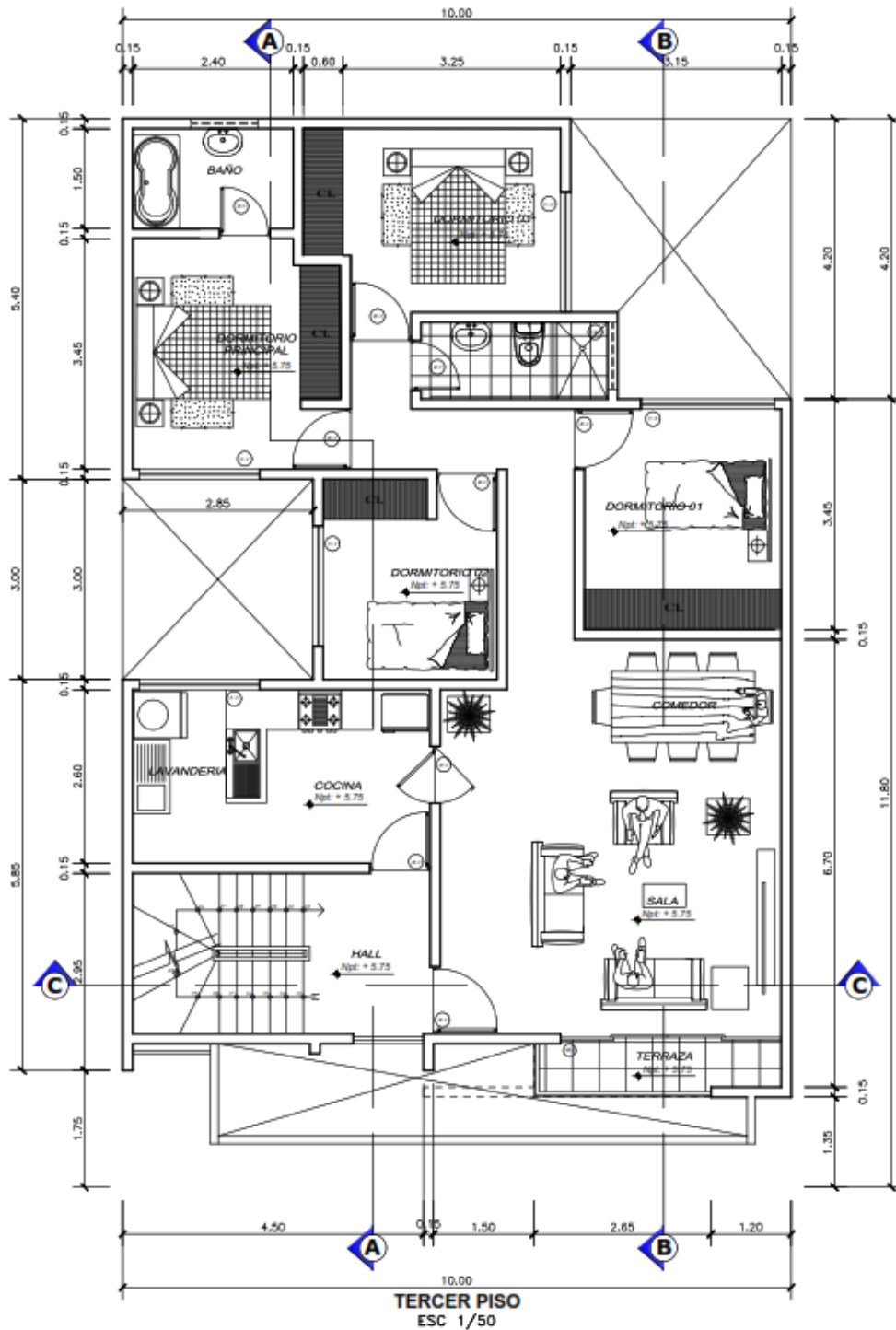
Torres, L. (2018). *Análisis y diseño de edificaciones con etabs* . Lima: Editorial  
Macro.

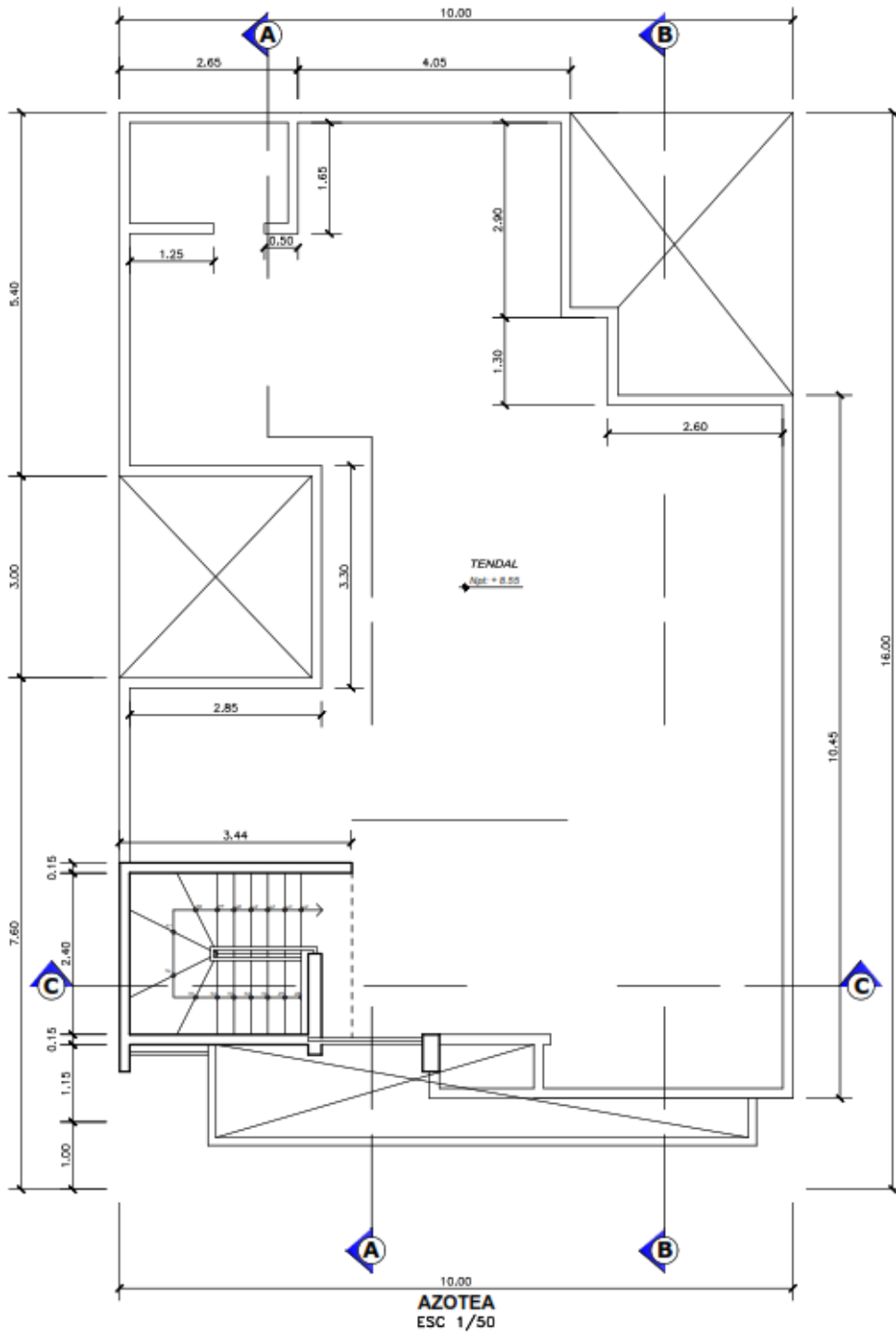
# IX. ANEXOS

## Anexo 1 Planos arquitectónicos



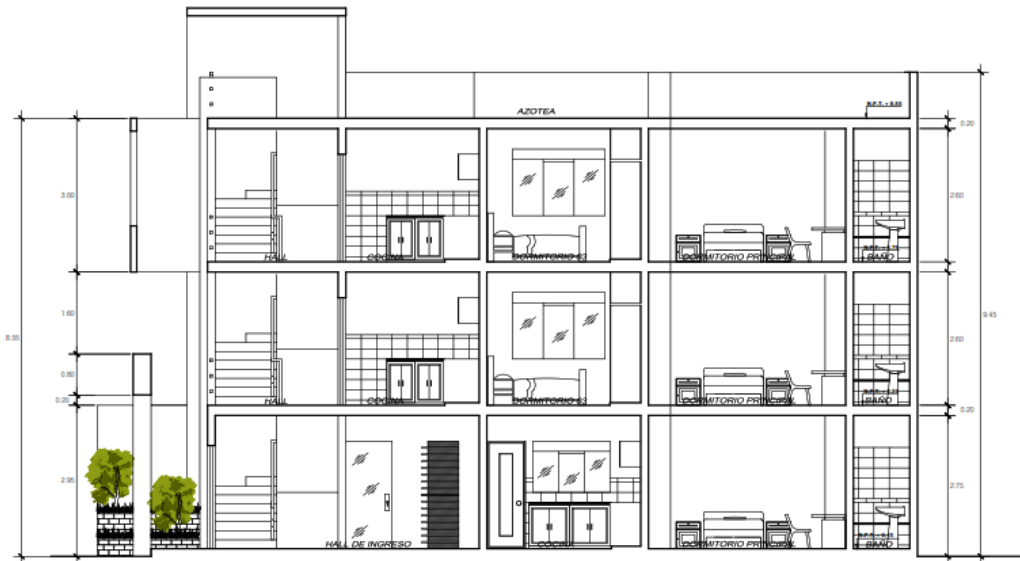




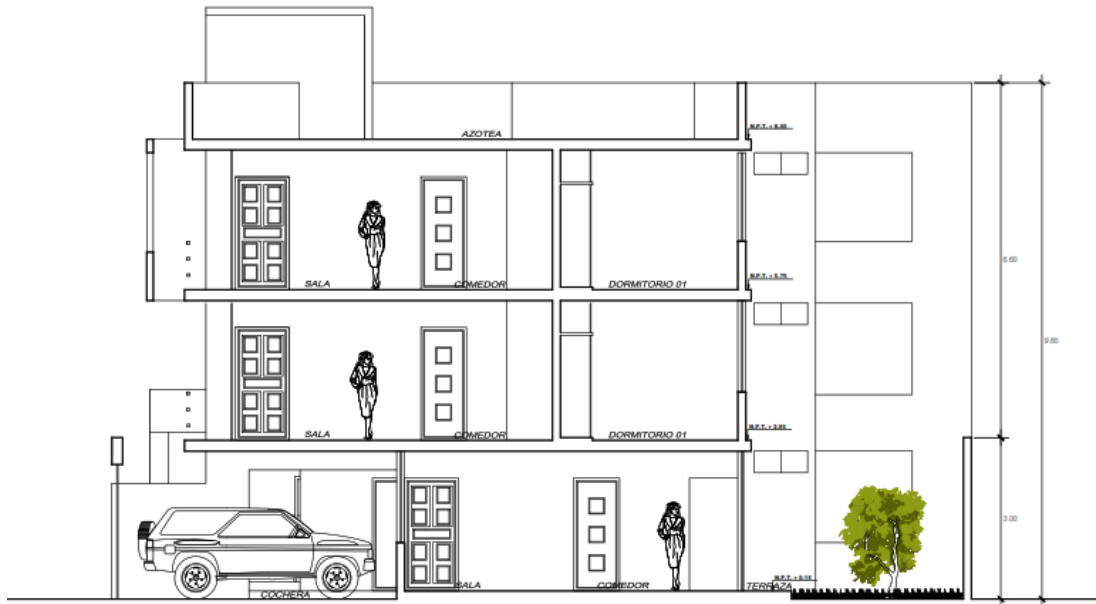




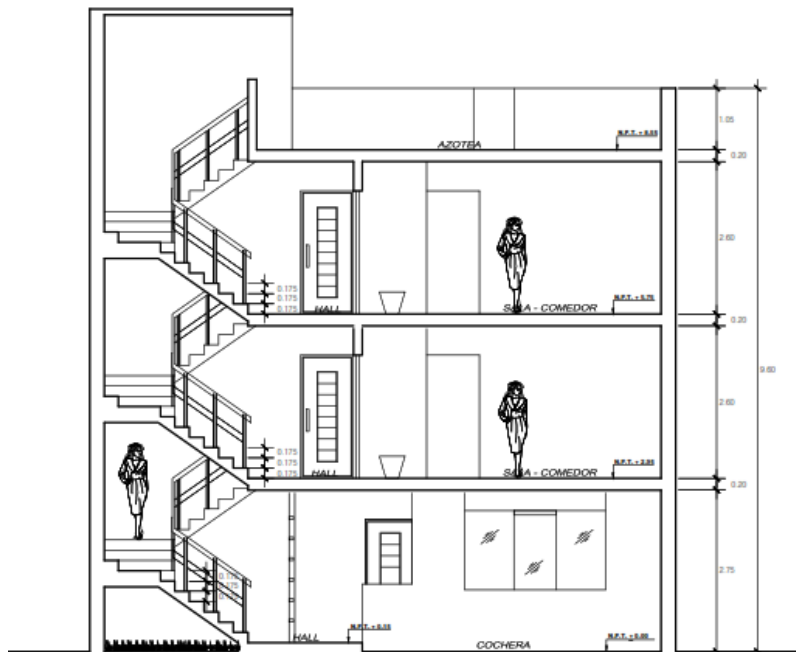
ELEVACION PRINCIPAL  
ESC 1/50



CORTE A - A  
ESC 1/50



**CORTE B - B**  
ESC 1/50



**CORTE C - C**  
ESC 1/50

## Anexo 2 Estudio de mecánica de suelos



SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA  
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS  
CEL. 939291809 / TEL. 076 633319

RUC: 20602101488

Dirección: Psj. Diego Ferre N° 295 – Barrio San Martín – Cajamarca.

CORREO: guersaningenieros@gmail.com

# ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

## PROYECTO:

"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA  
MULTIFAMILIAR".

## SOLICITANTE:

BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO - DNI N°26694862

## UBICACIÓN:

JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE  
CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA Y  
REGIÓN DE CAJAMARCA

17 DE MARZO DEL 2021.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
*Fuente*  
Davis Fránek Velásquez Hilario  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 195303



	<p align="center"><b>“CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR”</b></p>	<p align="right">GI-EMS-002-03-2021</p>
		<p align="right">Fecha: 17/03/2021</p>

**ÍNDICE**

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivo del informe.....	2
1.2. Ubicación y descripción del área en estudio.....	2
1.3. Geografía y Condición Climática.....	2
<b>2. INVESTIGACIONES DE CAMPO.....</b>	<b>3</b>
2.1. Trabajos de Campo:.....	3
2.1.1. Calicata.....	3
2.2.2. Muestreo Disturbado.....	3
2.2.3. Registros de Excavaciones.....	3
<b>3. ENSAYOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>3</b>
3.1. Clasificación de Suelos.....	4
<b>4. PERFIL DEL SUELO.....</b>	<b>4</b>
4.1. Descripción de los Perfiles Estratigráficos.....	4
4.2. Aspectos Relacionados con la Napa Freática.....	4
<b>5. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....</b>	<b>5</b>
5.1. Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible.....	5
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>6</b>

**ANEXO N°1: RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO N°2: PERFILES ESTRATIGRÁFICOS**

**ANEXO N°3: CROQUIS DE CIMENTACIÓN**

**ANEXO N°4: MAPA SÍSMICO DEL PERÚ**

**ANEXO N°5: PANEL FOTOGRÁFICO**

  
 GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 Davis Frank Velásquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303

	<b>"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR"</b>	GI-EMS-002-03-2021
		Fecha: 17/03/2021

## INFORME DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. Objetivo del informe

El presente Informe Técnico tiene por finalidad dar a conocer a BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO - DNI N°26694862, los resultados de las investigaciones del suelo del terreno de fundación donde se ejecutará el Proyecto: "CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR", por medio de trabajos de campo a través de un (01) pozo de exploración a cielo abierto o calicata, ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, sus propiedades de resistencia y labores de gabinete en base a los cuales se define el perfil estratigráfico, tipo y profundidad de cimentación, Capacidad de Carga Admisible, conclusiones y recomendaciones generales para la cimentación.

El programa de trabajo realizado con este propósito ha consistido en:

- Reconocimiento del terreno.
- Excavación de Pozos de Exploración.
- Toma de Muestras de campo.
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Determinación de la Capacidad de Carga Admisible
- Conclusiones y Recomendaciones

#### 1.2. Ubicación y descripción del área en estudio

El terreno destinado para la ejecución del Proyecto: "CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR", se encuentra ubicado en el JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.

#### 1.3. Geografía y Condición Climática

El distrito de Cajamarca es uno de los 12 distritos de la provincia de Cajamarca ubicada en el departamento de Cajamarca.

La ciudad de Cajamarca está ubicada en la región Quechua a 2720 msnm, en la margen este de la cadena oriental de la Cordillera de los Andes.

El clima es templado, seco y soleado en el día y frío en la noche. Las precipitaciones se dan de diciembre a marzo y se presentan con el fenómeno del Niño en forma cíclica. Su temperatura media anual es de 15,8 °C. Caliente por las mañanas, frío de noche. La temperatura media anual: máxima media 21 °C y mínima media: 6 °C

La estación de lluvias intensas se da de diciembre a marzo, perteneciente al verano costero.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Davis Frank Velásquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303



### 3.1. Clasificación de Suelos

La clasificación de la muestra ensayada, ha sido clasificada mediante la Norma Técnica A.A.S.H.T.O. M 145 (Método para la Clasificación de Suelos en Vías de Transporte).

**Cuadros de clasificación de suelos**

CALICATA	C – 1
Muestra	M – 1
Profundidad (m)	1.50 a 3.00
% Pasa Tamiz N° 4	41.81
% Pasa Tamiz N° 200	4.93
Límite Líquido (%)	NP
Índice Plástico (%)	NP
Coef. de Uniformidad (Cu)	--
Coef. de Curvatira (Cc)	--
Diámetro Efectivo (D <sub>10</sub> )	--
Contenido de Humedad (%)	3.26
Clasificación SUCS	GP

## 4. PERFIL DEL SUELO

### 4.1. Descripción de los Perfiles Estratigráficos

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

**La Calicata C-1.-** Presenta un primer estrato hasta 1.50 m. de profundidad constituido por relleno y materia orgánica con bajo contenido de humedad y alto grado de compacidad. De 1.50 m. hasta 3.00m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por grava pobremente gradada, color marrón, mezclado con 36.88% de arena gruesa a fina, 4.93% de partículas menores que 0.075 mm. y con presencia de bolonería de TM 9".

### 4.2. Aspectos Relacionados con la Napa Freática.

Se debe señalar que no se encontró napa freática en la calicata C-1.

  
 GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 Davis Frank Velásquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303

## 5. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

### 5.1. Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible

Para la determinación de la Capacidad Admisible de carga, se ha considerado el ángulo de fricción interna y el valor de la cohesión, obtenido del Ensayo de Corte Directo (ASTM D 3080) mostrando los datos a continuación:

<b>Calicata</b>		<b>C - 1</b>
<b>Muestra</b>		<b>M-1</b>
Tipo de Suelo		<b>GP</b>
Angulo de Fricción Interna (°)	$\phi$	<b>38.30</b>
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	c	0.000
Peso específico del suelo (Kg/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_H$	0.00188
Profundidad de cimentación (cm)	Df	200.00
Ancho de cimentación (cm)	B	150.00
Factores de capacidad de carga:	N'c	31.061
	N'q	17.364
	N'γ	13.339
Factor de seguridad		<b>3.00</b>

Luego, aplicando la Teoría de Karl Terzaghi (falla por corte local), se calcula la Capacidad Portante Admisible y cuyos resultados se muestran a continuación:

<b>Calicata</b>	<b>C - 1</b>
<b>Muestra</b>	<b>M-1</b>
<b>Q<sub>ad</sub> (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>2.81</b>



	<b>"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR"</b>	GI-EMS-002-03-2021
		Fecha: 17/03/2021

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El terreno en estudio se encuentra ubicado en el JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA Y REGIÓN DE CAJAMARCA.
- El subsuelo del terreno destinado para la ejecución del Proyecto: "CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR", está conformado por:

N° CALICATA	DESCRIPCIÓN
C - 1	Presenta un primer estrato hasta 1.50 m. de profundidad constituido por relleno y materia orgánica con bajo contenido de humedad y alto grado de compacidad. De 1.50 m. hasta 3.00m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por grava pobremente gradada, color marrón, mezclado con 36.88% de arena gruesa a fina, 4.93% de partículas menores que 0.075 mm. y con presencia de bolonería de TM 9".

- Se recomienda que a partir del nivel de cimentación propuesto (2.00 m.), se realice un mejoramiento de terreno. Ver anexo – CROQUIS DE DETALLE DE CIMENTACIÓN.
- La capacidad admisible de carga o de diseño del suelo de fundación, es de:

Calicata	C - 1
$q_{ad}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.81

- Se recomienda que no se debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario y que estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la cimentación y ser reemplazados con materiales seleccionados.
- El ingeniero estructurista estará a cargo de determinar las dimensiones de la cimentación, acorde a la capacidad admisible de carga del terreno de fundación compatible con las cargas transmitidas y la Norma Técnica E-060.

  
 GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 Davis Frank Veldsquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303

	<b>"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR"</b>	GI-EMS-002-03-2021
		Fecha: 17/03/2021

- Para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo resistente del R.N.E. debe considerarse:

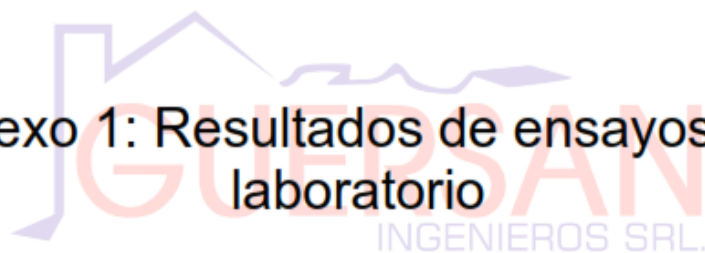
Categoría : C  
 Factor de Uso : 1.0  
 Zona : 3  
 Factor de Zona :  $Z = 0.35$   
 Factor de Suelo :  $S = 1.15$   
 Periodos :  $T_p(S) = 0.6 \text{ seg.}$   
                    $T_L(s) = 2.0 \text{ seg.}$

- Se recomienda construir un sistema adecuado de drenaje, alrededor de toda la cimentación de las edificaciones, con el objeto de impedir la infiltración de aguas pluviales en el terreno de fundición.
- El concreto a utilizar en la cimentación debe ser diseñado por un especialista en Tecnología del Concreto, empleando agregados que deben cumplir con la Norma A.S.T.M. C 33M-16. Además, el agua a ser utilizada para las mezclas de concreto debe cumplir con la Norma N.T.P. 339.088. Asimismo, utilizar agregados lavados, por cuanto, estos pueden contener sustancias deletéreas que influyen negativamente en las propiedades del concreto endurecido.
- Se recomienda, realizar muestreo de las mezclas de concreto a elaborar en la ejecución de la Obra, acorde a la Norma A.S.T.M. C 172. Asimismo, se debe utilizar un método de curado adecuado para el concreto acorde a la Norma A.S.T. M. C 31M-10 (temperatura de agua de curado:  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa 95%), con la finalidad de alcanzar el grado de hidratación y por ende la resistencia mecánica requerida en obra y los especímenes de concreto deberán ensayarse de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 39, con la finalidad de evaluar el control de calidad del concreto en concordancia con el Reglamento ACI 318S-14.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Davis Frank Velásquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 199303

	<b>"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR"</b>	GI-EMS-002-03-2021
		Fecha: 17/03/2021

## Anexo 1: Resultados de ensayos de laboratorio



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
Davis Frank Velásquez Hilario  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 195303



	"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".				GI-EMS-002-03-2021	
					Fecha:	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <b>A.S.T.M. D 2216 / A.A.S.H.T.O. T 265</b>						
<b>SOLICITANTE:</b>	BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO, DNI: 26694662					
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.					
<b>CALICATA:</b>	C-01	<b>ESTRUCTURA:</b>	ZAPATA	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	776083.79
<b>MUESTRA:</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	DE 1.50M. A 3.00M.		<b>NORTE:</b>	9209086.88

CONTENIDO DE HUMEDAD	
TEMPERATURA DE SECADO	110° C
TARA N°	D-14
Wt+ M.Húmeda (g)	4011.70
Wt+ M. Seca (g)	3888.60
W agua (g)	123.10
W tara (g)	112.60
W M.Seca (g)	3776.00
<b>W (%)</b>	<b>3.26%</b>

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Davis Frank Velásquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303

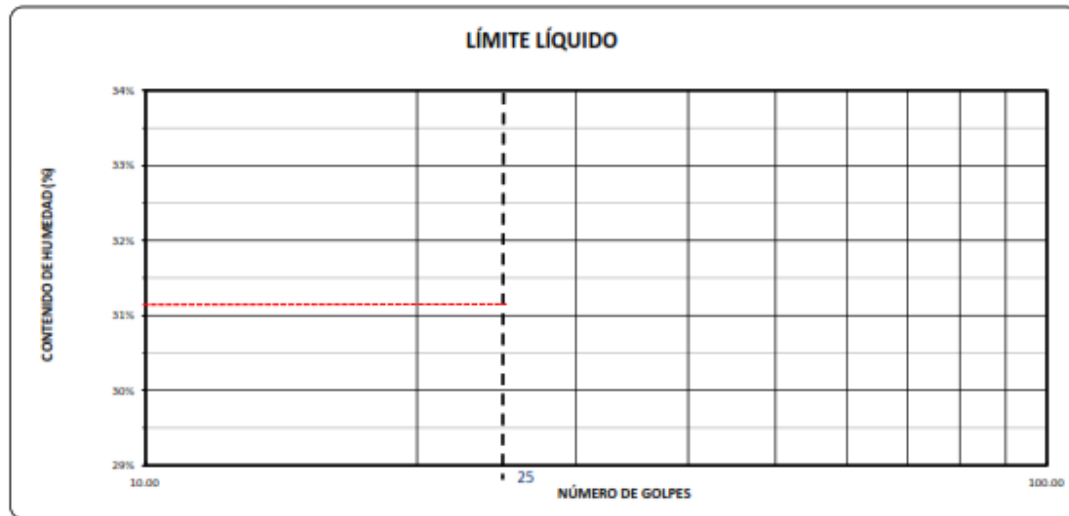
	<b>"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".</b>				<b>GI-EMS-002-03-2021</b>	
					<b>Fecha:</b> <b>17/03/2021</b>	
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b> <b>A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89</b>						
<b>SOLICITANTE:</b>	BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO, DNI: 26694862					
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.					
<b>CALICATA:</b>	C-01	<b>ESTRUCTURA:</b>	ZAPATA	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	776083.79
<b>MUESTRA:</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	DE 1.50M. A 3.00M.		<b>NORTE:</b>	820906.06

LÍMITE LÍQUIDO			
TARA Nº	1	2	3
Wt+ M.Húmeda (g)	NP		
Wt+ M. Seca (g)			
W agua (g)			
W tara (g)			
W M.Seca (g)			
W(%)			
N.GOLPES			

<b>TEMPERATURA DE SECADO</b>	
<b>PREPARACIÓN DE MUESTRA</b>	
60°C	110° C
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
60°C	110° C
<b>AGUA USADA</b>	
DESTILADA	
POTABLE	
OTRA	

LÍMITE PLÁSTICO			
TARA Nº	4	5	Promedio
Wt+ M.Húmeda (g)	NP		
Wt+ M. Seca (g)			
W agua (g)			
W tara (g)			
W M.Seca (g)			
W(%)			

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	NP
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	NP
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	NP

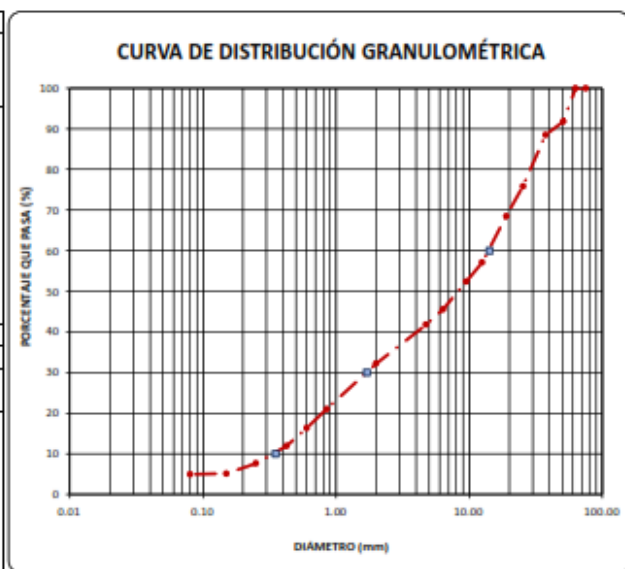


GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
**David Frank Veldsquez Hilario**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. Nº 195303

	"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".					GI-EMS-002-03-2021
						Fecha: 17/03/2021
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88						
<b>SOLICITANTE:</b>	BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO, DNI: 20094862					
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.					
<b>CALICATA:</b>	C-01	<b>ESTRUCTURA:</b>	ZAPATA	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	776083.79
<b>MUESTRA:</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	DE 1.50M. A 3.00M.		<b>NORTE:</b>	9209066.66

CONDICIONES DE LA MUESTRA TOTAL				
TEMPERATURA DE SECADO	110° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		% TOTAL
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	3500.00	GRAVA (%):	56.19	100.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	1403.30	ARENA GRUESA (%):	29.55	
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	2036.70	ARENA FINA (%):	7.00	
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	3501.14	FINOS (%):	4.93	

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	266.60	6.19	6.19	91.81
1 1/2"	38.10	116.10	3.32	11.51	88.49
1"	25.40	441.90	12.63	24.13	75.57
3/4"	19.05	257.20	7.35	31.48	68.52
1/2"	12.70	389.60	11.42	42.90	57.10
3/8"	9.52	164.70	4.71	47.60	52.40
1/4"	6.35	239.10	6.83	54.43	45.57
N°4	4.75	131.50	3.76	58.19	41.81
TOTAL	W G =	2036.70			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.0636
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					500.00
N 10	2.00	114.90	9.01	67.00	32.20
N 20	0.85	133.60	11.19	78.99	21.01
N 30	0.60	96.40	4.72	83.70	16.30
N 40	0.43	52.20	4.36	88.07	11.93
N 60	0.25	51.70	4.32	92.39	7.61
N 100	0.15	30.10	2.52	94.91	5.09
N 200	0.08	1.90	0.16	95.07	4.93
Cazoleta	—	—	—	—	—
TOTAL					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :	NP				
LÍMITE PLÁSTICO :	NP				
ÍNDICE PLÁSTICO :	NP				
CLASIFICACIÓN	GP				
S.U.C.S. :	GP				



D60 =	14.20	D30 =	1.70	D10 =	0.35
Cu =	40.57	Cc =	0.56		

**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UNA GRAVA POBREMENTE GRADADA, COLOR MARRON, MEZCLADO CON 36.66% DE ARENA GRUESA A FINA, 4.93% DE PARTÍCULAS MENORES QUE 0.075 mm Y CON PRESENCIA DE BOLONERÍA DE TM 9'.

  
 GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 Davis Frank Velásquez Hila  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303

	"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".				GI-EMS-002-03-2021	
					Fecha: 17/03/2021	
<b>DENSIDAD IN SITU (MÉTODO DEL CONO DE ARENA)</b>						
A.S.T.M. D 1556						
<b>SOLICITANTE:</b>	BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO, DNI: 26694662					
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.					
<b>CALICATA:</b>	C-01	<b>ESTRUCTURA:</b>	ZAPATA	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	776083.79
<b>MUESTRA:</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	DE 1.50M. A 3.00M.		<b>NORTE:</b>	9209066.66

DENSIDAD IN SITU	
N° de ensayo	1
Profundidad del hueco (m)	0.12
<b>P. Húmedo (g)</b>	<b>3015.00</b>
<b>P. Frasco inicial (g)</b>	<b>6751.00</b>
<b>P. Frasco final (g)</b>	<b>2958.00</b>
P. Arena en el cono (g)	1520.00
P. Arena usada (g)	3793.00
P. Arena en el hueco (g)	2273.00
Densidad de la arena (g/cm <sup>3</sup> )	1.42
V. Hueco (cm <sup>3</sup> )	1600.70
Peso específico húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.884</b>

  
 GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
 Davis Frank Velásquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303

	"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".				GI-EMS-002-03-2021
					Fecha: 17/03/2021
<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS</b> <b>A.S.T.M. D 3080</b>					
SOLICITANTE:	BARTOLA ORDOÑEZ TOCOTO, DNI: 20694062				
UBICACIÓN:	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.				
CALICATA:	C-01	ESTRUCTURA:	ZAPATA	COORDENADAS	ESTE: 776083.79
MUESTRA:	M - 1	PROFUNDIDAD:	DE 1.50M. A 3.00M.	NORTE:	9209006.88

CLASIFICACIÓN S.U.C.S. :	GP	ESTADO :	INALTERADO
--------------------------	----	----------	------------

DATOS DEL MOLDE					
MOLDE	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (g)
CIRCULAR	5.96	1.82	27.899	50.78	74.49

DATOS DEL ENSAYO							
ESFUERZO NORMAL	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.50 Kg/cm <sup>2</sup>		1.00 Kg/cm <sup>2</sup>		2.00 Kg/cm <sup>2</sup>	
VELOCIDAD ENSAYO	(mm/min)	0.150		0.100		0.050	
PESO DEL ANILLO MÁS MUESTRA	(g)	170.300		170.500		170.600	
PESO MUESTRA	(g)	95.810		96.010		96.110	
DEFORMACIÓN FINAL	(mm)	-0.053		-0.104		-0.157	
ETAPA		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
TARA		1	2	3	4	5	6
PESO DE LA TARA	(g)	10.99	10.92	11.03	11.13	11.02	10.94
PESO TARA + MUESTRA HUMEDA	(g)	106.80	107.89	107.04	108.11	107.13	107.21
PESO TARA + MUESTRA SECA	(g)	103.67	103.72	103.76	103.84	103.93	103.97
ALTURA	(cm)	1.82	1.81	1.82	1.81	1.82	1.80
DIÁMETRO	(cm)	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	3.38%	4.49%	3.54%	4.61%	3.44%	3.48%
DENSIDAD HUMEDA	(g/cm <sup>3</sup> )	1.887	1.892	1.891	1.902	1.893	1.909

ETAPA DE APLICACIÓN DE CARGA									
DESPLAZA_MIENTO HORIZONTAL (mm)	0.50 Kg/cm <sup>2</sup>			1.00 Kg/cm <sup>2</sup>			2.00 Kg/cm <sup>2</sup>		
	CARGA		ESFUERZO DE CORTE	CARGA		ESFUERZO DE CORTE	CARGA		ESFUERZO DE CORTE
	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )	N	kg	Kg (cm <sup>2</sup> )
0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000
0.100	6.30	0.642	0.023	18.66	1.903	0.068	33.92	3.459	0.124
0.200	10.81	1.102	0.040	36.30	3.702	0.133	64.79	6.606	0.237
0.300	18.61	1.898	0.068	54.56	5.563	0.199	108.49	11.063	0.397
0.400	24.06	2.454	0.088	64.40	6.567	0.235	135.08	13.774	0.494
0.500	28.48	2.904	0.104	81.01	8.261	0.296	159.83	16.298	0.584
1.000	37.51	3.825	0.137	95.58	9.746	0.349	193.44	19.726	0.707
1.500	44.56	4.543	0.163	111.57	11.377	0.408	230.73	23.528	0.843
2.000	54.61	5.569	0.200	129.62	13.218	0.474	270.46	27.579	0.989
2.500	62.89	6.413	0.230	150.13	15.309	0.549	308.96	31.505	1.129
3.000	72.47	7.390	0.265	166.34	16.962	0.608	346.55	35.338	1.267
3.500	84.22	8.588	0.308	183.56	18.718	0.671	377.11	38.455	1.378
4.000	95.50	9.739	0.349	202.64	20.663	0.741	407.67	41.571	1.490
4.500	108.01	11.014	0.395	216.38	22.065	0.791	432.12	44.064	1.579
5.000	108.01	11.014	0.395	216.38	22.065	0.791	432.12	44.064	1.579
5.500	108.01	11.014	0.395	216.38	22.065	0.791	432.12	44.064	1.579
6.000	108.01	11.014	0.395	216.38	22.065	0.791	432.12	44.064	1.579

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Davis Frank Velásquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303



"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".

GI-EMS-  
002-03-2021

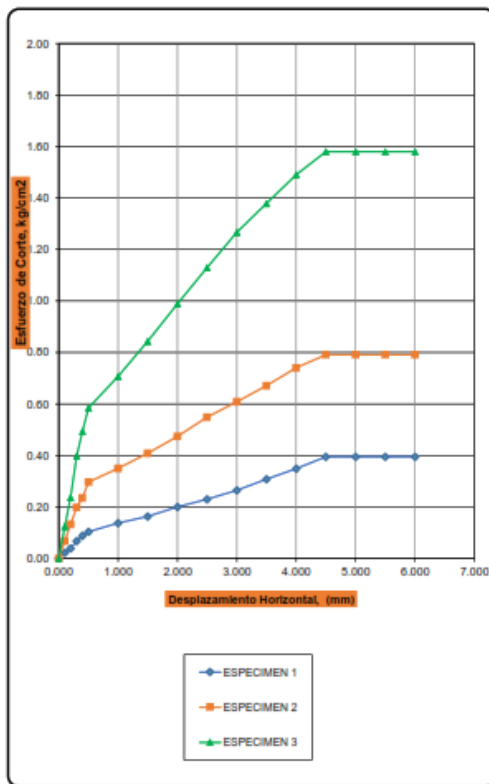
Fecha:  
17/03/2021

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ESTÁNDAR EN SUELOS  
A.S.T.M. D 3080**

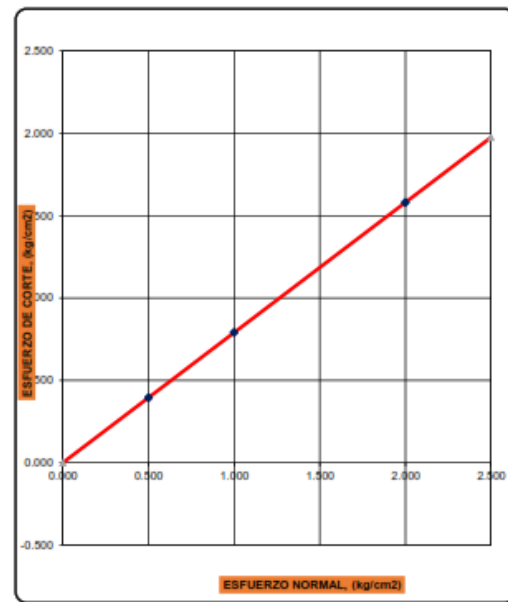
<b>SOLICITANTE:</b>	BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO, DNI: 20694062					
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.					
<b>CALICATA:</b>	C-01	<b>ESTRUCTURA:</b>	ZAPATA	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	776003.79
<b>MUESTRA:</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	DE 1.50M. A 3.00M.	<b>NORTE:</b>	9209056.55	

<b>CLASIFICACIÓN S.U.C.S. :</b>	<b>GP</b>	<b>ESTADO :</b>	<b>INALTERADO</b>
---------------------------------	-----------	-----------------	-------------------

**APLICACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE**



**ENVOLVENTES DE RESISTENCIA**



ESPECIMEN	ESFUERZO NORMAL (kg/cm²)	ESFUERZO DE CORTE (kg/cm²)
1	0.500	0.395
2	1.000	0.791
3	2.000	1.579

**PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE**

COHESIÓN = 0.000 kg/cm<sup>2</sup>  
 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA = 38.30 °

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
*Davis Frank Veldsquez Hilario*  
 DAVIS FRANK VELDSQUEZ HILARIO  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. Nº 195303

	"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".				GI-EMS-002-03-2021	
					Fecha: 17/03/2021	
<b>CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE</b>						
<b>SOLICITANTE:</b>	BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO, DNI: 26094862					
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.					
<b>CALICATA:</b>	C-01	<b>ESTRUCTURA:</b>	ZAPATA	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	776083.79
<b>MUESTRA:</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	DE 1.50M. A 3.00M.		<b>NORTE:</b>	9209066.88

**DATOS**

$$q_{ad} = \frac{(c N'c + q N'q + \frac{1}{2} \gamma' B N'\gamma)}{F.S}$$

**q ad = 2.81 Kg/cm<sup>2</sup>**

**DONDE:**

TIPO DE SUELO			GP
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA	(°)	f =	38.30
COHESIÓN	(kg/cm2)	c =	0.000
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO	(kg/cm3)	g =	0.00188
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	(cm)	Df =	200.00
ANCHO DE CIMENTO	(cm)	B =	150.00
FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:		N'c =	31.061
		N'q =	17.364
		N'g =	13.339
FACTOR DE SEGURIDAD		F.S. =	3.000

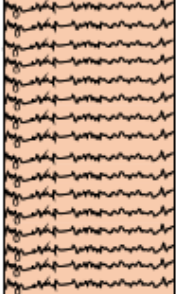

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 David Frank Veldsquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 195303

## Anexo 2: Perfiles Estratigráficos





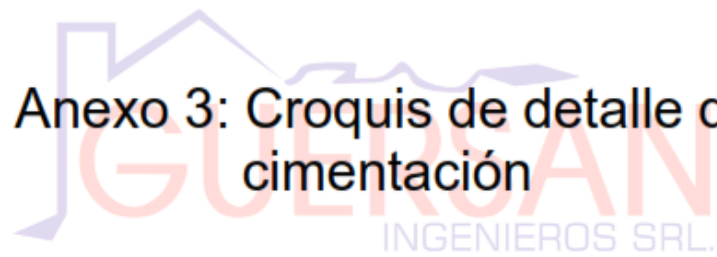
	<b>"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".</b>					<b>GI-EMS-002-03-2021</b>
						<b>Fecha:</b> 17/03/2021
<b>PERFIL ESTRATIGRÁFICO EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b>						
<b>SOLICITANTE:</b>	BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO, DNI: 26694662					
<b>UBICACIÓN:</b>	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.					
<b>CALICATA:</b>	C-01	<b>ESTRUCTURA:</b>	ZAPATA	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE:</b>	776053.79
<b>MUESTRA:</b>	M - 1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	DE 1.50M. A 3.00M.		<b>NORTE:</b>	9209066.88

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	Clasificación		Contenido de humedad	Límites de Consistencia	
			Símbolo	Símbolo Gráfico		LL (%)	IP (%)
0.10 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 1.50	SIM	RELLENO Y MATERIA ORGÁNICA CON BAJO CONTENIDO DE HUMEDAD Y ALTO GRADO DE COMPACTIDAD.	-		-	-	-
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	M - 1	GRAVA POBREMENTE GRADADA, COLOR MARRON , MEZCLADO CON 36.88% DE ARENA GRUESA A FINA, 4.93% DE PARTÍCULAS MENORES QUE 0.075 mm Y CON PRESENCIA DE BOLONERÍA DE TM 9".	GP		3.26%	NP	NP
3.10 3.20 3.30 3.40 3.50 3.60 3.70 3.80 3.90 4.00							

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
 Davis Frank Veldsquez Hilario  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 196303

	<b>"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR"</b>	GI-EMS-002-03-2021
		Fecha: 17/03/2021

## Anexo 3: Croquis de detalle de cimentación



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
  
Davis Frank Veldsquez Hiliario  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 195303

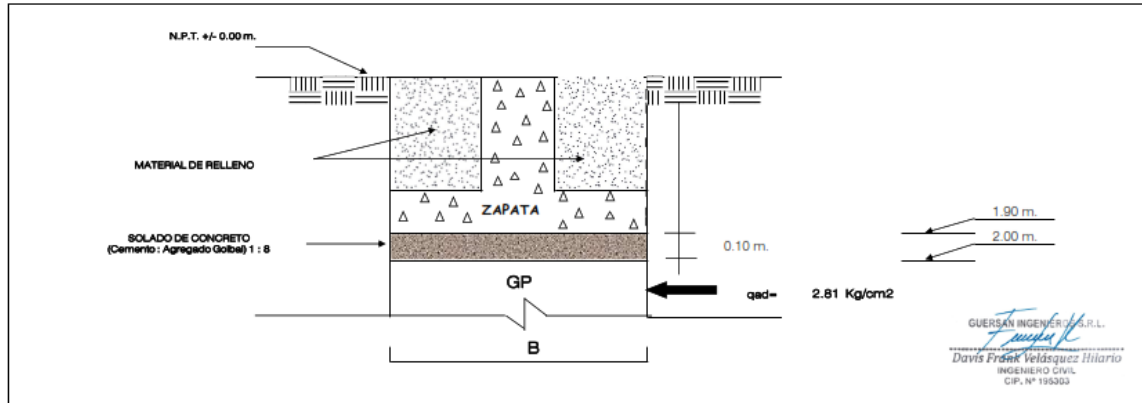


"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR".

GI-EMS-  
002-03-2021  
Fecha:  
17/03/2021

CROQUIS TÍPICO DE DETALLE DE CIMENTACIÓN

SOLICITANTE:	BARTOLA ORDOÑEZ TOCTO, DNI: 26694862				
UBICACIÓN:	JR. LAS GOLONDRINAS, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.				
CALICATA:	C-01	ESTRUCTURA:	ZAPATA	COORDENADAS	ESTE: 776083.79
MUESTRA:	-	PROFUNDIDAD:	-	NORTE:	9209086.88





"CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR"

GI-EMS-  
002-03-2021

Fecha:  
17/03/2021

## Anexo 4: Mapa Sísmico del Perú



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.  
*Franco*  
-----  
Davis Franco Velásquez Hilario  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 195303



## Anexo 5: Panel fotográfico





Fotografía N° 01. Vista General de la calicata C – 1.



Fotografía N° 02. Vista General de la calicata C – 1.





Fotografia N° 03. Vista General de la calicata C – 1.



Fotografia N° 04. Vista General de la calicata C – 1.





Fotografía N° 05. Vista General de la calicata C – 1.



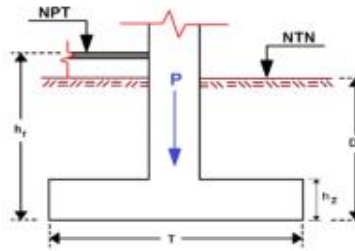
Fotografía N° 06. Perfil Estratigráfico de la calicata C – 1.

# Anexo 3 Hojas de Excel, predimensionamiento

## ZAPATA AISLADA

### Zapata 1-B

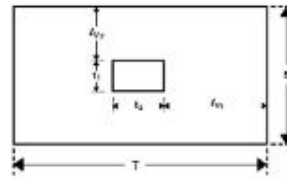
- Pd = 18590.00 Kg
- Pl = 3220.00 Kg
- hf = 2.00 m
- S/C = 200.00 Kg/m<sup>2</sup>
- t1 = 0.30 m
- t2 = 0.50 m
- hc = 0.10 m
- Ym = 2100.00 Kg/m<sup>3</sup>
- σt = 2.81 Kg/cm<sup>2</sup>
- fc = 210.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- fc = 210.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- fy = 4200.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- r = 7.50 cm



### 1° Esfuerzo Neto del Terreno

$$\sigma_n = \sigma_t - \gamma_m \cdot h_f - h_z \cdot \gamma_c - S/C$$

$$\sigma_n = 2.346 \text{ Kg/cm}^2$$



### 2° Área de la zapata

$$A_{zap} = \frac{Pd + Pl}{\sigma_n}$$

$$A_{zap} = 9296.68 \text{ cm}^2 \rightarrow 18125.00 \text{ cm}^2 \quad \Delta \text{ Cumple}$$

$$T = S \rightarrow \frac{0.96 \times}{0.96} \text{ m}^2$$

Debe Cumplir que Lv1 = Lv2:



$$Lv1 = Lv2 = 0.48 \text{ m}$$

$$= 0.48 \text{ m} \quad \Delta \text{ Cumple, usar}$$

### 3° Reacción neta del terreno

$$Pu = 1.4 \cdot Pd + 1.7 \cdot Pl \rightarrow \text{NTE E.060}$$

$$Pu = 31500.00 \text{ Kg}$$

$$\sigma_u = \frac{Pu}{A_{zap}}$$

$$A_{zap} = 18125.00 \text{ cm}^2$$

$$W_u = 1.74 \text{ Kg/cm}^2$$

### 4° Dimensionamiento de la altura hz de la Zapata

• Por Punzonamiento

$$Vu \leq \phi \cdot Vc \quad \phi = 0.85$$

$$Vu = Pu - Wu \cdot m \cdot n$$

$$Vu = 31500 - 1.74(30 + d)(50 + d)$$

$$\phi \cdot Vc = 1.06 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$b_o = 2 \cdot (t1 + d) + 2 \cdot (t2 + d)$$

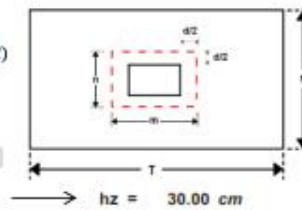
$$d = 10.53 \text{ cm}$$

$$r = 7.5 \text{ cm}$$

Diametro de Varilla: 1/2"

$$hz = 19.00 \text{ cm}$$

$$d_{prom} = 21.23 \text{ cm}$$



• Verificación por Cortante

$$\phi \cdot Vc = 0.53 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$\phi = 0.85$$

$$Vdu = 6620.04$$

$$\phi \cdot Vc = 20096.59$$

Vdu < φ Vc .....(Conforme)

### 5° Diseño por flexión

• Dirección Longitudinal

Usar 7  $\phi$  1/2" @ 21 cm

$$M_u = 2842.875 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$R_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

$$R_u = 4.35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{100 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot f_y - \sqrt{(100 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot f_y)^2 - 23600 \cdot \phi \cdot R_u \cdot f_c' \cdot f_y^2}}{118 \cdot \phi \cdot f_y^2}$$

$$\rho = 0.001167$$

$$p_{\min} = 0.0018$$

$$A_s = 7.830 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$\# \text{ var} = 6.17 \rightarrow 7 \text{ varillas}$$

$$\text{Esp. S} = 21.50 \text{ cm} \rightarrow 21 \text{ cm}$$

• Dirección Transversal

Usar 5  $\phi$  1/2" @ 27 cm

$$A_{st} = 6.75 \text{ cm}^2$$

$$\# \text{ var} = 5.31 \rightarrow 5 \text{ varillas}$$

$$\text{Esp. S} = 27.20 \text{ cm} \rightarrow 27 \text{ cm}$$

### 6° Longitud de Desarrollo del Refuerzo de la Zapata

$$c_b = \frac{S - 2 \cdot (r + d_b)}{2 \cdot (n - 1)} \rightarrow \frac{145 - 2 \cdot (7.5 + 1.27)}{12} = 10.60 \text{ cm}$$

$$c_b = r + \frac{d_b}{2} \rightarrow 7.5 + \frac{1.27}{2} = 8.10 \text{ cm}$$

$$c_b = r + 1.5 \cdot d_b \rightarrow 7.5 + 1.5 \cdot 1.27 = 9.40 \text{ cm}$$

$$l_d = \left( \frac{f_y}{3.51 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\left( \frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) \cdot d_b$$

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \leq 2.5$$

$$k_{tr} = \frac{40 \cdot A_{tr}}{s_n}$$

$$C_b = 8.10 \text{ cm}$$

$$K_{tr} = 0.00 \text{ No hay Estribos}$$

$$d_b = 1.27 \text{ cm}$$

$$\psi_t = 1.00$$

$$\psi_e = 1.00$$

$$\psi_s = 0.80$$

$$\lambda = 1.00 \text{ C}^2 \text{ de Peso Normal}$$

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \leq 6.38 \rightarrow 2.50$$

$$\psi_t \cdot \psi_e = 1 < 1.7$$

$$l_d = 34 \text{ cm}$$

$$l_{d\min} = 30 \text{ cm}$$

Longitud de Desarrollo Disponible :

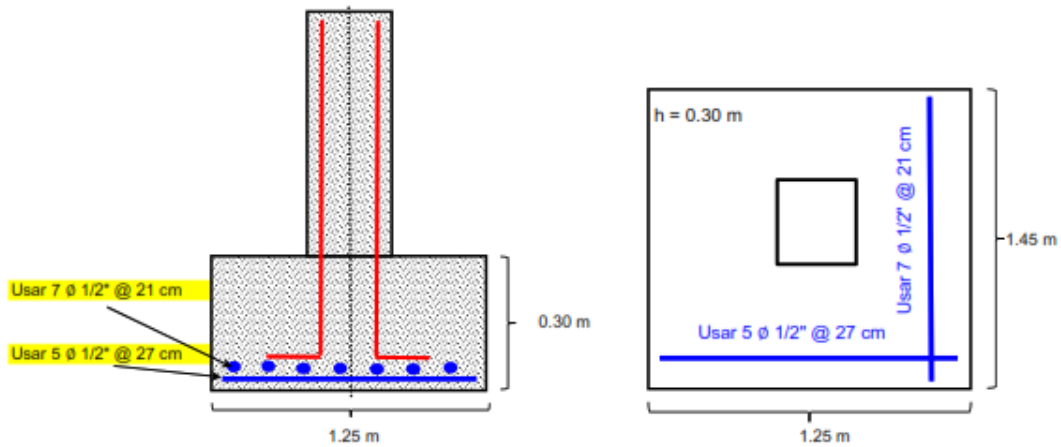
$$L_{v1} = r \quad L_{v1} = \frac{T - t_1}{2} \quad \Lambda \quad L_{v2} = \frac{S - t_2}{2}$$

$$L_{v1} = L_{v2} = 0.48 \text{ m}$$

Longitud de Desarrollo disponible en ambos sentidos

$$L_d = 0.40 \text{ m}$$

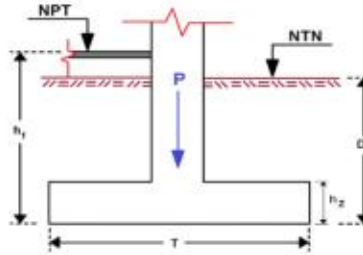
No se Necesita doblar el Refuerzo



ZAPATA AISLADA

Zapata 2-B

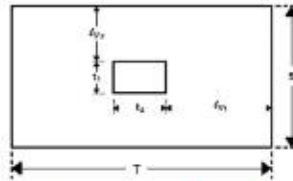
- Pd = 28950.00 Kg
- Pl = 6560.00 Kg
- hf = 2.00 m
- S/C = 200.00 Kg/m<sup>2</sup>
- t1 = 0.30 m
- t2 = 0.50 m
- hc = 0.10 m
- Ym = 2100.00 Kg/m<sup>3</sup>
- σt = 2.81 Kg/cm<sup>2</sup>
- fc = 210.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- fc = 210.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- fy = 4200.00 Kg/cm<sup>2</sup>
- r = 7.50 cm



1° Esfuerzo Neto del Terreno

$$\sigma_n = \sigma_t - \gamma_m \cdot h_f - h_z \cdot \gamma_c - S/C$$

$$\sigma_n = 2.346 \text{ Kg/cm}^2$$



2° Área de la zapata

$$A_{zap} = \frac{Pd + Pl}{\sigma_n}$$

$$A_{zap} = 15136.40 \text{ cm}^2 \rightarrow 18125.00 \text{ cm}^2 \text{ } \Delta \text{ Cumple}$$

$$T = S \rightarrow \frac{1.23 \times 1.23}{1.23} \text{ m}^2$$

Debe Cumplir que Lv1 = Lv2:



$$Lv1 = Lv2 = 0.48 \text{ m}$$

$$= 0.48 \text{ m} \text{ } \Delta \text{ Cumple, usar}$$

3° Reacción neta del terreno

$$R_u = 1.4 \cdot P_D + 1.7 \cdot P_L \rightarrow NTE E. 060$$

$$R_u = 51682.00 \text{ Kg}$$

$$\sigma_u = \frac{R_u}{A_{zap}}$$

$$A_{zap} = 18125.00 \text{ cm}^2$$

$$W_u = 2.85 \text{ Kg/cm}^2$$

4° Dimensionamiento de la altura hz de la Zapata

• Por Punzonamiento

$$V_u \leq \phi \cdot V_c \quad \phi = 0.85$$

$$V_u = P_u - W_u \cdot m \cdot n$$

$$V_u = 51682 - 2.85(30 + d)(50 + d)$$

$$\phi \cdot V_c = 1.06 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$b_o = 2 \cdot (t1 + d) + 2 \cdot (t2 + d)$$

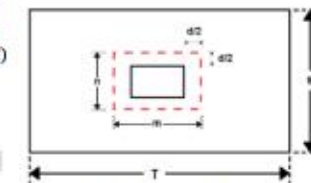
$$d = 15.46 \text{ cm}$$

$$r = 7.5 \text{ cm}$$

Diametro de Varilla: 1/2"

$$hz = 24.00 \text{ cm}$$

$$d_{prom} = 21.23 \text{ cm}$$



$$hz = 30.00 \text{ cm}$$

• Verificación por Cortante

$$\phi \cdot V_c = 0.53 \cdot \phi \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$\phi = 0.85$$

$$V_{du} = 10861.49$$

$$\phi \cdot V_c = 20096.59$$

Vdu < φ Vc .....(Conforme)

5° Diseño por flexión

• Dirección Longitudinal

Usar 7  $\phi$  1/2" @ 21 cm

$M_u = 4664.301 \text{ Kg} \cdot \text{m}$

$$R_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

$R_u = 7.14 \text{ Kg/cm}^2$

$$\rho = \frac{100 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot f_y - \sqrt{(100 \cdot \phi \cdot f'_c \cdot f_y)^2 - 23600 \cdot \phi \cdot R_u \cdot f'_c \cdot f_y^2}}{118 \cdot \phi \cdot f_y^2}$$

$\rho = 0.001932$

$p_{min} = 0.0018$

$A_s = 8.405 \text{ cm}^2$

$A_v = 1.27 \text{ cm}^2$

# var = 6.62

Esp. S = 21.50 cm

→ 7 varillas  
→ 21 cm

• Dirección Transversal

Usar 6  $\phi$  1/2" @ 21 cm

$A_{st} = 7.25 \text{ cm}^2$

# var = 5.71

Esp. S = 21.70 cm

→ 6 varillas  
→ 21 cm

6° Longitud de Desarrollo del Refuerzo de la Zapata

$$c_b = \frac{S - 2 \cdot (r + d_b)}{2 \cdot (n - 1)} \rightarrow \frac{145 - 2 \cdot (7.5 + 1.27)}{12} = 10.60 \text{ cm}$$

$$c_b = r + \frac{d_b}{2} \rightarrow 7.5 + \frac{1.27}{2} = 8.10 \text{ cm}$$

$$c_b = r + 1.5 \cdot d_b \rightarrow 7.5 + 1.5 \cdot 1.27 = 9.40 \text{ cm}$$

$$l_d = \left( \frac{f_y}{3.51 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \cdot \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\left( \frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) \cdot d_b$$

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \leq 2.5$$

$$k_{tr} = \frac{40 \cdot A_{tr}}{s_n}$$

$C_b = 8.10 \text{ cm}$

$K_{tr} = 0.00$  No hay Estribos

$d_b = 1.27 \text{ cm}$

$\psi_t = 1.00$

$\psi_e = 1.00$

$\psi_s = 0.80$

$\lambda = 1.00$

$C^\circ$  de Peso Normal

$\psi_t \cdot \psi_e = 1 < 1.7$

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \leq 6.38 \rightarrow 2.50$$

$l_d = 34 \text{ cm}$   
 $l_{dmin} = 30 \text{ cm}$

Longitud de Desarrollo Disponible :

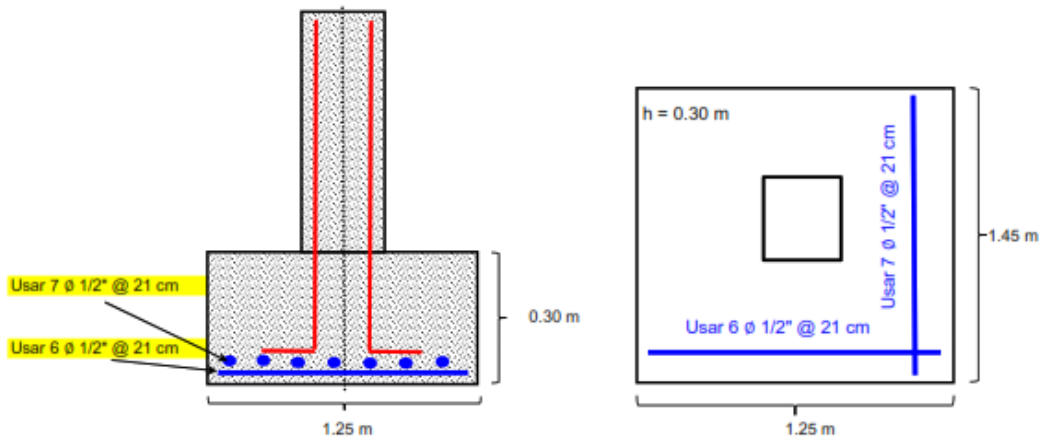
$$L_v - r \quad L_{v1} = \frac{T - t_1}{2} \quad \Lambda \quad L_{v2} = \frac{S - t_2}{2}$$

$L_{v1} = L_{v2} = 0.48 \text{ m}$

Longitud de Desarrollo disponible en ambos sentidos

$L_d = 0.40 \text{ m}$

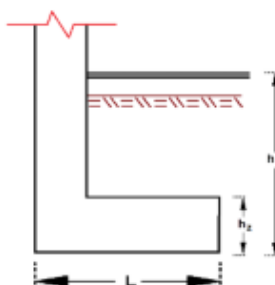
No se Necesita doblar el Refuerzo



## ZAPATA AISLADA EXCENTRICA

### Zapata 2-D

$P_d =$	16550.00 Kg
$P_l =$	3500.00 Kg
$h_f =$	2.00 m
S/C =	200.00 Kg/m <sup>2</sup>
$t_1 =$	0.30 m
$t_2 =$	0.30 m
$h_c =$	0.10 m
$\gamma_m =$	2100.00 Kg/m <sup>3</sup>
$\sigma_t =$	2.81 Kg/cm <sup>2</sup>
$f_c =$	210.00 Kg/cm <sup>2</sup>
$f_c =$	210.00 Kg/cm <sup>2</sup>
$f_y =$	4200.00 Kg/cm <sup>2</sup>
$r =$	7.50 cm
$k_s =$	1.31 Kg/m <sup>3</sup>



#### 1° Esfuerzo Neto del Terreno

$$\sigma_n = \sigma_c - \gamma_m \cdot h_f - h_z \cdot \gamma_c - S/C$$

$$\sigma_n = 2.346 \text{ Kg/cm}^2$$

#### 2° Área de la zapata

$$A_{zap} = \frac{P_d + P_l}{\sigma_n}$$

$$A_{zap} = 8546.46 \text{ cm}^2$$

$$A_{zap} = (2L)(L) \rightarrow L = 65.37 \text{ cm}$$

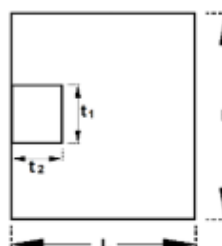
$$\text{Usar } L = 0.70 \text{ m} \rightarrow B = \frac{A_{zap}}{L} \rightarrow B = 1.22 \text{ m}$$

$$L = 0.70 \text{ m}$$

$$B = 1.40 \text{ m}$$

$$A_{zap} = 9800.00 \text{ cm}^2$$

∴ Cumple



#### 3° Reacción neta del terreno

$$P_u = 1.4 \cdot P_D + 1.7 \cdot P_L \rightarrow \text{NTE E.060}$$

$$P_u = 29120 \text{ Kg}$$

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_{zap}}$$

$$A_{zap} = 9800.00 \text{ cm}^2$$

$$W_u = 2.97 \text{ Kg/cm}^2$$

#### 4° Dimensionamiento de la altura hz de la Zapata

$$h_z > 2.3 \cdot L \cdot \sqrt{\frac{k_s \cdot L}{E}}$$

$$\rightarrow h_z > 0.12 \text{ m}$$

$$\text{Usar } h_z = 0.30 \text{ m}$$

#### • Verificación por Cortante

$$\phi \cdot V_c = 0.53 \cdot \phi \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$\phi = 0.85$$

$$V_d = 8465.60$$

$$\phi \cdot V_c = 40144.84$$

$V_d < \phi V_c$  .....(Conforme)

#### 5° Diseño por flexión

##### • Dirección Longitudinal

Usar 6  $\phi$  1/2" @ 24 cm

$$d = h - (1.5 \cdot \phi + r)$$

$$\phi = 1.90$$

$$d = 30 - (1.5 \cdot \phi + 7.5)$$

$$d = 19.65 \text{ cm}$$

Diametro de Varilla: 1/2"

$$d_{prom} = 21.23 \text{ cm}$$

$$P_u = 1.4 \cdot P_D + 1.7 \cdot P_L \rightarrow \text{NTE E.060}$$

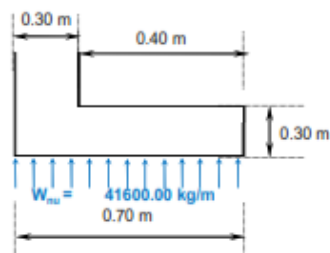
$$P_u = 29120.00 \text{ Kg}$$

$$W_{nu} = \frac{P_u}{L}$$

$$L = 0.70 \text{ m}$$

$$W_{nu} = 41600.00 \text{ Kg/m}$$

$$M_{u,max} = 3328.00 \text{ Kg-m}$$





$$R_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

$$R_u = 5.27 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{100 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot f_y - \sqrt{(100 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot f_y)^2 - 23600 \cdot \phi \cdot R_u \cdot f_c' \cdot f_y^2}}{118 \cdot \phi \cdot f_y^2}$$

$\rho = 0.0014$   
 $\rho_{min} = 0.0018$   
 $A_s = 7.56 \text{ cm}^2$   
 $A_v = 1.27 \text{ cm}^2$   
 $\# \text{ var} = 5.95 \rightarrow 6 \text{ varillas}$   
 $\text{Esp. S} = 24.70 \text{ cm} \rightarrow 24 \text{ cm}$

• Dirección Transversal

Usar 3  $\phi$  1/2" @ 26 cm

$$d = h - (r + \phi/2)$$

$$\phi = 1.90$$

$$d = 30 - (7.5 + \phi/2)$$

$$d = 29.05 \text{ cm}$$

Diametro de Varilla: 1/2"

$$d_{prom} = 28.73 \text{ cm}$$

$$P_u = 1.4 \cdot P_D + 1.7 \cdot P_L \rightarrow NTE E.060$$

$$P_u = 29120.00 \text{ Kg}$$

$$W_{mu} = \frac{P_u}{B}$$

$$B = 1.40 \text{ m}$$

$$W_{mu} = 20800.00 \text{ Kg/m}$$

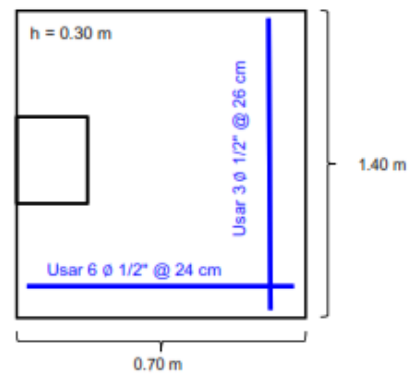
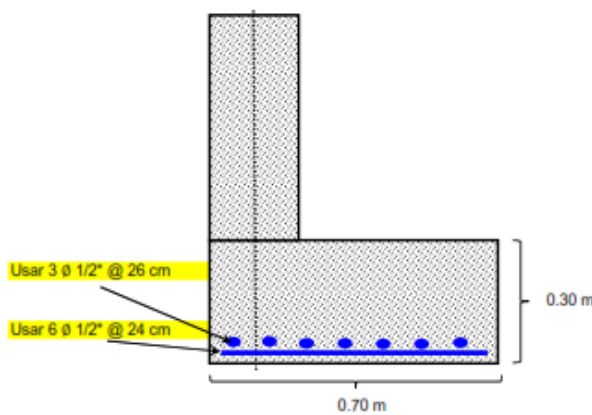
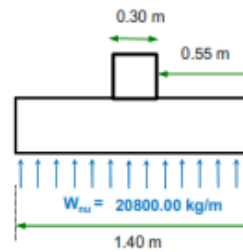
$$M_{u_{max}} = 3146.00 \text{ Kg-m}$$

$$R_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

$$R_u = 10.55 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{100 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot f_y - \sqrt{(100 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot f_y)^2 - 23600 \cdot \phi \cdot R_u \cdot f_c' \cdot f_y^2}}{118 \cdot \phi \cdot f_y^2}$$

$\rho = 0.0029$   
 $\rho_{min} = 0.0018$   
 $A_s = 3.78 \text{ cm}^2$   
 $A_v = 1.27 \text{ cm}^2$   
 $\# \text{ var} = 2.98 \rightarrow 3 \text{ varillas}$   
 $\text{Esp. S} = 26.90 \text{ cm} \rightarrow 26 \text{ cm}$



## Anexo 4 Modelamiento en Etabs

Figura 52: Inicialización del software Etabs



Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

Figura 53: Definición de las unidades de trabajo

Display Units

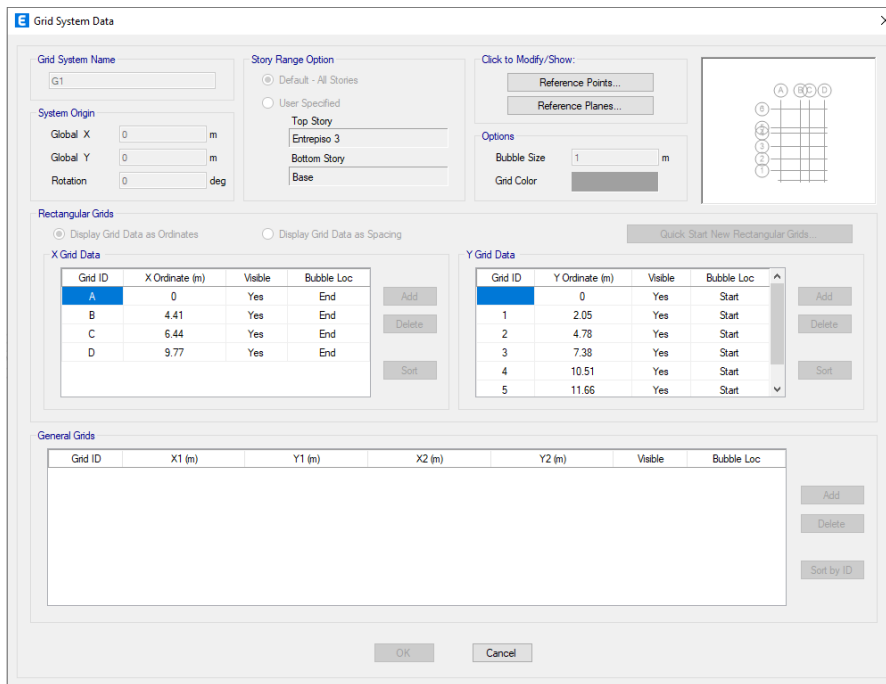
Item	Length Unit	Force Unit	Temperature Unit	Units Label	Decimal Places	Minimum Significant Figures	Zero Tolerance
Frequency				cyc/sec	3	1	5E-06
Acceleration-Trans	m			m/sec <sup>2</sup>	4	1	5E-07
Acceleration-Rot				rad/sec <sup>2</sup>	3	1	5E-06
Velocity-Trans	m			m/sec	3	1	5E-06
Velocity-Rot				rad/sec	3	1	5E-06
Other Time (Seconds)				sec	4	2	5E-07
<b>Mass and Weight</b>							
Mass	m	tonf		tonf-s <sup>2</sup> /m	5	1	5E-08
Mass/Length	m	tonf		tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	3	1	5E-06
Mass/Area	m	tonf		tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	4	1	5E-07
Mass/Volume	m	tonf		tonf-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>	6	1	5E-09
Weight		tonf		tonf	5	1	5E-08
Weight/Length	m	tonf		tonf/m	3	1	5E-06
Weight/Area	m	tonf		tonf/m <sup>2</sup>	4	1	5E-07
Weight/Volume	m	tonf		tonf/m <sup>3</sup>	4	1	5E-07
Weight*Length <sup>2</sup>	m	tonf		tonf-m <sup>2</sup>	4	1	5E-07
Rotational Inertia	m	tonf		tonf-m <sup>2</sup>	4	1	5E-07
Length <sup>5</sup>	m			m <sup>5</sup>	6	1	5E-09
<b>Modal Factors</b>							
Modal Participation - Trans	m	tonf		tonf-m	6	1	5E-09
Modal Participation - Rot	m	tonf		tonf-m	6	1	5E-09
Modal Stiffness	m	tonf		tonf-m	5	1	5E-08
Participation Mass Ratios					4	1	5E-07
Modal Mass	m	tonf		tonf-m <sup>2</sup>	4	1	5E-07
<b>Damping Items</b>							
Eff Damping - Trans	m	tonf		tonf-s/m	3	1	5E-06
Eff Damping - Rot	m	tonf		tonf-m-s/rad	4	1	5E-07

Expand Form      OK      Cancel

Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

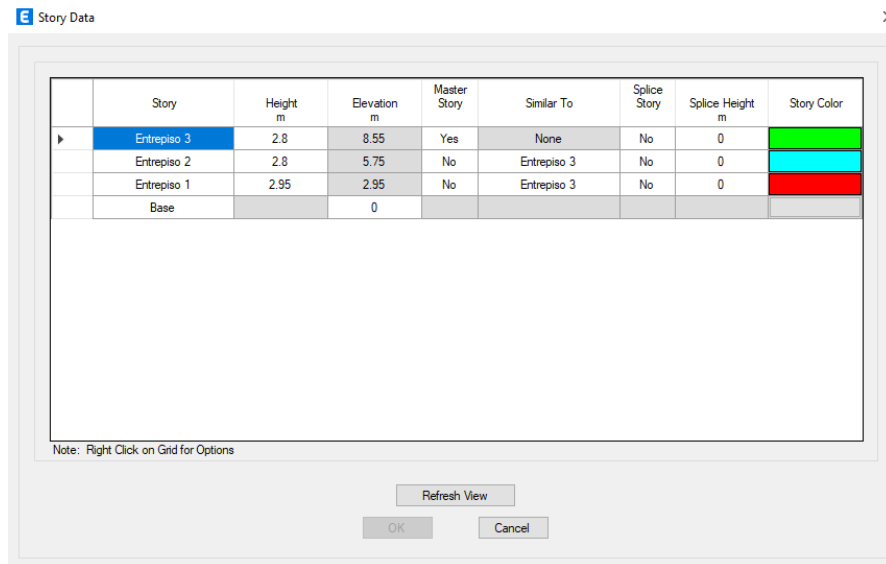


**Figura 54:** Creación de grilla en Etabs



Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 55:** Definición de números de pisos y de altura



Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 56:** Definición de las características del concreto

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: C-210 kg/cm2  
Material Type: Concrete  
Directional Symmetry Type: Isotropic  
Material Display Color: [Color Selection]  
Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4028 tonf/m³  
Mass per Unit Volume: 0.245014 tonf-s²/m⁴

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2173706.51 tonf/m²  
Poisson's Ratio, U: 0.15  
Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C  
Shear Modulus, G: 945089.79 tonf/m²

**Design Property Data**

[Modify/Show Material Property Design Data...]

**Advanced Material Property Data**

[Nonlinear Material Data...] [Material Damping Properties...]  
[Time Dependent Properties...]

**Modulus of Rupture for Cracked Deflections**

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)  
 User Specified [ ]

[OK] [Cancel]

**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 57:** Definición de propiedades del Acero

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: Acero de refuerzo  
Material Type: Rebar  
Directional Symmetry Type: Uniaxial  
Material Display Color: [Color Selection]  
Material Notes: [Modify/Show Notes...]

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.849 tonf/m³  
Mass per Unit Volume: 0.80038 tonf-s²/m⁴

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²  
Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

**Design Property Data**

[Modify/Show Material Property Design Data...]

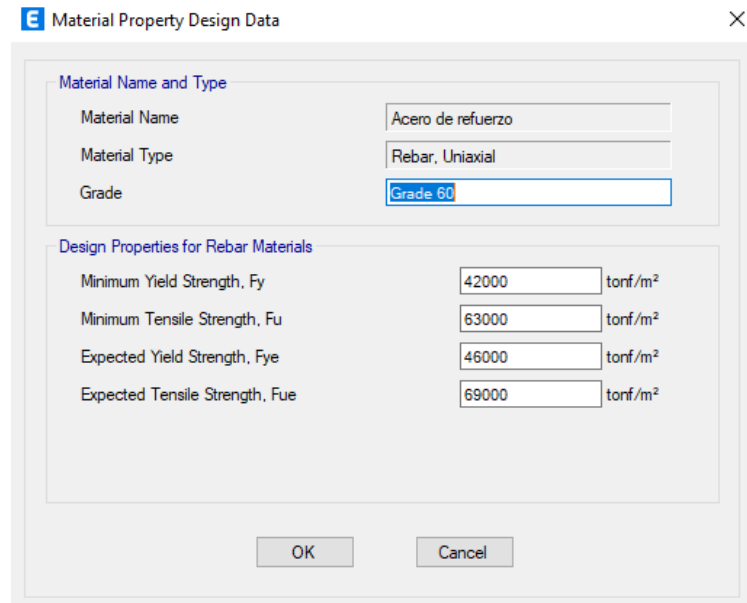
**Advanced Material Property Data**

[Nonlinear Material Data...] [Material Damping Properties...]  
[Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 58:** Definición de las propiedades del acero



The dialog box titled "Material Property Design Data" is used for defining steel properties. It is divided into two main sections: "Material Name and Type" and "Design Properties for Rebar Materials".

**Material Name and Type:**

- Material Name: Acero de refuerzo
- Material Type: Rebar, Uniaxial
- Grade: Grade 60

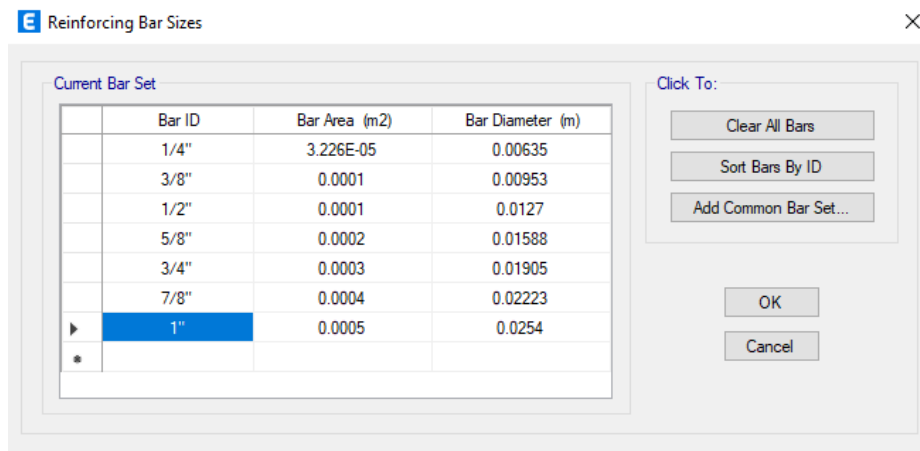
**Design Properties for Rebar Materials:**

- Minimum Yield Strength,  $F_y$ : 42000 tonf/m<sup>2</sup>
- Minimum Tensile Strength,  $F_u$ : 63000 tonf/m<sup>2</sup>
- Expected Yield Strength,  $F_{ye}$ : 46000 tonf/m<sup>2</sup>
- Expected Tensile Strength,  $F_{ue}$ : 69000 tonf/m<sup>2</sup>

Buttons: OK, Cancel

Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 59:** Numeración de aceros estructurales



The dialog box titled "Reinforcing Bar Sizes" displays a table of bar sizes and provides options to manage the current bar set.

**Current Bar Set:**

Bar ID	Bar Area (m <sup>2</sup> )	Bar Diameter (m)
1/4"	3.226E-05	0.00635
3/8"	0.0001	0.00953
1/2"	0.0001	0.0127
5/8"	0.0002	0.01588
3/4"	0.0003	0.01905
7/8"	0.0004	0.02223
▶ 1"	0.0005	0.0254
*		

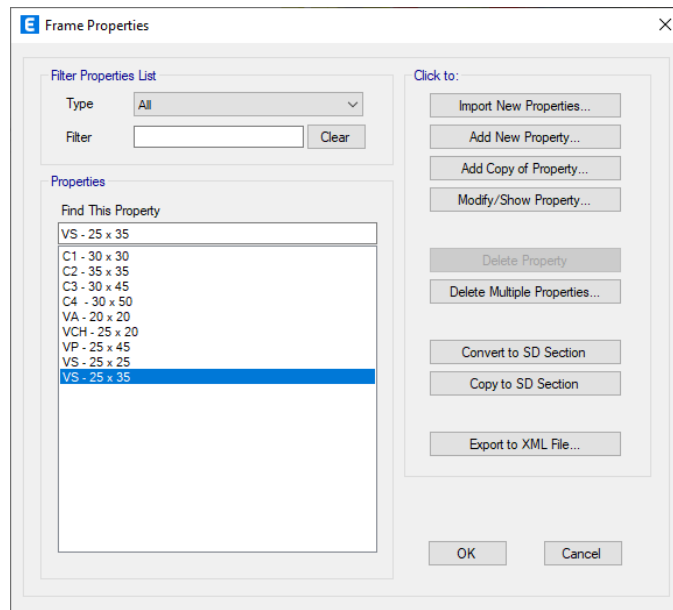
**Click To:**

- Clear All Bars
- Sort Bars By ID
- Add Common Bar Set...

Buttons: OK, Cancel

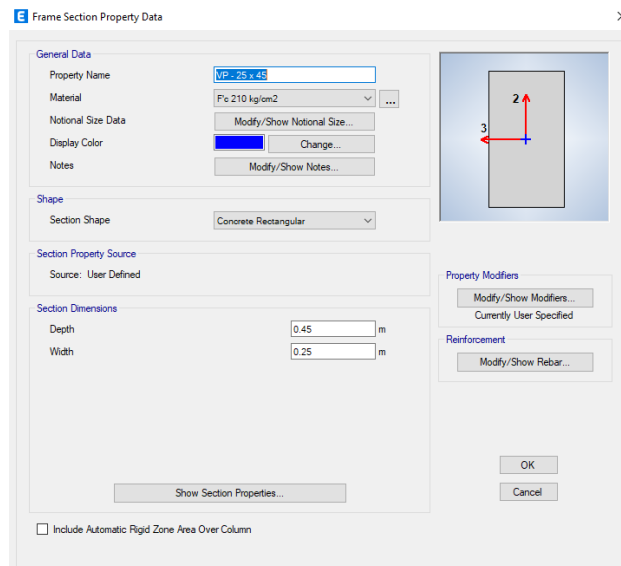
Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 60:** Creación de elementos estructurales, vigas, columnas.



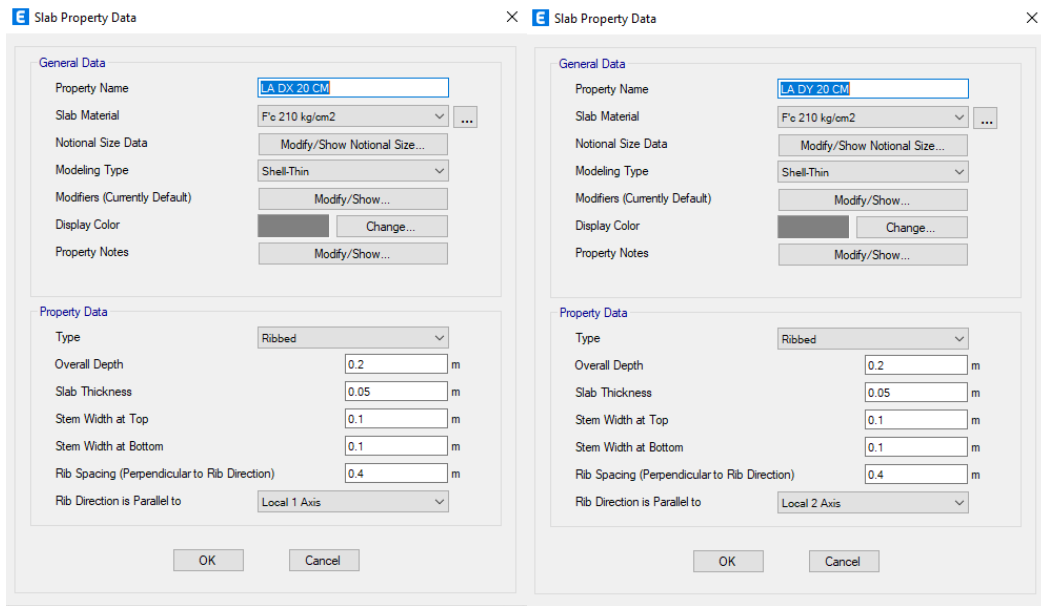
**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 61:** Definición de característica de una viga



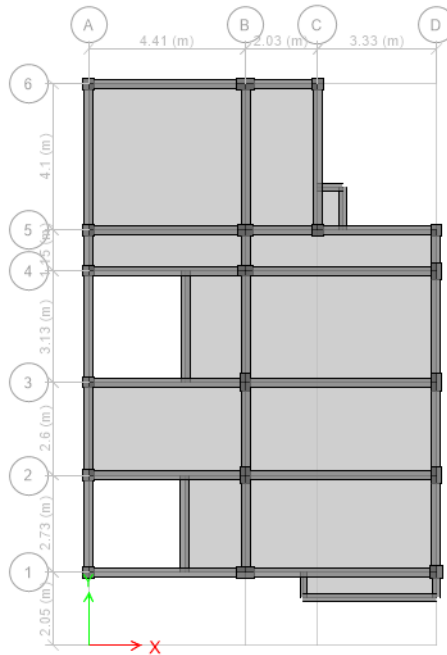
**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 62:** Creación de losas aligeradas en dirección X, Y



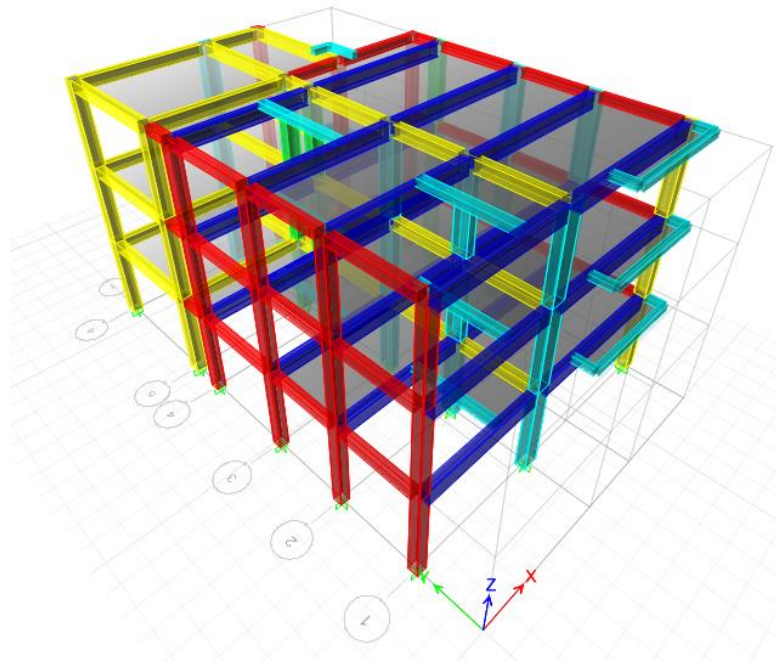
Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 63:** Vista en planta de la estructura, dirección XY



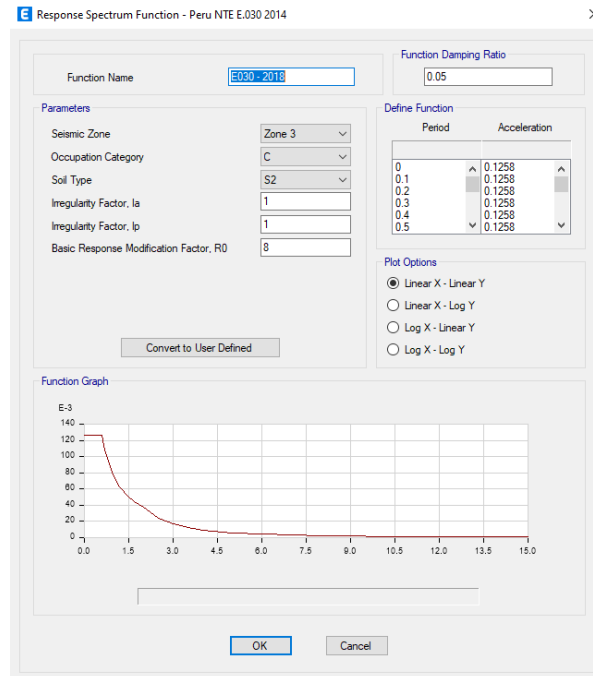
Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 64:** Vista 3D de la estructura, extruida.



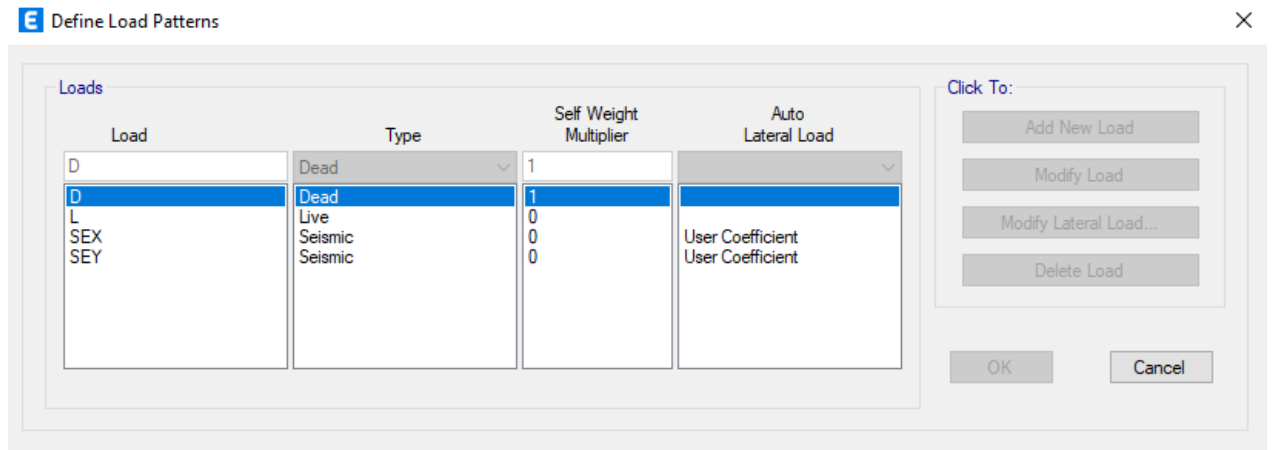
**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 65:** Definición del espectro de respuesta



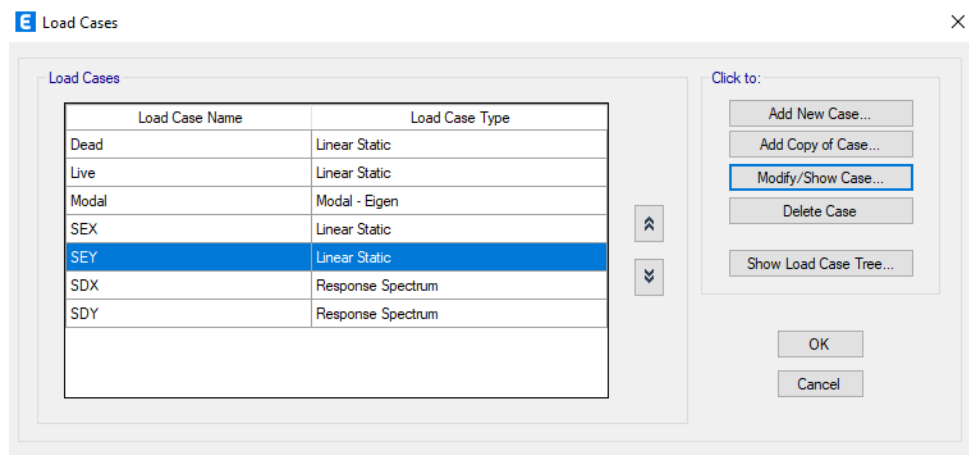
**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 66:** Definición de patrones de carga



Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 67:** Definición de casos de carga



Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 68:** Creación de sismo dinámico en dirección X

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: SDX  
Load Case Type: Response Spectrum  
Mass Source: Previous (Peso sísmico)  
Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E030 - 2018	9.8067

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal  
Modal Combination Method: CQC  
 Include Rigid Response  
Rigid Frequency, f1:   
Rigid Frequency, f2:   
Periodic + Rigid Type:   
Earthquake Duration, td:   
Directional Combination Type: SRSS  
Absolute Directional Combination Scale Factor:   
Modal Damping: Constant at 0.05  
Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms

**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 69:** Creación de sismo dinámico en dirección Y

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: SDY  
Load Case Type: Response Spectrum  
Mass Source: Previous (Peso sísmico)  
Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E030 - 2018	9.8067

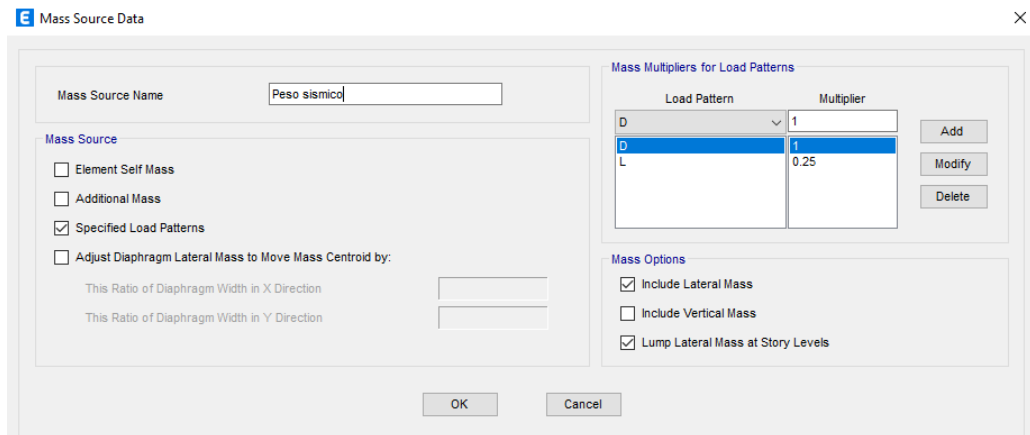
**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal  
Modal Combination Method: CQC  
 Include Rigid Response  
Rigid Frequency, f1:   
Rigid Frequency, f2:   
Periodic + Rigid Type:   
Earthquake Duration, td:   
Directional Combination Type: SRSS  
Absolute Directional Combination Scale Factor:   
Modal Damping: Constant at 0.05  
Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms

**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

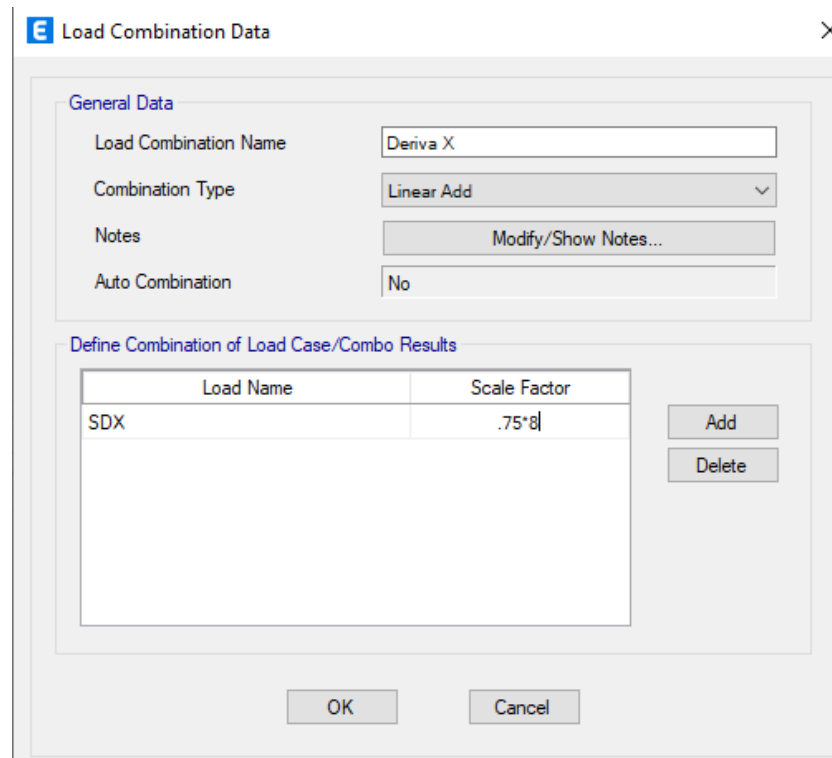


**Figura 70:** Creación de fuente de masa



**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 71:** Creación de la combinación de carga Deriva en X



**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 72:** Creación de la combinación de carga Deriva en Y

**E** Load Combination Data

**General Data**

Load Combination Name: Deriva Y

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

**Define Combination of Load Case/Combo Results**

Load Name	Scale Factor
SDY	6

Add

Delete

OK Cancel

**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 73:** Creación de sismo estático en dirección X

**E** Load Case Data

**General**

Load Case Name: SEX

Load Case Type: Linear Static

Mass Source: Peso sísmico

Analysis Model: Default

**P-Delta/Nonlinear Stiffness**

Use Preset P-Delta Settings: None

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	SEX	1

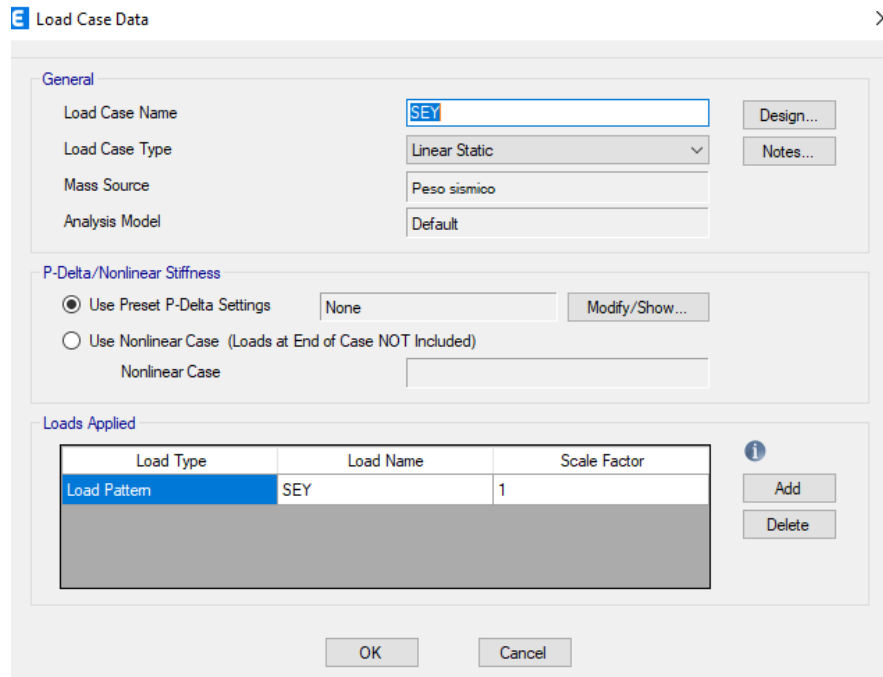
Add

Delete

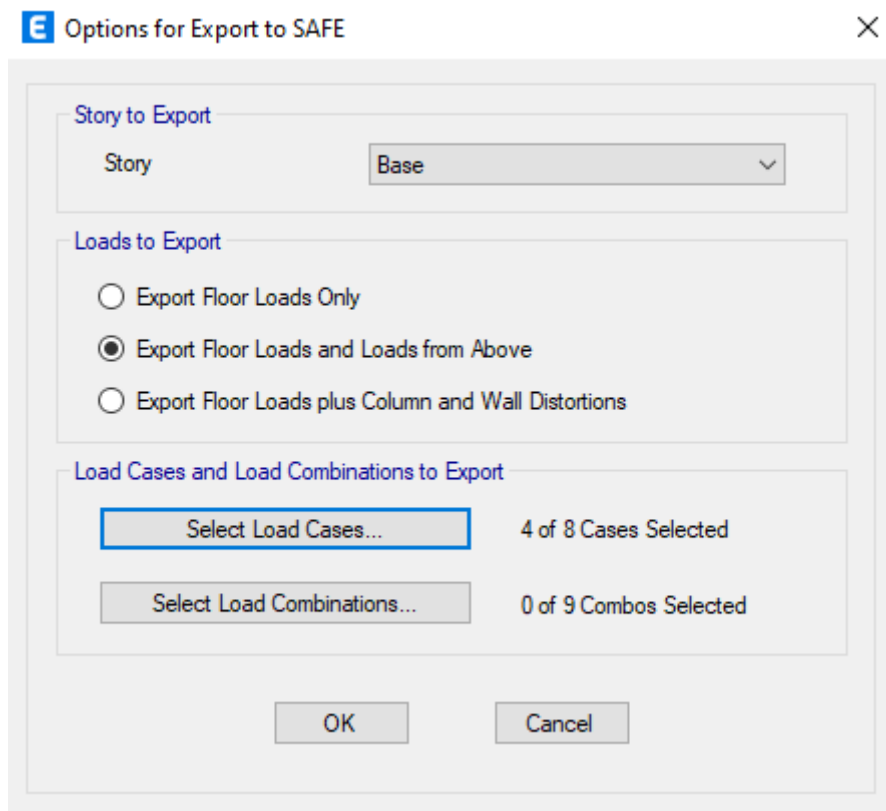
OK Cancel

**Fuente.** Software ETABS 2019 versión 19.0.0

**Figura 74:** Creación de sismo estático en dirección Y



Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0



Fuente. Software ETABS 2019 versión 19.0.0

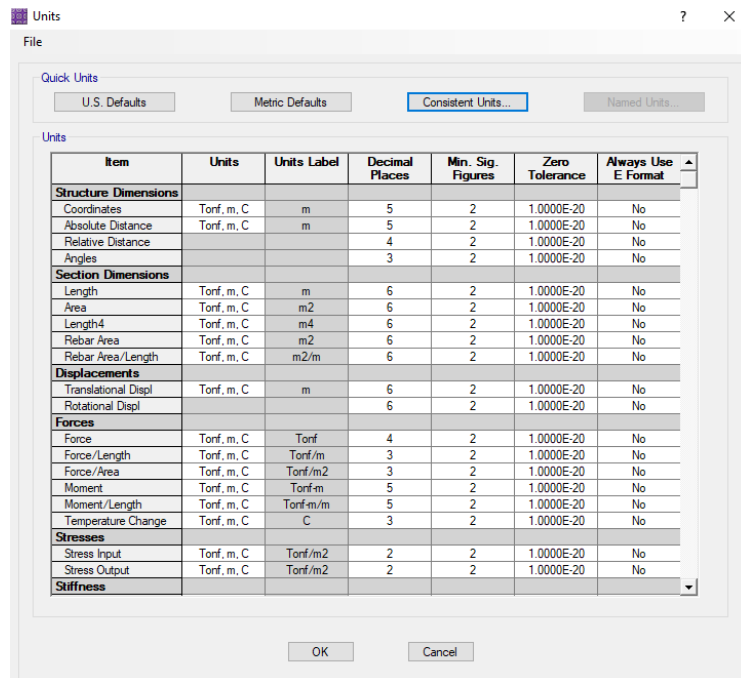
## Anexo 5 Modelamiento en Safe

Figura 75: Inicialización del software Etabs



Fuente. Software SAFE 2016 versión 16.0.1

Figura 76: Definición de las unidades en safe



Fuente. Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 77:** Definición de las características del concreto en Safe

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for concrete. It is divided into several sections:

- General Data:** Material Name is 'fc = 210 kg/cm2', Material Type is 'Concrete', Material Display Color is blue, and Material Notes is empty.
- Material Weight:** Weight per Unit Volume is 2.4028E-03 kgf/cm3.
- Isotropic Property Data:** Modulus of Elasticity, E is 217370.65 kgf/cm2; Poisson's Ratio, U is 0.15; Coefficient of Thermal Expansion, A is 9.9E-06 1/C; Shear Modulus, G is 94508.98 kgf/cm2.
- Other Properties for Concrete Materials:** Specified Concrete Compressive Strength, fc is 210 kgf/cm2. The 'Lightweight Concrete' checkbox is unchecked, and the 'Shear Strength Reduction Factor' is empty.
- Modulus of Rupture for Cracked Deflections:** The 'Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)' radio button is selected.

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 78:** Definición de propiedades del Acero en Safe

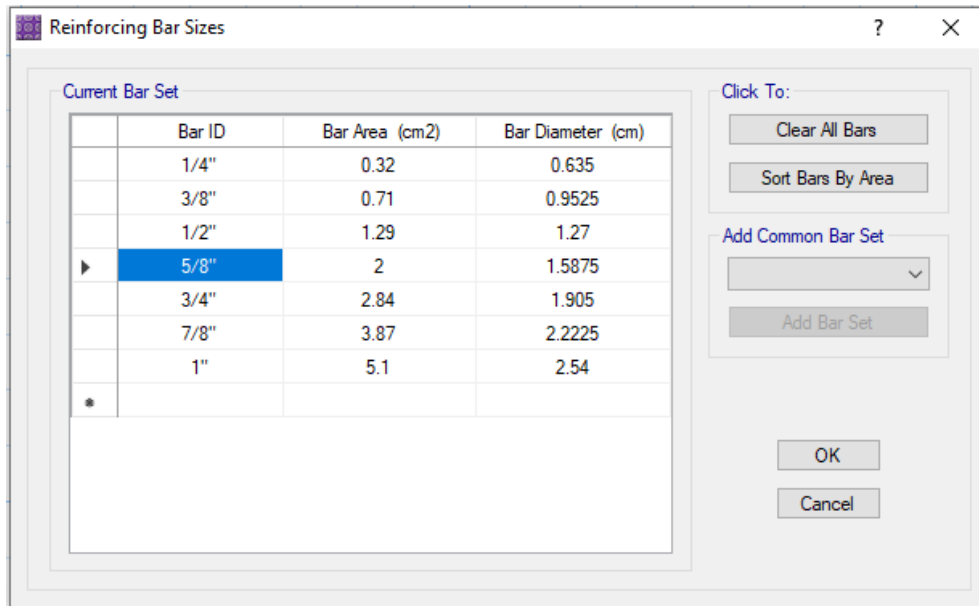
The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box for steel. It is divided into several sections:

- General Data:** Material Name is 'Acero de refuerzo', Material Type is 'Rebar', Material Display Color is cyan, and Material Notes is empty.
- Material Weight:** Weight per Unit Volume is 7.849E-03 kgf/cm3.
- Uniaxial Property Data:** Modulus of Elasticity, E is 2000000 kgf/cm2.
- Other Properties for Rebar Materials:** Minimum Yield Stress, Fy is 4200 kgf/cm2; Minimum Tensile Stress, Fu is 6300 kgf/cm2.

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

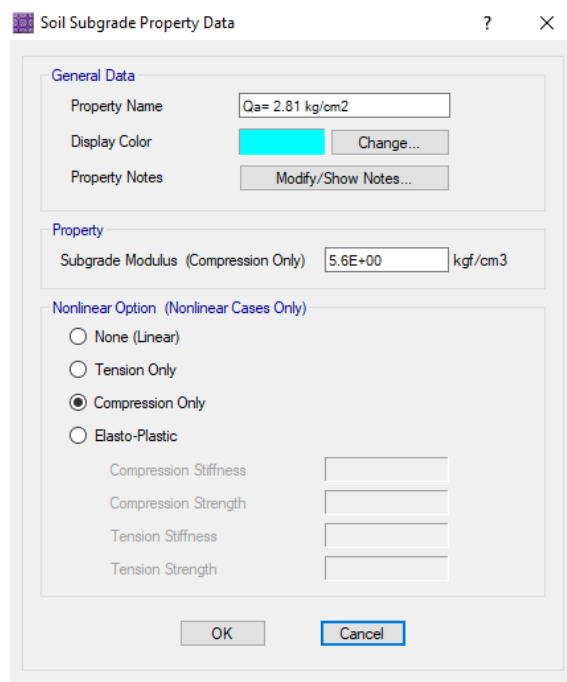
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 79:** Numeración de aceros estructurales en Safe



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 80:** Definición de la capacidad admisible del suelo



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 81:** Definición de las características de zapata

The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box. It is divided into two main sections: 'General Data' and 'Analysis Property Data'.  
In the 'General Data' section:  
- 'Property Name' is set to 'Zapata 30 cm'.  
- 'Slab Material' is set to 'f<sub>c</sub> = 210 kg/cm<sup>2</sup>'.  
- 'Display Color' is a grey button with a 'Change...' sub-button.  
- 'Property Notes' has a 'Modify/Show...' button.  
In the 'Analysis Property Data' section:  
- 'Type' is set to 'Footing'.  
- 'Thickness' is set to '30 cm'.  
At the bottom, there are two checkboxes: 'Thick Plate' (checked) and 'Orthotropic' (unchecked).  
Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom right.

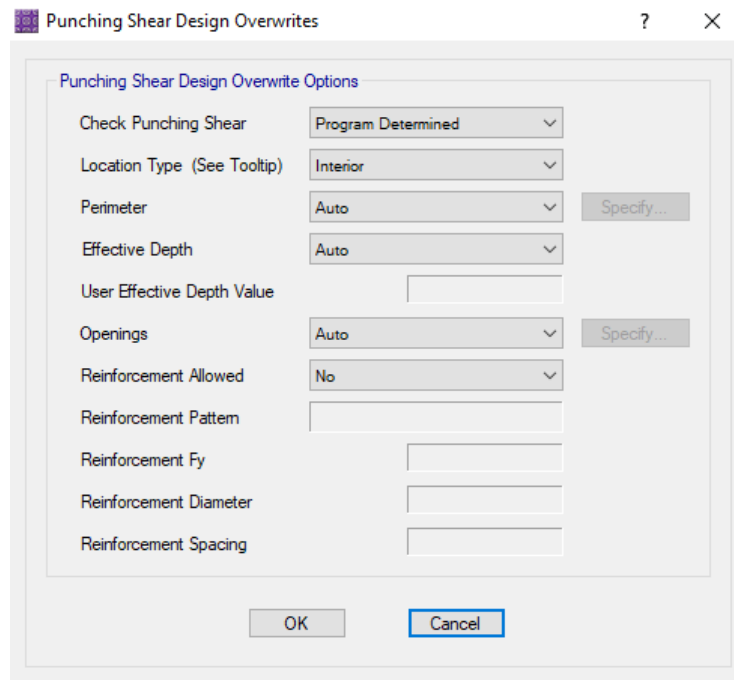
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 82:** Definición de las características de columna

The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box. It is divided into two main sections: 'General Data' and 'Analysis Property Data'.  
In the 'General Data' section:  
- 'Property Name' is set to 'Columna 30 cm'.  
- 'Slab Material' is set to 'f<sub>c</sub> = 210 kg/cm<sup>2</sup>'.  
- 'Display Color' is a red color swatch with a 'Change...' sub-button.  
- 'Property Notes' has a 'Modify/Show...' button.  
In the 'Analysis Property Data' section:  
- 'Type' is set to 'Stiff'.  
- 'Thickness' is set to '30 cm'.  
At the bottom, there are two checkboxes: 'Thick Plate' (checked) and 'Orthotropic' (unchecked).  
Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom right.

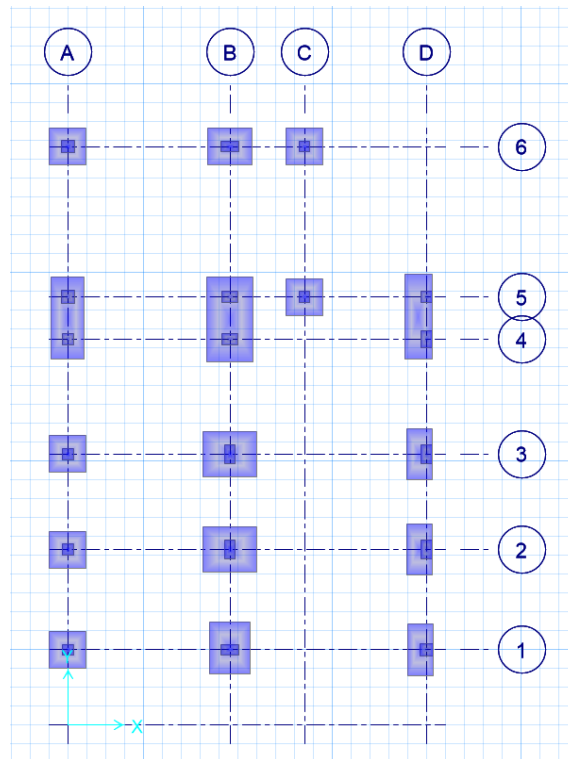
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 83:** Definición de la ubicación de columnas interiores



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

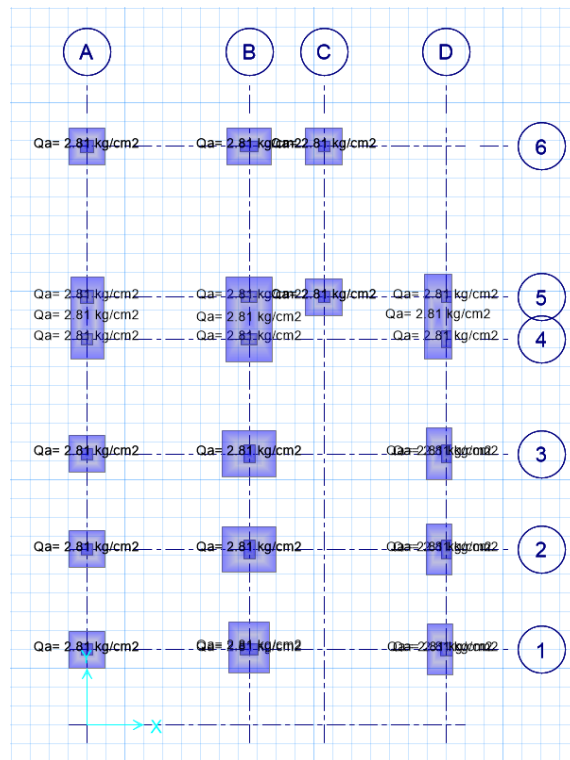
**Figura 84:** Modelado de zapatas y columnas



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

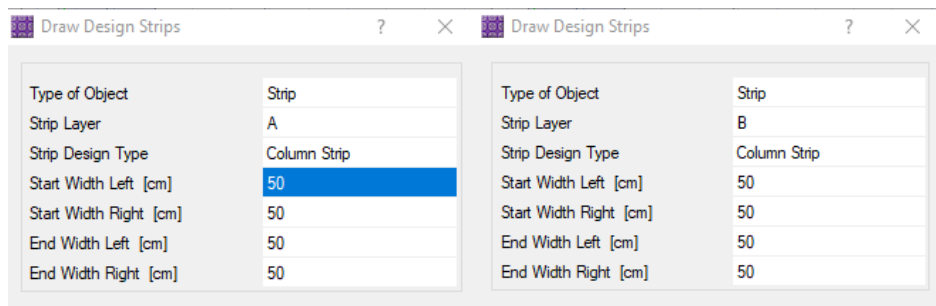


**Figura 85:** Asignación de la capacidad admisible del suelo



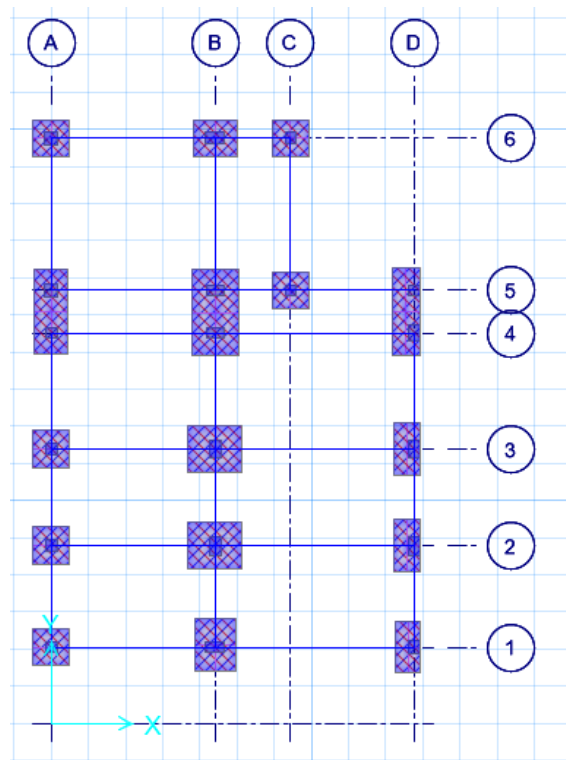
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 86:** Definición de franjas de diseño en zapatas en dirección x e y



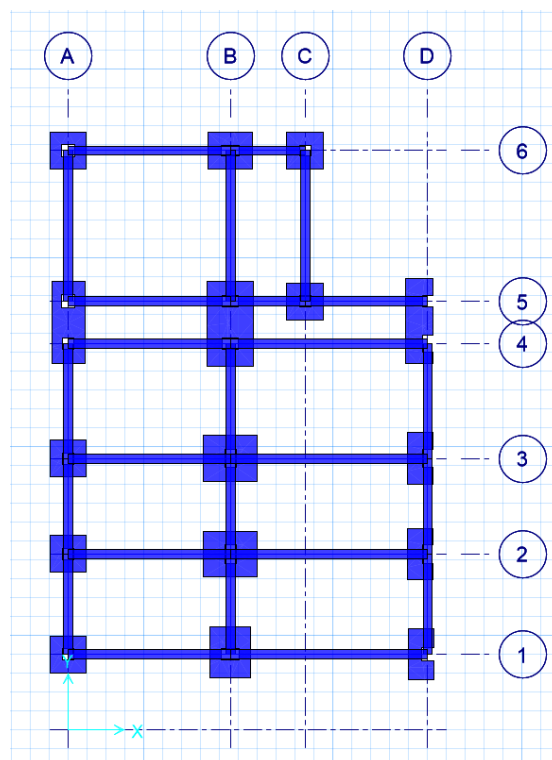
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 87:** Visualización de las franjas de diseño



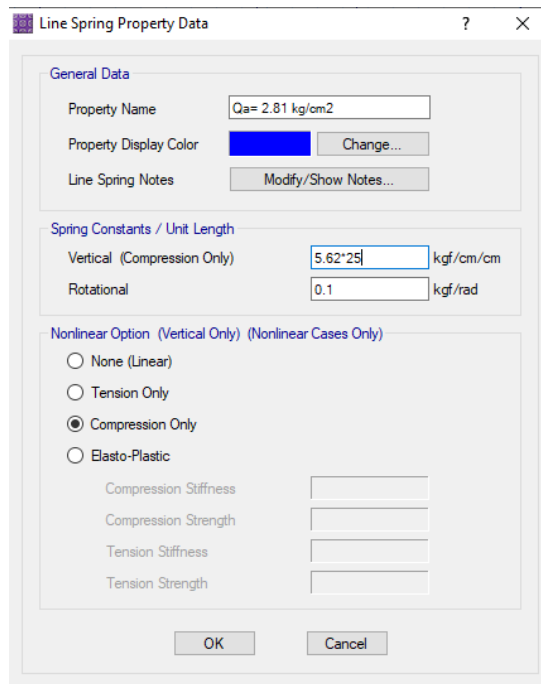
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 88:** Modelado de vigas de cimentación



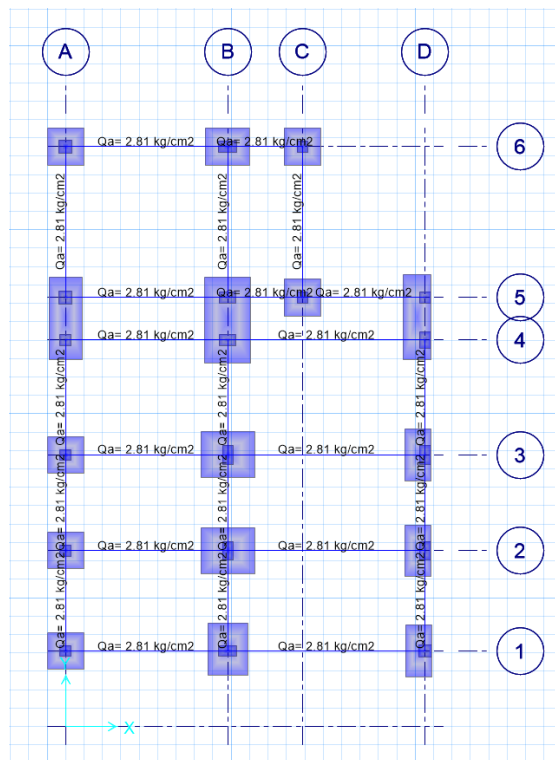
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 89:** Definición de la capacidad admisible para vigas de cimentación



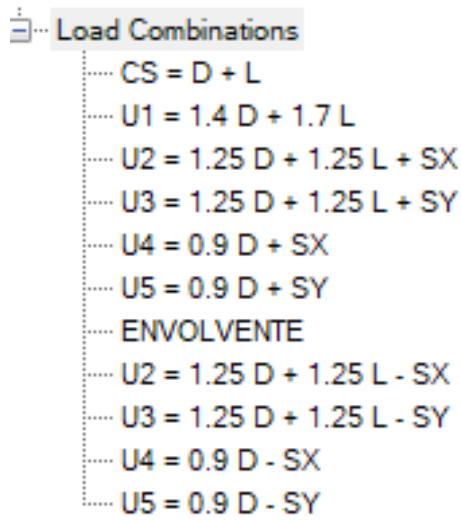
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 90:** Asignación de la capacidad admisible del suelo a las vigas de cimentación



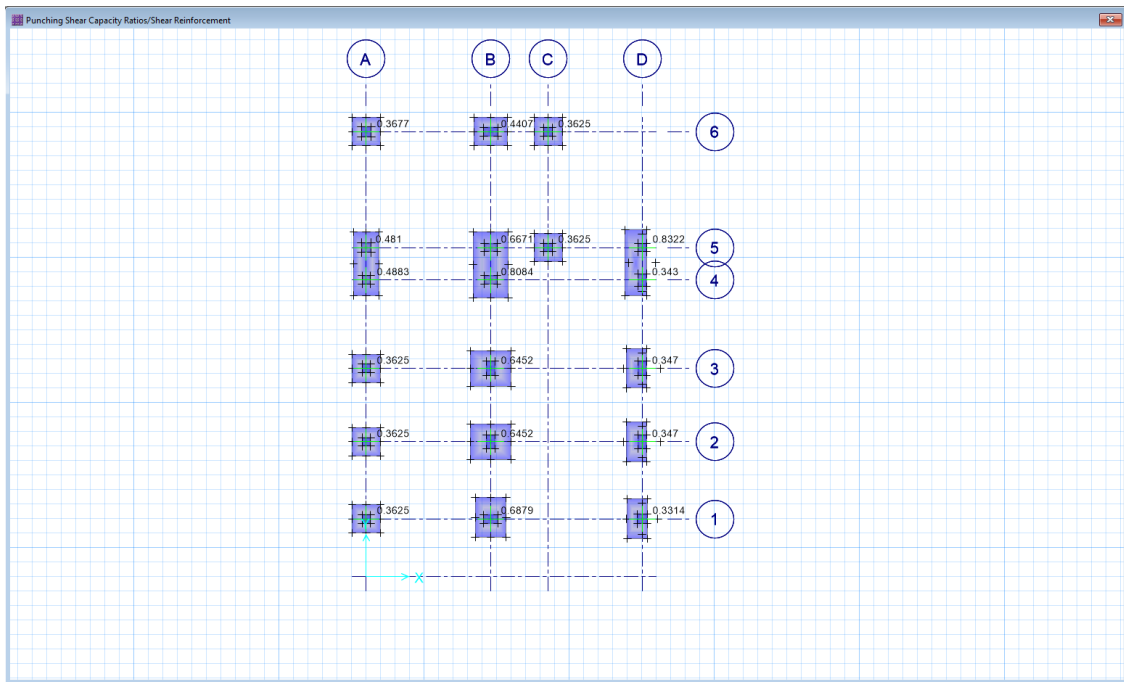
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 91:** Creación de combinaciones de carga en safe



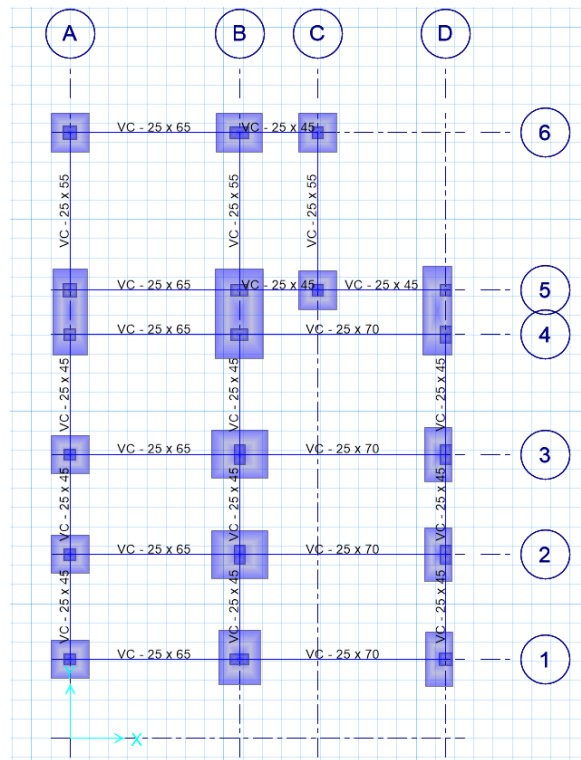
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 92:** Visualización de valores de punzonamiento en zapatas



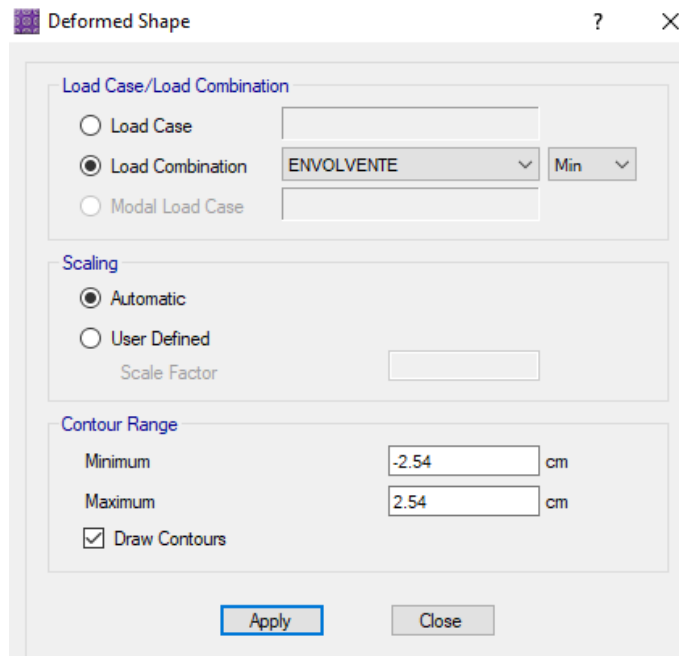
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 93:** Visualización de las secciones de viga de cimentación, para escenario n°1



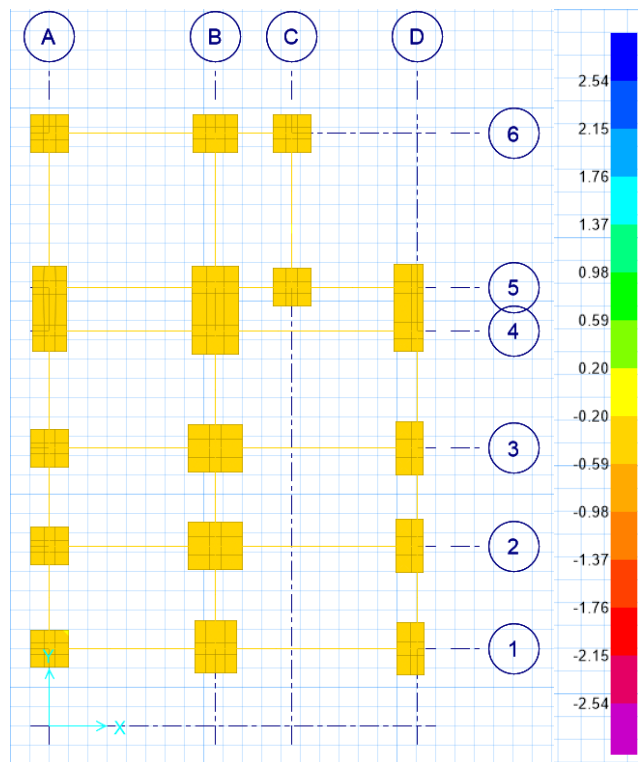
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 94:** Selección de la combinación de envoltente para visualizar los desplazamientos, del escenario n°1



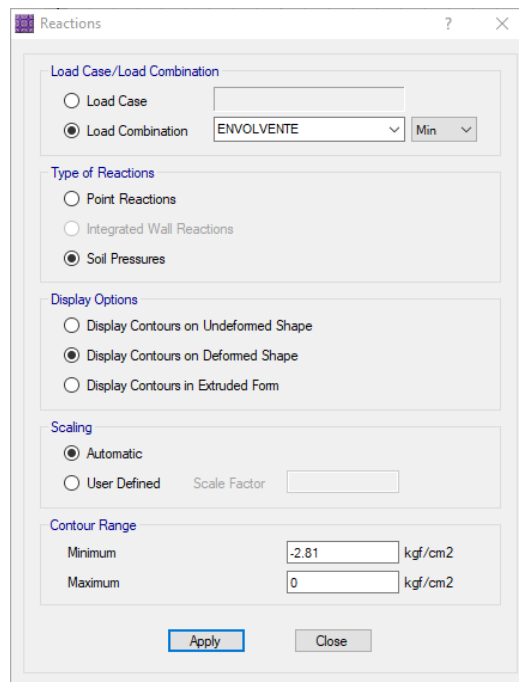
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 95:** Visualización de desplazamientos en zapatas con la combinación de envolvente del escenario n°1



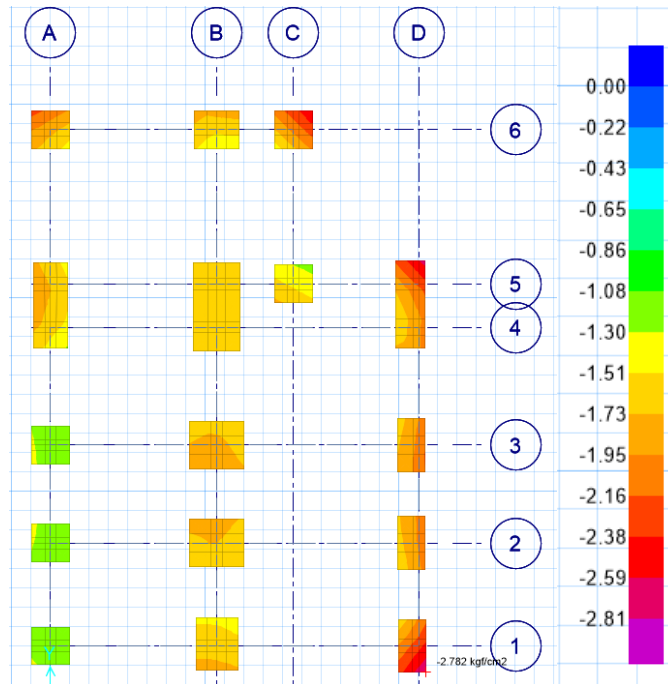
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 96:** Selección de la combinación de carga para visualizar esfuerzos admisibles en el escenario n° 1



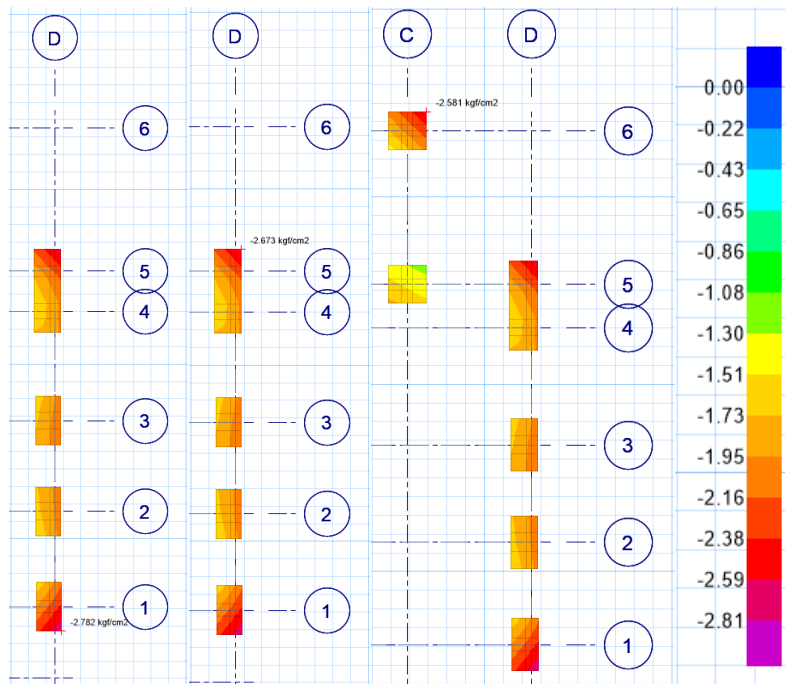
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 97:** Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°1



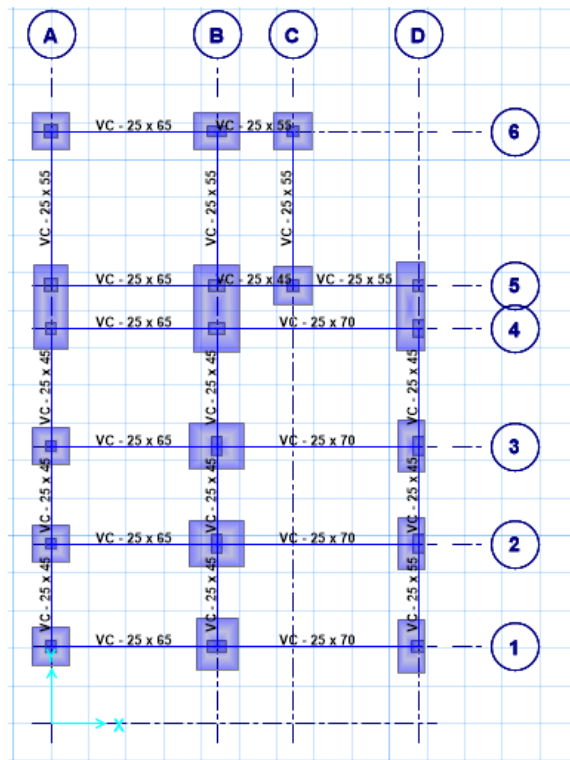
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 98:** Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°1



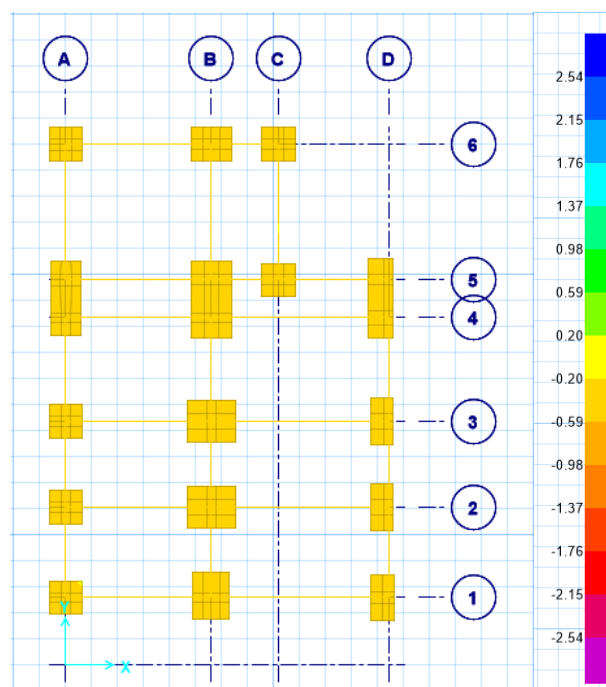
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 99:** Visualización de las secciones de viga de cimentación, para escenario n<sup>o</sup>2



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

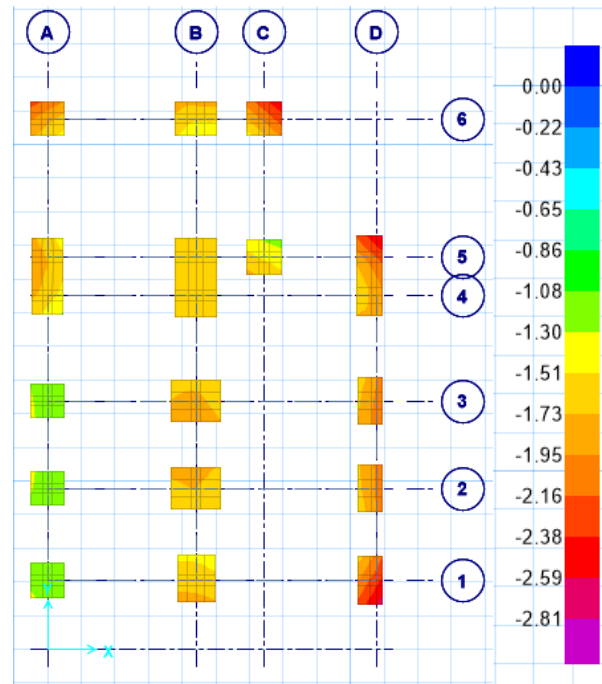
**Figura 100:** Visualización de desplazamientos en zapatas con la combinación de envolvente del escenario n<sup>o</sup>2



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

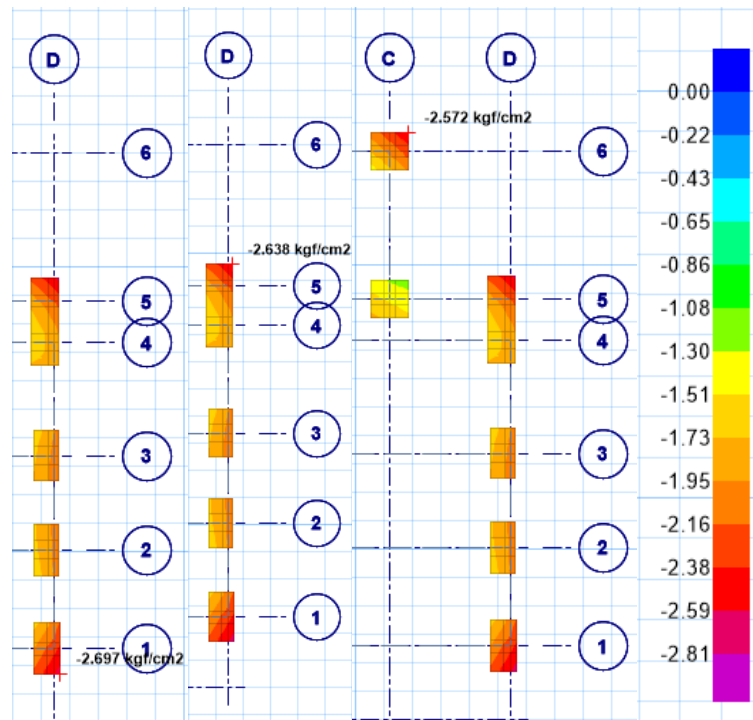


**Figura 101:** Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°2



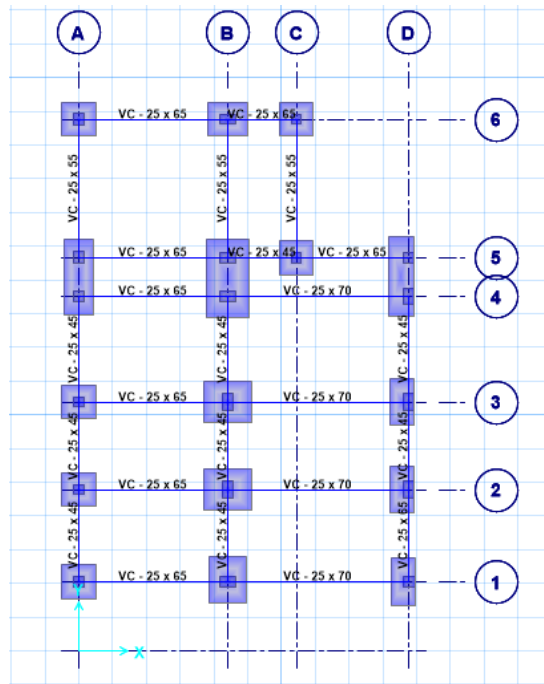
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 102:** Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°2



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

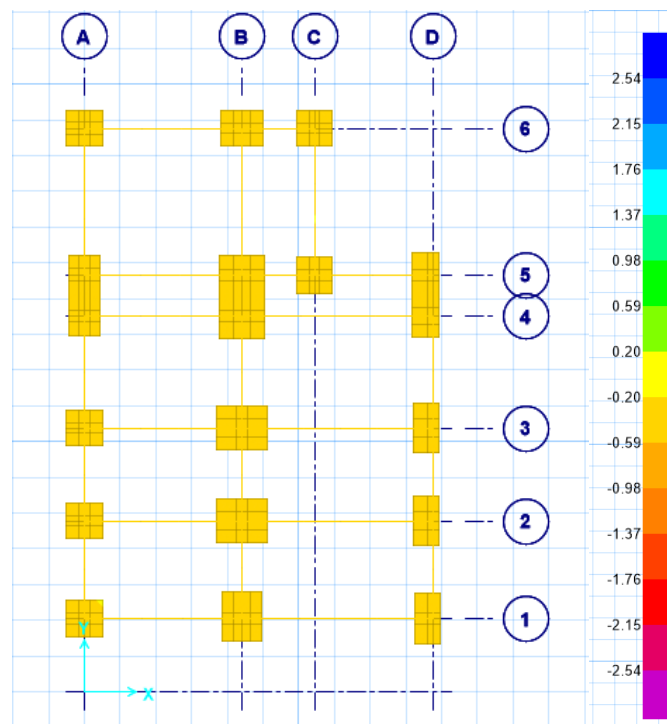
**Figura 103:** Visualización de las secciones de viga de cimentación, para escenario n°3



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

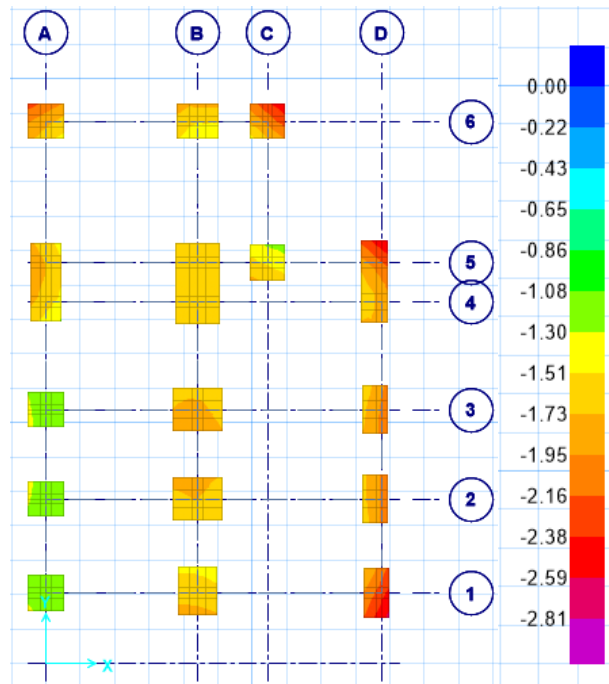
**Figura 104:** Visualización de desplazamientos en zapatas con la combinación de envolvente del escenario

n°3



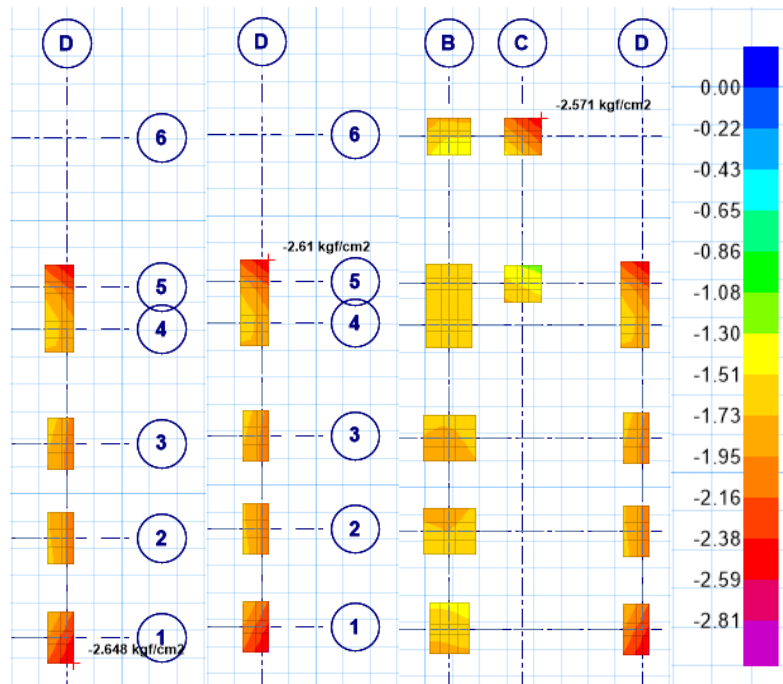
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 105:** Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°3



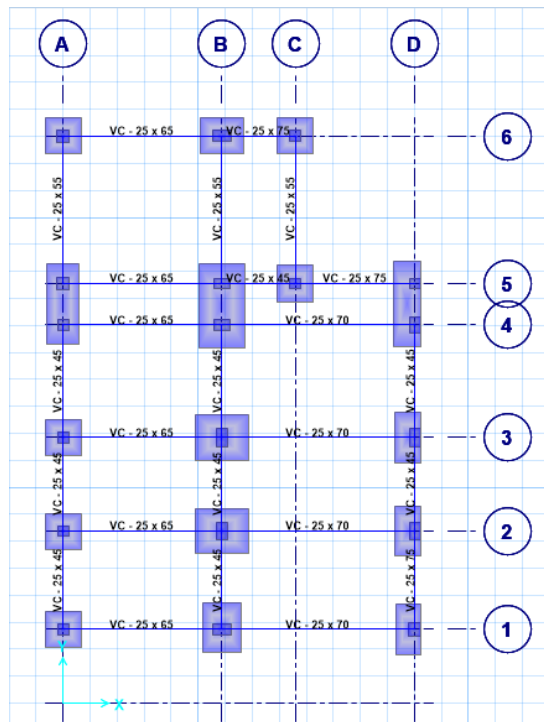
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 106:** Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n°3



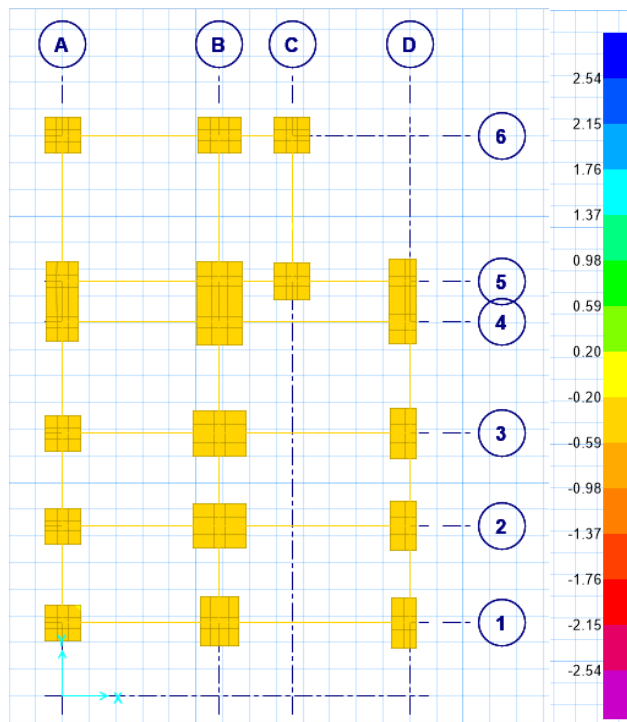
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 107:** Visualización de las secciones de viga de cimentación, para escenario n<sup>o</sup>4



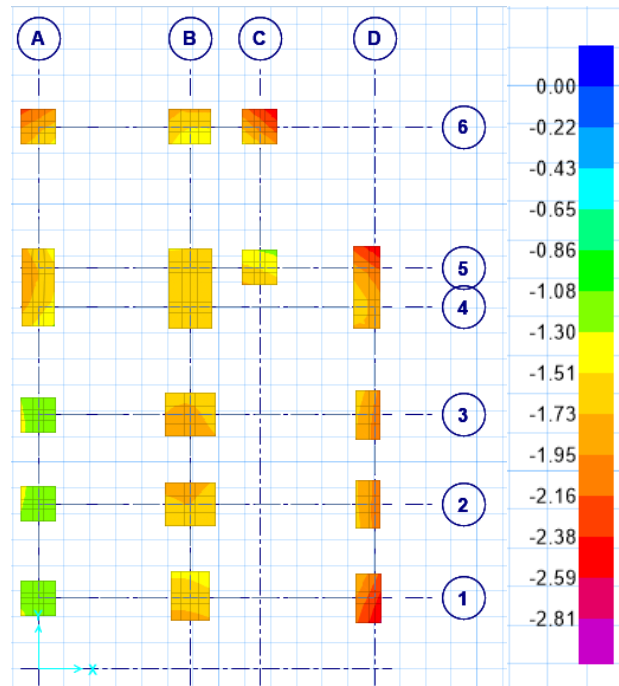
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 108:** Visualización de desplazamientos en zapatas con la combinación de envoltorio del escenario n<sup>o</sup>4



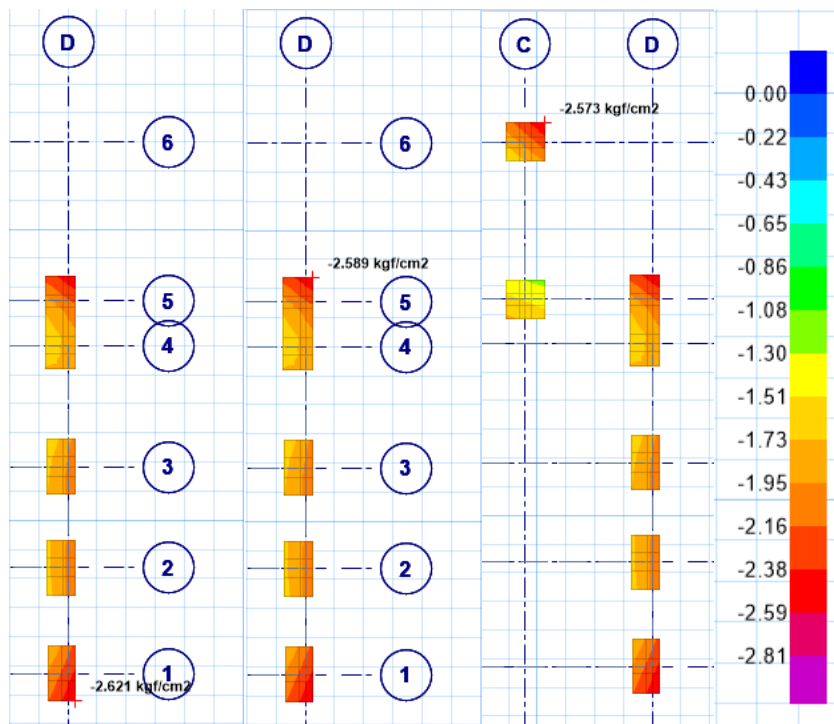
**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 109:** Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n<sup>o</sup>4



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1

**Figura 110:** Visualización de esfuerzos admisibles en zapatas con la combinación de carga envolvente en el escenario n<sup>o</sup>4



**Fuente.** Software SAFE 2016 versión 16.0.1