



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Análisis del Comportamiento Sísmico de una Edificación de 5 Pisos
Mediante la Interacción Suelo-Estructura, Urbanización Zona
Industrial, Juliaca 2022”

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

AUTOR:

Lipe Ingalla, Rony Wilber (ORCID: 0000-0002-8621-5832)

ASESOR:

Msc. Paccha Rufasto, Cesar Augusto (ORCID: 0000-0003-2085-3046)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a mis padres Julio Lipe y Gervasia Ingalla, a mis hermanos Vesayda y Coquin, quienes siempre han estado en los momentos difíciles para darme ese apoyo incondicional, también para todas las personas que son parte de mis amistades.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, por guiar mi camino, y por darme muchas oportunidades; a mis familiares, por su apoyo durante este proceso de manera incondicional.

Al Msc. Cesar Augusto Paccha Rufasto, quién con su calidad de profesional y mucha paciencia me ayudo a lograr el gran anhelo de titularme como Ingeniero Civil.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	1
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.3.1. Justificación teórica.....	2
1.3.2. Justificación práctica.....	2
1.3.4. Justificación metodológica	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.5.1. Hipótesis general	3
1.5.2. Hipótesis específicas	4
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	6
2.2. Teorías relacionadas al tema	8
2.2.1. Definición de sismos	8
2.1.2. Sismicidad del Perú	9
2.3. Estudio de la interacción suelo-estructura.....	10
2.4. Modelos de la interacción suelo-estructura	11
2.4.1. Modelo Fema 440.....	11
2.4.2. Modelo Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.....	14
2.5. Análisis sísmico estático.....	15
2.6. Análisis sísmico dinámico.....	20
III. METODOLOGÍA.....	21

3.1	Enfoque, tipo, nivel y diseño de investigación	21
3.1.1.	Enfoque de investigación	21
3.1.2.	Tipo de investigación	21
3.1.3.	Nivel de investigación	21
3.1.4.	Diseño de la investigación	22
3.2.	Variables y operacionalización	22
3.2.1.	Variable independiente	22
3.2.2.	Variable dependiente:	22
3.3.	Población, muestra y muestreo	23
3.3.1.	Población	23
3.3.2.	Muestra.....	23
3.3.3.	Muestreo.....	23
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.4.1	Técnicas de recolección de datos.....	23
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	23
3.5.	Procedimiento	24
3.6.	Método de análisis de datos.....	24
3.7.	Aspectos éticos	24
IV.	RESULTADOS.....	25
4.1	Descripción del proyecto	25
4.2.	Configuración estructural.....	26
4.2.1.	Estructuración	26
4.2.2.	Predimensionamiento estructural	27
4.3.	Cargas.....	34
4.4.	Características de la estructura.....	35
4.5.	Características del suelo y cimentación	35
4.6.	Modelamiento de la estructura	35
4.7.	Análisis estático y dinámico según norma E.030	41
4.7.1.	Análisis sísmico estático	41
4.7.2.	Análisis dinámico	50
4.8.	Cálculo de la interacción suelo-estructura.....	58
4.8.1.	Modelo Fema 440.....	58
4.8.2.	Modelo Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.....	66

4.9. Coeficientes de rigideces de los modelos de ISE en Etabs.....	69
4.10. Análisis sísmico con método de interacción suelo-estructura	71
4.10.1. Periodos de vibración	71
4.10.2. Desplazamientos	72
4.10.3. Derivas.....	74
4.10.4. Fuerzas cortantes	75
V. DISCUSIÓN	77
VI. CONCLUSIONES	82
VII. RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS.....	84
ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros del Suelo	12
Tabla 2 Valores para el Coeficiente bo	15
Tabla 3 Factor de Zona “Z” Según Norma E.030	16
Tabla 4 Parámetros de los Suelos (S, Tp y TI)	17
Tabla 5 Categoría de las Edificaciones y su Factor de Uso (U)	18
Tabla 6 Categorías de Sistema Estructural en Edificaciones	18
Tabla 7 Sistema Estructural	19
Tabla 8 Factor de Escala para la Cortante Mínima	20
Tabla 9 Peralte de Losa Aligerada en una Dirección	27
Tabla 10 Predimensionamiento de Vigas Principales	28
Tabla 11 Predimensionamiento de Vigas Secundarias	28
Tabla 12 Predimensionamiento Inicial de Columnas.....	29
Tabla 13 Metrado de Cargas para Columna Céntrica	30
Tabla 14 Determinación de Columna	31
Tabla 15 Metrado de Cargas para Columna Excéntrica.....	32
Tabla 16 Metrado de Cargas para Columna Esquinada	33
Tabla 17 Predimensionamiento Final de Columnas	33
Tabla 18 Peso Determinado por Cada Piso	34
Tabla 19 Fuerza Cortante por Nivel en X	44
Tabla 20 Fuerza Cortante por Nivel en Y	45
Tabla 21 Deriva por Nivel en X.....	46
Tabla 22 Deriva por Nivel en Y.....	47
Tabla 23 Desplazamiento por Nivel en X	48
Tabla 24 Desplazamiento por Nivel en Y	49
Tabla 25 Periodos de Vibración Considerando 3 Modos por Piso	50
Tabla 26 Espectros de aceleraciones en X e Y.....	51
Tabla 27 Fuerza Cortante Dinámico por Nivel en X	53
Tabla 28 Fuerza Cortante Dinámico por Nivel en Y	54
Tabla 29 Deriva Dinámico por Nivel en X.....	55
Tabla 30 Deriva Dinámico por Nivel en Y.....	56
Tabla 31 Desplazamiento Dinámico por Nivel en X	57
Tabla 32 Desplazamiento Dinámico por Nivel en Y	58

Tabla 33 Resumen de Coeficiente de Rigidez Según Fema 440	65
Tabla 34 Resumen de Coeficiente de Rigidez Según Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	68
Tabla 35 Resumen y Comparación de los Periodos de Vibración.....	71
Tabla 36 Periodos Máximos Presentados en cada Modelo	71
Tabla 37 Resumen y Comparación de los Desplazamientos	72
Tabla 38 Resumen y Comparación de Derivas	74
Tabla 39 Resumen y Comparación de las Fuerzas Cortantes	75
Tabla 40 Resumen de Desplazamientos en OX.....	78
Tabla 41 Resumen de Desplazamientos en OY.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ondas Longitudinales y Transversales	8
Figura 2 Placas Tectónicas en el Mundo	9
Figura 3 Modelos interpretados por Fema 440.....	11
Figura 4 Resorte Desacoplado Equivalente a la Rigidez del Suelo.....	12
Figura 5 Determinación de Coeficientes de Rigideces Fema.....	13
Figura 6 Determinación de Factores de Corrección Fema.....	13
Figura 7 Determinación de Coeficientes de Rigideces.....	14
Figura 8 Zonificación Sísmica del Perú	16
Figura 9 Planos de Planta del Edificio de 5 Pisos	25
Figura 10 Estructuración del Edificio de 5 Pisos	26
Figura 11 Área Tributaria de la Columna Céntrica	30
Figura 12 Área Tributaria de la Columna Excéntrica.....	31
Figura 13 Área Tributaria de la Columna Esquinada.....	32
Figura 14 Definición de Concreto Armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	36
Figura 15 Definición de Fluencia de Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	36
Figura 16 Definición del Elemento Estructural Columna $0.35 \times 0.35 \text{ m}$	37
Figura 17 Definición del Elemento Estructural Columna $0.30 \times 0.30 \text{ m}$	37
Figura 18 Definición del Elemento Estructural Viga Principal $0.25 \times 0.40 \text{ m}$	38
Figura 19 Definición del Elemento Estructural Viga Secundaria $0.25 \text{ m} \times 0.30 \text{ m}$...	38
Figura 20 Definición del Elemento Estructural Losa Aligerada 0.20 m	39
Figura 21 Definición del Elemento Estructural Losa Escalera 0.15 m	39
Figura 22 Modelo Estructural del Edificio de 5 Pisos	40
Figura 23 Asignación de Diafragmas por Piso	40
Figura 24 Restricción en la Base del Edificio	41
Figura 25 Definición de Cargas	41
Figura 26 Gráfico de Cortante por Nivel en X.....	44
Figura 27 Gráfico de Cortante por Nivel en Y.....	45
Figura 28 Gráfico de Deriva por Nivel en Eje X.....	46
Figura 29 Gráfico de Deriva por Nivel en Eje Y.....	47
Figura 30 Gráfico de Desplazamiento por Nivel en Eje X	48
Figura 31 Gráfico de Desplazamiento por Nivel en Eje Y	49
Figura 32 Espectro de Diseño en X.....	52

Figura 33 Espectro de Diseño en Y.....	52
Figura 34 Gráfico de Cortante Dinámico por Nivel en X.....	53
Figura 35 Gráfico de Cortante Dinámico por Nivel en Y.....	54
Figura 36 Gráfico de Deriva Dinámico en Eje X.....	55
Figura 37 Gráfico de Deriva Dinámico en Eje Y.....	56
Figura 38 Gráfico de Desplazamiento Dinámico por Nivel en Eje X.....	57
Figura 39 Gráfico de Desplazamiento Dinámico por Nivel en Eje Y.....	58
Figura 40 Dimensiones de Zapata Z-1 (1.50mx1.50mx0.50m).....	59
Figura 41 Dimensiones de la Zapata Z-2 (1.10mx2.20mx0.50).....	63
Figura 42 Asignación del Coeficiente de Rigidez Según Fema Zapata Z-1.....	69
Figura 43 Asignación del Coeficiente de Rigidez Según Fema Zapata Z-2.....	69
Figura 44 Asignación del Coeficiente de Rigidez Según Norma Rusa Z-1.....	70
Figura 45 Asignación del Coeficiente de Rigidez Según Fema Zapata Z-2.....	70
Figura 46 Resumen y Comparación de los Periodos de Vibración.....	72
Figura 47 Resumen y Comparación de Desplazamientos en X.....	73
Figura 48 Resumen y Comparación de Desplazamientos en Y.....	73
Figura 49 Resumen y Comparación de Derivas en X.....	74
Figura 50 Resumen y Comparación de Derivas en Y.....	75
Figura 51 Resumen y Comparación de las Fuerzas Cortantes en X.....	76
Figura 52 Resumen y Comparación de las Fuerzas Cortantes en Y.....	76
Figura 53 Periodo Fundamental de Vibración suelo S1 vs S2.....	77
Figura 54 Desplazamiento Máximo por Piso OX.....	79
Figura 55 Desplazamiento Máximo por Piso OY.....	79
Figura 56 Deriva en “X” con ISE.....	80
Figura 57 Deriva en “Y” con ISE.....	81

RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo principal determinar el comportamiento sísmico de un edificio de 5 pisos ubicado en la urbanización Zona Industrial de la ciudad de Juliaca. En el proceso de elaboración se ha empleado dos casos, para primer caso el análisis se realizó según la norma E.030 (2018) que viene a ser la base empotrada, para segundo caso se consideró dos modelos de la interacción suelo-estructura como Fema y Norma Rusa, en donde para la evaluación para los dos casos se ha empleado el programa Etabs y Excel de la misma manera del edificio y sus características.

Se tuvo como un efecto primordial de la interacción suelo-estructura el incremento en los parámetros del sistema como en los periodos de vibración, desplazamientos, fueras cortantes con esto dando a entender que se aproxima más al comportamiento real del edificio cuando se aplique la interacción suelo-estructura, y con derivas obteniendo en dirección X 0.00324 para Fema y 0.00327 para Norma Rusa, en dirección Y 0.0017 para Fema y 0.0016 para Norma Rusa donde se observa que son menores a (0.007) límite según la norma E.030 lo cual cumple con las condiciones establecidas.

Palabras Clave: Interacción suelo-estructura, comportamiento sísmico, periodos de vibración, desplazamientos, derivas.

ABSTRACT

In the present investigation, the main objective was to determine the seismic behavior of a 5-story building located in the Industrial Zone urbanization of the city of Juliaca. In the elaboration process, two cases have been used, for the first case the analysis was carried out according to the E.030 (2018) standard, which becomes the embedded base, for the second case two models of soil-structure interaction were considered as Fema and Russian Standard, where for the evaluation for both cases the Etabs and Excel program has been used in the same way of the building and its characteristics.

The main effect of the soil-structure interaction was the increase in the system parameters such as vibration periods, displacements, shear forces, with this implying that it is closer to the real behavior of the building when the soil interaction is applied. -structure, and with drifts obtaining in X direction 0.00324 for Fema and 0.00327 for Russian Standard, in Y direction 0.0017 for Fema and 0.0016 for Russian Standard where it is observed that they are less than (0.007) limit according to standard E.030 which complies with the established conditions.

Keywords: Soil-structure interaction, seismic behavior, vibration periods, displacements, drifts.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial la presencia de las cargas sísmicas se da en toda la superficie asociadas a placas tectónicas y esto genera inconvenientes en las edificaciones existentes, también deforman los suelos con esto se da a conocer una teoría acerca de la interacción suelo y estructura. De esta manera, todos los inconvenientes que se ocasiona es debido al alto peligro sísmico que genera las placas tectónicas que interconecta todo el planeta tierra, estos son los que ocasionan muchas causas a las edificaciones habitadas por personas en donde estos se encuentran afectados por la inseguridad. También se encuentra lugares donde se tiene mala presencia de suelos, esto hace que las construcciones que se realicen cuenten con estudios en la parte de cimentación para tener en cuenta los efectos sísmicos en la estructura (Olivo, 2020, p. 2).

Según Sociedad Geológica del Perú (SGP), nuestro país está dentro de los países que tiene alto potencial sísmico, esto es debido a que nos encontramos en el denominado cinturón del fuego del pacífico por la placa de nazca, debido a esa región la tierra suele liberar más del 85% de las energías depositadas en su interior esto por los procesos de convección del manto también se tiene la presencia de la placa de nazca por toda la costa peruana. (SGP, 2019).

Hace años atrás en el departamento de Puno se experimentó una presencia de sismo registrado con 7.0 grados de magnitud, esto generó movimiento en diferentes lugares del departamento, teniendo menos consideración de daños a la salud de los habitan en esas zonas afectadas. Según Instituto Geofísico del Perú (IGP), el epicentro ha sido captado a 8 kilómetros de noroeste de la ciudad de Azángaro y a 270 kilómetros de profundidad. Luego, en la red social, el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional denominado como (COEN) detalló sobre el sismo que fue notado entre leve y fuerte en varias regiones, y al momento ocasionado ha caído rocas en algunas vías de comunicación, pero sin ocasionar daños personales ni materiales (INDECI, 2019).

1.2. Formulación del problema

Por los diferentes casos de sismos que se presenta de manera imprevista en nuestro país, como lo ocurrido en la región de Puno en diferentes zonas en el año

2019, y se siguen teniendo reportes de presencias de sismos de menos grado por IGP, viendo la situación en Perú las zonas expuestas altamente peligrosas y riesgosas son la costa por donde se aproxima la corriente de la placa de nazca y cierta parte de la sierra, de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones (RNE) detalla dentro de la norma E.030 las zonas clasificadas 4 y 3 tienen un factor alto, del cual la ciudad de Juliaca pertenece a la clasificación de tipo 3, esto indica que podemos tener presencia de estas eventualidades.

1.2.1. Problema general

¿Cómo podemos analizar el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos mediante la interacción suelo-estructura, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022?

1.2.2. Problemas específicos

¿De qué manera influirá la interacción suelo-estructura en los periodos de vibración de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022?

¿De qué manera la interacción suelo-estructura influirá en los desplazamientos de la edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022?

¿De qué manera la interacción suelo-estructura influirá en las derivas en el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022?

1.3 Justificación

1.3.1. Justificación teórica

Con el presente trabajo de investigación se justifica, debido a que buscamos nuevas alternativas de soluciones empleando la teoría de interacción suelo-estructura aplicado en edificaciones, bajo la consideración de la norma E.030 donde nos indica que podemos considerar la flexibilidad en la cimentación, para el cuál estudiamos un suelo elástico y deformable, en donde contamos con varios modelos dentro de este estudio para determinar los valores requeridos.

1.3.2. Justificación práctica

El presente trabajo de investigación se justifica debido a que nos permitirá dar soluciones alternativas ante estos problemas que existe en la construcción de edificaciones para la ciudad de Juliaca que se encuentra dentro de zona sísmica,

de acuerdo a la norma peruana el análisis se realiza en un modelo empotrado, lo que se propone es realizar el análisis con una base que se encuentre en flexibilidad, con esto ponemos en consideración el método de la interacción suelo-estructura (ISE) para las futuras construcciones.

1.3.4. Justificación metodológica

Con este trabajo de investigación se justifica, porque proporciona un aporte en la parte de análisis del comportamiento sísmico en una edificación, donde se realiza estudios básicos como topografía y mecánica de suelos para obtener los valores requeridos, así mismo este estudio tiene importancia metodológica de acuerdo que, la etapa de análisis de cálculo y los resultados determinados mediante la interacción suelo-estructura beneficiarán a una sociedad que pueda consultar este trabajo involucrado en el análisis de sismos empleados en una edificación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos mediante la interacción suelo-estructura, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar que tanto influye la interacción suelo-estructura en los periodos de vibración de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.
Determinar con la interacción suelo-estructura cuando influye en los desplazamientos de la edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.

Determinar con la interacción suelo-estructura que tanto incrementa las derivas en el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La interacción suelo-estructura, sí influye en el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.

1.5.2. Hipótesis específicas

La teoría de la interacción suelo-estructura sí influye en los periodos de vibración de la edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.

La interacción suelo-estructura sí influye en los desplazamientos máximos en la edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.

La interacción suelo-estructura sí influye en el incremento de las derivas en el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Castro y Pérez (2020) realizaron un modelo estructural donde consideraron efectos de la interacción sísmica suelo-estructura de una edificación en los suelos de tipos A, C y E, de esa manera los resultados que obtuvieron frente al área de acero de los componente estructurales considerados como columnas y vigas, en tanto concluyeron que empleando la interacción suelo-estructura (ISE) influyó cuando se aplica en suelos considerados media-baja como se tiene en suelos de tipo C y E debido que requirió menor acero en el refuerzo; ahora en suelos de tipo A la variación entre el acero calculado para el modelo empotrado y modelo con resortes es menor, entonces indicaron que en suelos de buena calidad no se nota la interacción suelo-estructura estática. La deformación que presentó en la estructura es mayor con el modelo de la ISE, teniendo las variaciones en el suelo de denominado A que es de 2.78 %, en suelo denominado C de 3.08 % y en E de 32.38 % con lo que viene a ser los esfuerzos, considerado la ISE tuvo una variación de 32.38 % comparando con el modelo empotrado.

Según Quezada (2020) analizó, evaluó y comparó el comportamiento de un edificio simulando en sismo, consideró la teoría de interacción suelo-estructura, adicionó un análisis para ver cuando mejoró el suelo a través de las pilas de agregado compactado. Visto esa interpretación contó con tres modelos para el análisis, los cuales son: base fija (empotrada), base con resortes que consideren respuesta dinámica del suelo sin mejoramiento y base con resortes que consideren respuesta dinámica del suelo mejorado con pilas. De estos modelos, analizó las variables como el desplazamiento, para el cual ha obtenido, el sismo en la dirección X los desplazamientos laterales se reducen en promedio un 74% para ambos modelos de base flexible. Para la dirección del sismo en Y, los desplazamientos se reducen en promedio un 71% para al modelo de base flexible sin mejoramiento del suelo y un 70% para el modelo de base flexible con mejoramiento del suelo.

Según Villavicencio & Peñafiel (2019) compararon sus resultados del análisis estructural del edificio considerado una altura mediana ubicado en Jipijapa, tomaron el tipo de zapatas aisladas para la cimentación; donde consideraron estudios de

interacción suelo-estructura, frente al sistema de base empotrada en la etapa de cálculo de resultados de la investigación utilizaron los modelos Fema, Asce y Barkan. Obtuvieron estos resultados como parte de análisis a cerca de desplazamientos, donde esto aumentó en un 86% al emplear Fema, es más superior el resultado frente al modelo empotrado, con lo que viene a ser las derivas aumentó en 2% entonces concluyeron, que los efectos generados por la interacción suelo-estructura en suelos del tipo D demostró desplazamiento teniendo periodos muy prolongados en las deformaciones mínimas presentadas en la estructura.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Ríos (2020) analizó los efectos de la interacción suelo-estructura frente al comportamiento sísmico de un edificio esto construido por sistema de muros estructurales, aplicó en dos tipos de suelo ubicado en Trujillo, tomó una edificación de 11 niveles que cumplen con las condiciones del reglamento nacional de edificaciones (RNE), tuvo en disposición planos arquitectónicos, estudio de suelos, y programas, se planteó realizar el análisis para obtener los periodos de vibración, bajo la consideración de las normativas cumplió con analizarlo y realizó un resumen de los periodos de vibración aplicando distintos modelos, en donde obtuvo como resultados para suelos S1 en 0.841, 0.876, 0.882 y 0.970 seg. para Norma Peruana, modelo Barkan, Norma Rusa y Norma Boliviana, en cuando a los resultados para suelo S2 fueron 0.841, 0.893, 0.884 y 0.962 seg. para Norma Peruana, modelo Barkan, Norma Rusa y Norma Boliviana, finalmente concluyó indicando que tuvo un incremento significativo por cada modelo de método utilizado, donde tuvo la base más flexible para suelos S1 y S2 al utilizar la Norma Boliviana.

Según Olivo (2020), analizó una edificación ubicada en Lima, donde determinó la influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio, para esto ha empleado la norma peruana (empotrado) usando como un patrón y dos modelos distintos de interacción suelo – estructura que estudia como el modelo Fema 440 y Asce, para realizar la investigación empleó estudios de suelos, planos de arquitectura, softwares como Excel, Etabs para encontrar sus resultados, ha obtenido las derivas y estos van en aumento, para realizar el análisis por interacción suelo-estructura consideró la flexibilidad de la estructura en la cimentación, viendo que se une entre suelo-cimiento-estructura. Ha realizado su análisis en el software Etabs versión 18 para determinar y calcular los valores, de

esa manera obtuvo las derivas, en donde los resultados para la deriva más alto empleando el modelo patrón es en X 0.0125 y en Y 0.0141, ahora en los modelos de la interacción suelo-estructura para Fema en X 0.0055 y en Y 0.009, con respecto a Asce obtuvo en X 0.005 y en Y 0.005, concluyó que tuvo un incremento con los modelos de ISE y obteniendo como resultado favorable al utilizar el modelo Asce debido a que se encuentra debajo del margen de derivas según la norma E.030.

Según Huanca (2018) analizó la interacción suelo-estructura sometiendo a eventos sísmicos las viviendas ubicadas a la bahía del lago Titicaca en la ciudad de Puno, ha analizado a través de la norma peruana E.030, 2016 lo cual utilizó como base empotrada denominando común y los modelos de interacción suelo-estructura a D.D. Barkan O.A. Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 para los análisis que ha realizado el tesista, posteriormente comparó el análisis sísmico dinámico obtenido por los modelos considerando la interacción suelo-estructura frente al análisis sísmico común, donde obtuvo los desplazamientos máximos en la estructura observó que incrementó con los modelos de la interacción suelo-estructura, en el eje X 10.60% y en el eje Y 3.95% para D.D. Barkan O.A. Savinov y X 23.01% y en el eje Y 8.77% para Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, finalmente concluyó indicando que el desplazamiento que se origina en el edificio es desde la cimentación.

Según Sucasaca y Mamani (2017) tuvieron como objetivo evaluar los efectos causados por cargas de sismos a través de la Interacción suelo - estructura en el estadio de la Universidad del Altiplano Puno. Utilizaron la base empotrada según la norma E.030 y han empleado varios modelos de la interacción suelo – estructura como Fema 440, D.D. Barkan O.A. Savinov, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 y Winkler, apoyados bajo softwares como Excel y Etabs para realizar cálculos. En donde obtuvieron como resultados para periodo de vibración, con la Norma Rusa teniendo un incremento en 0.882 seg.; con modelo Winkler en, 0.889 seg.; con el modelo Barkan en, 0.893 seg., por tanto, con el modelo Fema en 0.917 seg. considerando la teoría de la interacción suelo-estructura, dieron a conocer que los periodos de vibración aumentan conforme a emplearse distintos modelos, del cual dedujeron que estos modelamientos se acercan al funcionamiento real de la estructura de una edificación frente a la presencia de un evento sísmico.

2.2. Teorías relacionadas al tema

2.2.1. Definición de sismos

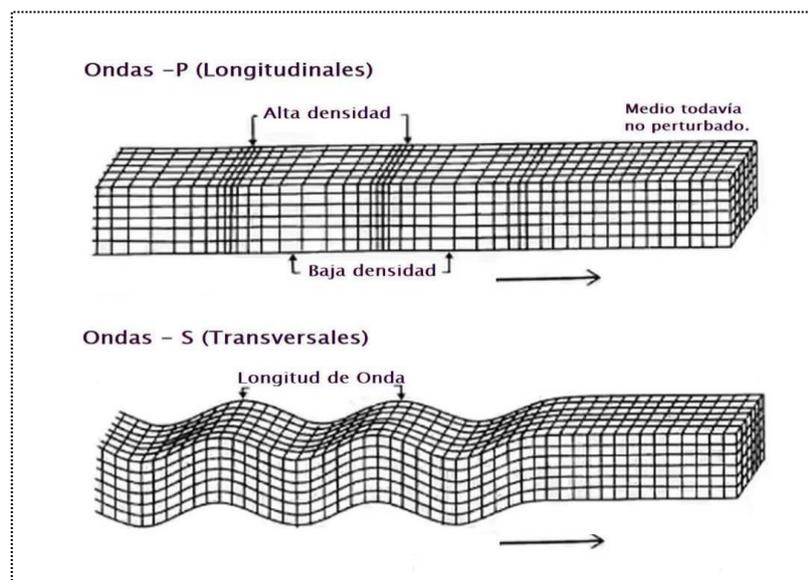
Los sismos son ocasionados por liberaciones de las energías que se producen debajo de la corteza terrestre, generan fuertes tensiones que estos se presencian de una manera de vibración sobre la superficie terrestre, según la ingeniería los sismos más peligrosos y tienen mayor riesgo son de origen tectónico, estos generan desplazamientos de manera brusca y diversos movimientos sobre el cual construimos y habitamos (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 19)

Se tiene dos tipos de transmisiones de cargas de sismos, como longitudinales y transversales se describe: las ondas longitudinales se presentan de manera paralela, y las ondas transversales se presentan en sentido transversal a las longitudinales.

Las ondas longitudinales o denominados ondas “P” también llamado de compresión, estas ondas suelen registrarse primero en un evento ocurrido. Las ondas que ocasionan considerables daños son denominados transversales, ondas “S” también llamados de cortante; el movimiento obtenido es perpendicular a la dirección que se presenta (Cantero, 2021).

Figura 1

Ondas Longitudinales y Transversales



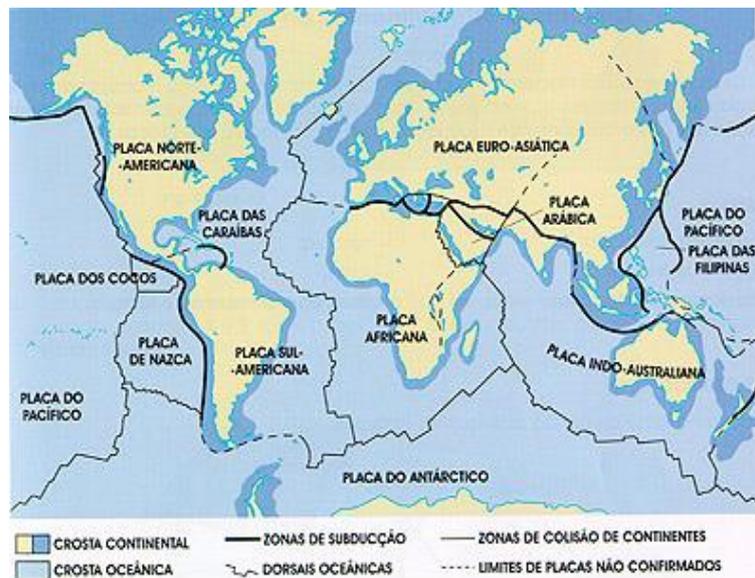
Fuente: Héctor Cantero (2021)

2.1.2. Sismicidad del Perú

De acuerdo a las placas tectónicas, la costa de Perú está rodeada por la placa de Nazca, la sismicidad en Perú es ocasionada debido a la ocurrencia de subducción de las placas y la dinámica tectónica presentada dentro del continente, en la costa peruana se tiene la presencia de la placa de Nazca, los sismos denominados foco superficial están repartidos entre la línea de la fosa peruano-chilena en toda sus costas, ahora los sismos denominados de foco intermedio estos son seleccionados en tres, el primero está paralelo a la costa bajo 8° latitud Sur, el segundo se encuentra en la zona subandina al noreste de las regiones del norte y el último, en las regiones del sur de Perú. (IGP, 2014).

Figura 2

Placas Tectónicas en el Mundo



Fuente: Geofitec (2020).

El movimiento que se presenta en las placas genera una acumulación constante de esfuerzos que esto traduce una fuente generadora de actividades sísmicas. Tal como indica en la información de nuestro país, por otra parte, también brinda las normas en Perú información desde siglo 15 donde indica que se ha registrado 8 sismos mayores a los 8 grados de Escala de Richter y un promedio centenar de 7 a 8 grados de magnitud, esto se presentó por las zonas costeras o cercanas a ella. La característica que se tiene de estos eventos son los focos superficiales (Sucasaca & Mamani, 2017, p. 19).

Es en base a varios antecedentes realizan estudios en el cual plantean los parámetros para que se pueda realizar un diseño sísmo resistente. Esto se puede obtener de la norma E.030 donde se tiene la zonificación del territorio peruano esto distribuye las zonas de una manera homogenizada de las aceleraciones en cada región. Es muy visible que los estudios realizados a cerca de riesgos sísmicos en nuestro país que han implementado permiten tener la información que se necesite para realizar el diseño de una edificación, estos se deben ajustar a las condiciones de nuestras zonificaciones del Perú (Rodríguez & Villavicencio, 2021).

2.3. Estudio de la Interacción suelo-estructura

Cuando se realice el análisis sísmico con fines de evaluar la estructura de edificación es de mucha importancia considerar los efectos de la ISE en la cimentación. Puesto que, se tiene eventos sísmicos estos afectan la respuesta estructural mediante su fundación. Teniendo la rigidez en la superficie, la tipología y disposición de la fundación, de la misma forma el tipo de sistema estructural del edificio, trabajan mutuamente, identificando los efectos sísmicos en una estructura de una edificación en lo que viene a ser de sismos (Anyaipoma, 2019, p. 30).

La respuesta sísmica de la estructura del edificio está profundamente asociado a la conformación como los movimientos sísmicos que influyen a la superestructura de una edificación por parte de la cimentación. Las especificaciones en lo dinámico en el suelo, tipos de cimentaciones, la rigidez y disposición de esta, también se considera su sistema estructural del edificio estos colaboran entre sí para asimilar los efectos sísmicos en la edificación. (Mendoza y Rodas, 2015, p.37).

Principal diferencia que al considerar flexibilidad en el suelo para que esto permita superiores desplazamientos incluso, el suelo alterará el contenido de frecuencias de los sismos. A estos cambios denominan efectos ocurridos en sitio. Estos pueden denominarse como un producto de la interacción suelo-estructura, pero se consideran determinantes para el comportamiento dinámico de la estructura. Los efectos del lugar se estudian mayormente y sus efectos lo consideran en los reglamentos de diseño a través de los espectros de diseño (Fernández, 2013).

Las diferencias más consideradas que provoca estos tipos de interacción es el cambio del periodo principal y los amortiguamientos.

2.4. Modelos de la interacción suelo-estructura

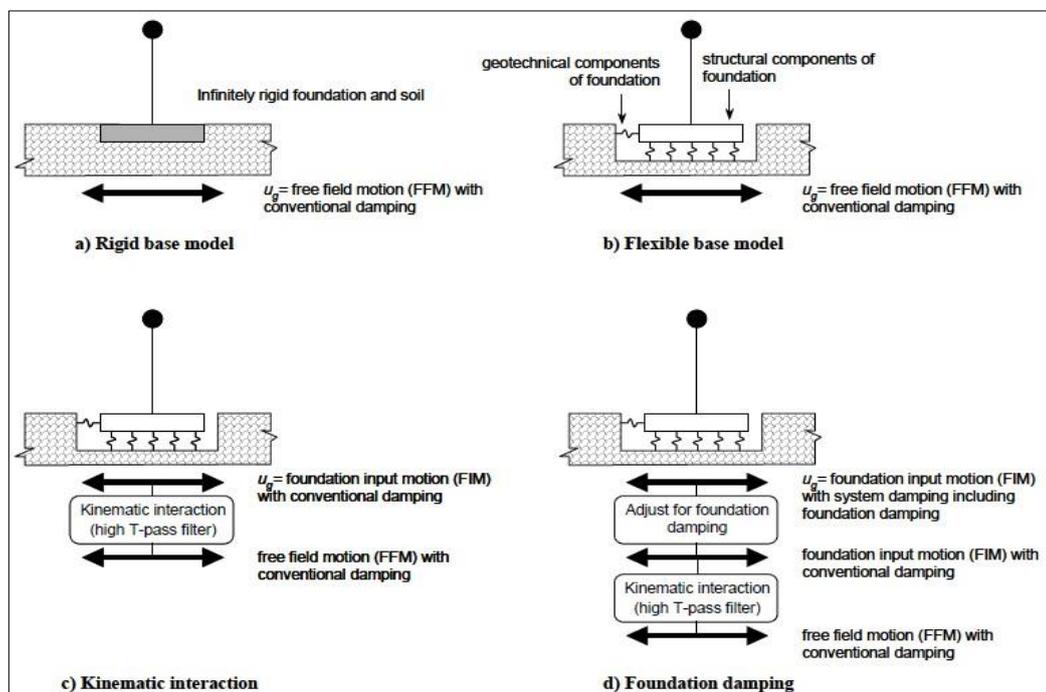
2.4.1. Modelo Fema 440

En el año 2005, mediante la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (Fema 440), realizan estudios para determinar el efecto de la interacción entre una estructura considerando el suelo como apoyo de un modelo estructural, para el proceso de análisis estático. De los cuales obtienen 3 resultados a través de los efectos de interacción suelo-estructura, detalla que:

- Primero es la incorporación de la flexibilidad para este sistema de Suelo-Fundación (Efectos de Cimentación Flexible).
- Segundo es la filtración de movimientos ocasionados del suelo y estos transmiten a la estructura (Efectos Cinemáticos).
- Como tercero tenemos disipaciones de energía en el suelo-estructura mediante la radiación y el suelo de histéresis de amortiguación (Efectos de Amortiguación de la fundación).

Figura 3

Modelos interpretados por Fema 440



Fuente: Fema 440.

Para determinar el módulo de elasticidad E , y los coeficientes de poisson ν se va emplear la siguiente tabla.

Tabla 1

Parámetros del Suelo

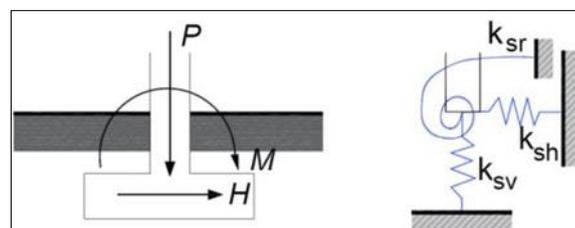
Tipo de suelo	Módulo de elasticidad E		Relación de Poisson ν
	lb/pulg ²	MN/m ²	
Arena suelta	1,500 – 3,500	10.35 – 24.15	0.20 – 0.40
Arena densa media	2,500 – 4,000	17.25 – 27.60	0.25 – 0.40
Arena densa	5,000 – 8,000	34.50 – 55.20	0.30 – 0.45
Arena limosa	1,500 – 2,500	10.35 – 17.25	0.20 – 0.40
Arena y grava	10,000 – 25,000	69.00 – 172.50	0.15 – 0.35
Arcilla suave	600 – 3,000	4.1 – 20.7	
Arcilla media	3,000 – 6,000	20.7 – 41.4	0.20 – 0.50
Arcilla firme	6,000 – 14,000	41.4 – 96.6	

Fuente: Braja Das (2001)

Según Fema 356, las zapatas que no se encuentren en una profundidad considerable, son rígidas con respecto al suelo de apoyo, consideran un modelo como un resorte desacoplado el cual interpreta la rigidez de la fundación podemos observar en la figura 4.

Figura 4

Resorte Desacoplado Equivalente a la Rigidez del Suelo.

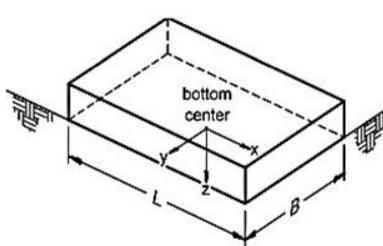


Fuente: Fema 356 (2000).

En resumen, podemos observar que en la figura 5 se observan las ecuaciones para evaluar varios modelos existentes a través de interacción suelo-estructura para este caso el Fema 440, para calcular las rigideces en la superficie en direcciones de x , y , z ; se realizan multiplicando al factor de incrustación β que se mostrará en la figura 5 (Olivo, 2020, p. 15).

Figura 5

Determinación de Coeficientes de Rigideces Fema

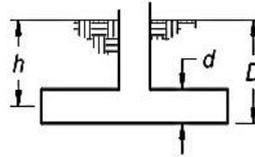
Degree of Freedom	Stiffness of Foundation at Surface	Note
Translation along x-axis	$K_{x,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.2 \right]$	 <p>Orient axes such that $L \geq B$</p>
Translation along y-axis	$K_{y,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.4 \frac{L}{B} + 0.8 \right]$	
Translation along z-axis	$K_{z,sur} = \frac{GB}{1-\nu} \left[1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.8 \right]$	
Rocking about x-axis	$K_{xx,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.1 \right]$	
Rocking about y-axis	$K_{yy,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right]$	
Torsion about z-axis	$K_{zz,sur} = GB^3 \left[0.53 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 0.51 \right]$	

Fuente: Fema 356 (2000).

Dónde: G representa módulo de la rigidez al corte (Ton/m²); B representa la base de la zapata esto medido desde el punto centro (m); ν representa el coeficiente de Poisson (adimensional) y L representa largo de zapata medido de punto centro (m).

Figura 6

Determinación de Factores de Corrección Fema

Degree of Freedom	Correction Factor for Embedment	Note
Translation along x-axis	$\beta_x = \left(1 + 0.21 \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{B}} \right) \cdot \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{BL^2} \right)^{0.4} \right]$	 <p>d = height of effective sidewall contact (may be less than total foundation height) h = depth to centroid of effective sidewall contact</p> <p>For each degree of freedom, calculate $K_{emb} = \beta K_{sur}$</p>
Translation along y-axis	$\beta_y = \beta_x$	
Translation along z-axis	$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} \frac{D}{B} \left(2 + 2.6 \frac{B}{L} \right) \right] \cdot \left[1 + 0.32 \left(\frac{d(B+L)}{BL} \right)^{2/3} \right]$	
Rocking about x-axis	$\beta_{xx} = 1 + 2.5 \frac{d}{B} \left[1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.2} \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{L}} \right]$	
Rocking about y-axis	$\beta_{yy} = 1 + 1.4 \left(\frac{d}{L} \right)^{0.6} \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{d}{L} \right)^{1.9} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.6} \right]$	
Torsion about z-axis	$\beta_{zz} = 1 + 2.6 \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{d}{B} \right)^{0.9}$	

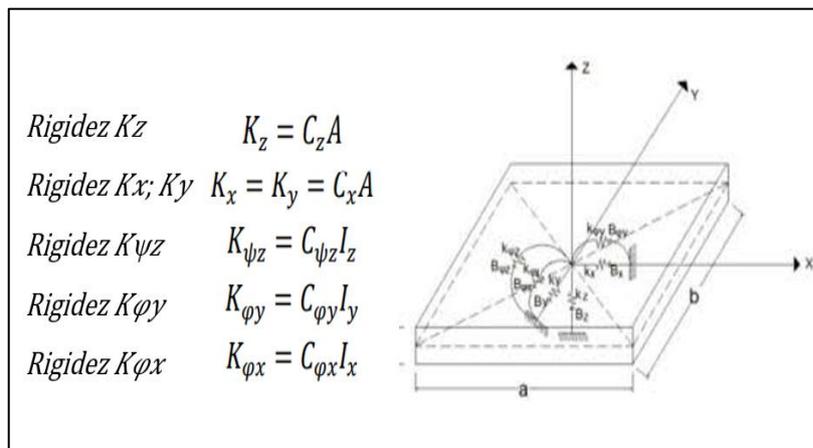
Fuente: Fema 356 (2000).

2.4.2. Modelo Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Considerando una carga sísmica esta norma considera 6 grados de libertad de la interacción suelo-estructura las ecuaciones como podemos visualizar en la fig. 7. Como los coeficientes de rigideces de compresión elástica uniforme K_z ; desplazamiento elástico uniforme K_x y K_y ; compresión elástica no uniforme K_{ψ} y desplazamiento elástico no uniforme K_{φ} , (Villarreal, 2009)

Figura 7

Determinación de Coeficientes de Rigideces



Fuente: Elaborado en base a la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Donde: A viene a ser el área en la cimentación (m^2), I_{φ} es el momento de inercia (m^4), I_{ψ} es el momento de inercia (m^4)

Lo importante de la característica elástica de la cimentación, o el coeficiente de compresión elástica uniforme C_z , kN/m^3 (T/m), estos se determinan a través de los ensayos que se pueden realizar en la superficie. Ahora en cuando no se pueda tener esa información se va tener que determinar mediante la fórmula de coeficiente C_z , que es el siguiente:

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right)$$

Donde: b_0 es el coeficiente (m^{-1}) asumido mediante la Tabla 2, E es el módulo de deformación del suelo kPa (T/m^2), determinadas por las tablas que se van realizar en los resultados o del anexo de la investigación ISE en edificios altos, o en forma experimental.

Esta norma indica que debemos estudiar las rigideces en un área de:

$$A_{10} = 10m^2$$

Tabla 2

Valores para el Coeficiente b_o

Tipo de suelo de fundación	b_o (m^{-1})
Suelos arenosos	1.00
Arenas arcillosas	1.20
Arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas	1.50

Fuente: Villarreal Castro, 2009

Donde, estos coeficientes de los desplazamientos elásticos uniformes C_x , se dan en kN/m³ (T/m³); ahora la compresión elástica no uniforme C_φ , se da en kN/m³ (T/m³) y desplazamiento elástico no uniforme C_ψ , se da en kN/m³ T/m³; estos se pueden encontrar por estas fórmulas:

$$C_x = 0.7C_z - \text{Coeficiente } C_x$$

$$C_y = 0.7C_z - \text{Coeficiente } C_y$$

$$C_{\varphi x} = 2C_z - \text{Coeficiente } C_{\varphi x}$$

$$C_{\varphi y} = 2C_z - \text{Coeficiente } C_{\varphi y}$$

$$C_{\psi z} = C_z - \text{Coeficiente } C_{\psi z}$$

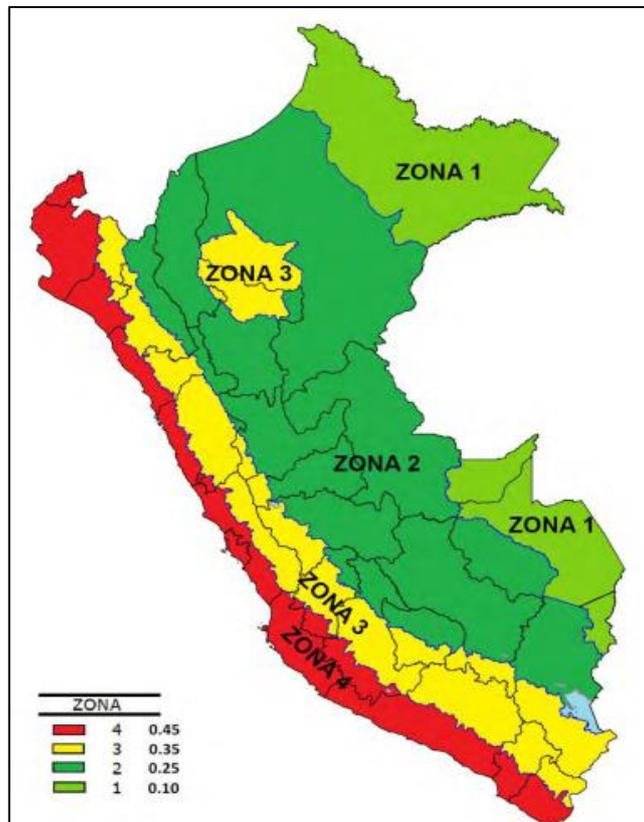
2.5. Análisis sísmico estático

A través de la norma E.030 publicado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS), este método lo realiza como el análisis estructural debido a las demandas sísmicas presentadas a través de un grupo de fuerzas ejercidos hacia la parte central de una masa de cada nivel de la estructura de una edificación. Esto se aplica en todo tipo de estructuras tanto regulares como irregulares, estos ubicados en distintas zonas, de determinarse en otras zonas sísmicas también podemos aplicar sin ningún inconveniente considerando estructuras regulares con una altura inferior a los 30 metros y en caso de las edificaciones con muros de concreto armado se considera altura inferior a 15 metros (Olarte et al., 2017).

Podemos presenciar la zonificación del territorio peruano en la figura 8 de acuerdo a la norma E.030. como los siguientes:

Figura 8

Zonificación Sísmica del Perú



Fuente: MVCS (2016).

Para cada clasificación de zona asignan un factor denominado Z como podemos visualizar en la Tabla 3. El factor asignado a cada zonificación interpreta las aceleraciones máximas en sentido horizontal considerando una superficie rígida, considerando la probabilidad del 10 % para un periodo de retorno de 50 años.

Tabla 3

Factor de Zona “Z” Según Norma E.030

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma E.030 (2018).

Tabla 4

Parámetros de los Suelos (S , T_p y T_L)

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E.030 (2018).

Periodo Fundamental de Vibración

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

En caso que sean edificios de pórticos de concreto armado sin tener presencia de muros de corte se asume 35, ahora en edificios de pórticos de concreto con muros en las cajas de escaleras y ascensores se asume 45 y para edificios de albañilería concreto armado dual se asume 60. Fuente: Según Norma E.030 (2018).

Factor de Amplificación Sísmica (C)

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Para obtener el factor de amplificación requerido, se tomará valores determinados de los parámetros de la tabla 4, considerando el valor obtenido del periodo fundamental de vibración.

Tabla 5

Categoría de las Edificaciones y su Factor de Uso (U)

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0

Fuente: Norma E.030 (2018).

Tabla 6

Categorías de Sistema Estructural en Edificaciones

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: Norma E.030 (2018).

Tabla 7

Sistema Estructural

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: Norma E.030 (2018).

Coefficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, R

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

Dónde: I_a son irregularidades que puedan existir en altura y I_p irregularidades existentes en planta.

El valor C/R se debe considerar menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11$$

La fuerza cortante total en la base se determinará a través:

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

Para la distribución de fuerza sísmica en altura será considerado que: para T menores o iguales al 0.5 seg. $k = 1$, en caso sea mayor que 0.5 seg. $k = (0.75+0.5T) \leq 2$.

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

2.6. Análisis sísmico dinámico

A través de la Norma E. 030 MVCS (2018), esta teoría se puede aplicar en diferentes tipos de estructuras de una edificación. Este análisis considerado dinámico nos sirve para determinar las derivas y las fuerzas en diversos elementos de una edificación, siempre empleando los espectros de diseño suavizados que son un promedio determinado de los movimientos sísmicos ocasionados (Papadopoulos et al., 2018).

Para la aceleración espectral se utilizará un espectro con la siguiente definición:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g = \left(\frac{Z \cdot U \cdot S \cdot g}{R} \right) C = (FE) \cdot (C)$$

En el análisis de la fuerza cortante mínima se realizará para cada dirección, esto en la fuerza cortante en el primer nivel y esto no deberá ser menor al 80% del valor calculado para estructuras y de igual manera no deberá ser menor al 90% para estructura irregulares (Olivo, 2020, p. 23).

Tabla 8

Factor de Escala para la Cortante Mínima

Factor de escala	
$FE = \left(\frac{Z * U * S * g}{R} \right) * \frac{0.80V_{Estático}}{V_{Dinámico}}$ <i>REGULAR</i>
$FE = \left(\frac{Z * U * S * g}{R} \right) * \frac{0.90V_{Estático}}{V_{Dinámico}}$ <i>IRREGULAR</i>

Fuente: Norma E.030 (2018)

Según la norma E.030 (2018) la excentricidad accidental esta es igual a 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis en cada caso se debe considerar el signo más desfavorable

III. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque, tipo, nivel y diseño de investigación

3.1.1. Enfoque de investigación

Cuando se considera enfoque cuantitativo debemos desarrollar el análisis de datos con valores numéricos, podemos emplear software estructural y valores determinados de los ensayos de mecánica de suelos para considerar sus propiedades físicas y geotécnicas del suelo (Huanca, 2018, p. 63).

Es cuantitativo, porque se describió el proceso de teoría para observar durante la elaboración de la investigación, consiste en realizar cálculos numéricos a través de ISE para determinar los valores requeridos, de la misma manera en estos tipos se realiza el conteo y la medición de manera numérica.

3.1.2. Tipo de investigación

Cuando la investigación es de tipo aplicada se busca dar alternativas de solución a problemas prácticos aplicando los conocimientos teóricos, pues se tiene que conocer idóneamente para realizar, para actuar, para construir y/o modificar (Anyaipoma, 2019, p. 66)

Tomando esa consideración es de tipo aplicada, debido a que se ha estudiado dos modelos a cerca de interacción suelo- estructura, esto se aplicará para determinar los desplazamientos, periodos de vibración y fuerzas internas, aplicando las cargas sísmicas. Con el planteamiento del problema específico buscamos determinar aplicando el Fema y la Norma Rusa.

3.1.3. Nivel de investigación

Cuando se realiza los análisis descriptivos son muy primordiales en la mayoría de los proyectos de investigación, donde se debe considerar como objetivo importante identificar las poblaciones para describir las tendencias y variaciones en poblaciones.

Entonces es descriptivo, porque se va describir los estados actuales del complemento de esta investigación, esto sin modificar algún dato requerido. Así mismo, los estudios realizados cuando es descriptiva estos se abocan a la descripción de las características de cualquier valor a emplearse.

3.1.4. Diseño de la investigación

Las investigaciones no experimentales tienen por diseño descriptivo, debido a que se observan los hechos tal y como se encuentran en su contexto natural, sin modificar intencionalmente las variables considerado independiente para poder visualizar el efecto en la variable dependiente (Sousa, et. al, 2007, p.3).

Entonces esta investigación es considerado descriptivo, porque tiene por finalidad, describir del modelamiento su comportamiento simulado en sismo de la edificación tomando la teoría de la interacción suelo-estructura, para esto la variable serán determinadas casi en la parte final, describiendo e interpretando los resultados obtenidos.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable independiente

Interacción suelo-estructura

Definición conceptual: Es el contacto dinámico que produce el suelo en la superficie y la cimentación, estos transmiten esos movimientos al edificio, siendo dicho tipo de análisis el real, debido a que estos se analizan como trinomio suelo-cimentación-superestructura (Rios,2020, p. 60).

Definición operacional: La teoría de la interacción suelo-estructura se utiliza en diferentes análisis de cimentación en la superficie, hay varios modelos en el cual se utilizan esta teoría como Fema, Norma Rusa, entre otros.

Indicadores: Coeficiente de rigidez traslacional y rotacional, Cálculos de la interacción suelo-estructura.

Escala de medición: Ordinal

3.2.2. Variable dependiente:

Comportamiento sísmico

Definición conceptual: Es la sismicidad de estructuras ocasionadas a través de cargas de sismo en un área del análisis mecánico de las construcciones que estudia el efecto de las acciones externas que producen vibraciones (Rios,2020, p. 60).

Definición operacional: El comportamiento sísmico se emplea para determinar fuerzas cortantes, periodo de vibración, desplazamientos, en una edificación o en otro tipo de construcciones y está evaluada de acuerdo al análisis dinámico de la estructura.

Indicadores: Topografía, estudio de mecánica de suelos, Columnas, vigas, losas aligeradas, periodos de vibración, desplazamiento en X y Y, derivas en X e Y, cortantes basales en X e Y mediante la interacción suelo-estructura.

Escala de medición:

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Como parte de población se va a considerar la urbanización Zona Industrial de la ciudad de Juliaca.

3.3.2. Muestra

La investigación se ha realizado en Jr. El Salvador Mz. D-08 lote 03 de la urbanización Zona Industrial, distrito de Juliaca, provincia de San Román, del departamento de Puno.

3.3.3. Muestreo

En este trabajo de investigación se considera como tipo de muestreo no probabilístico, con criterios y decisiones tomadas propias del investigador, que he optado por conveniencia.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica a emplearse para recolectar datos ha sido la visualización, ya que se ha obtenido de esa manera las dimensiones, unidades de medidas de los estudios básicos, planos arquitectónicos, normas influyentes, una vez observado se ha empleado el software Etabs para obtener los cálculos realizados para los modelamientos, también se observó de la misma manera los valores obtenidos para la edificación.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Se ha empleado como instrumentos para procesar, obtener y analizar los resultados, el software Excel para determinar las rigideces en las zapatas, esto a través de los modelos de la ISE, se va emplear el Etabs para ingresar las rigideces obtenidas del software anterior, en este proceso determinamos el modelamiento, obteniendo desplazamientos, periodos de vibración y fuerzas internas.

3.5. Procedimiento

En la parte procedimental de esta tesis, nos abocamos a estudiar sobre una edificación de 5 pisos ubicado en la urbanización Zona Industrial de la ciudad de Juliaca. Para realizar su desarrollo primeramente nos abocamos en revisar las normas vigentes a cerca de diseño sismorresistente como la norma E.030, del cual tomaremos la base empotrada como modelo patrón, en dicha norma indica que podemos considerar la base flexible de ser el caso pertinente, entonces por esa razón se ha tomado en cuenta emplear dos modelos de la ISE. Se realizó el predimensionamiento según al plano arquitectónico, con las medidas obtenidas, luego en la parte de zapatas se obtiene las rigideces esto utilizando los modelos considerados de la ISE, con esos valores obtenidos ingresamos al software Etabs, de esa manera obteniendo la respuesta estructural del modelamiento realizado en el comportamiento sísmico del edificio a través de Fema y Norma Rusa, en donde obtenemos los desplazamientos, los periodos de vibración y las fuerzas internas, con estos valores podemos plantear nuestra discusión.

3.6. Método de análisis de datos

Como parte del método de análisis de datos se ha realizado a través de revisión, ya que se ha tomado coeficientes y valores para aplicar en el software Etabs de las normas vigentes y modelos dinámicos de la interacción suelo-estructura, se ha podido observar los resultados obtenidos del software Etabs de la misma manera del Microsoft Excel, los cuales estos valores obtenidos, se representará de manera gráfica para interpretar los resultados, esto tomando en consideración zapatas aisladas en el terreno de fundación.

3.7. Aspectos éticos

Considero como estudiante egresado y bachiller de la carrera profesional de Ingeniería Civil, se ha elaborado aplicando los principios de honestidad, respeto y confianza con el cual indico que no se ha utilizado ninguna revista, tesis, artículos y otros sin haber citado adecuadamente por su autoría. Los cálculos realizados con los métodos empleados, resultados obtenidos del software, conceptos empleados en el proceso de elaboración son de autoría del investigador de este trabajo.

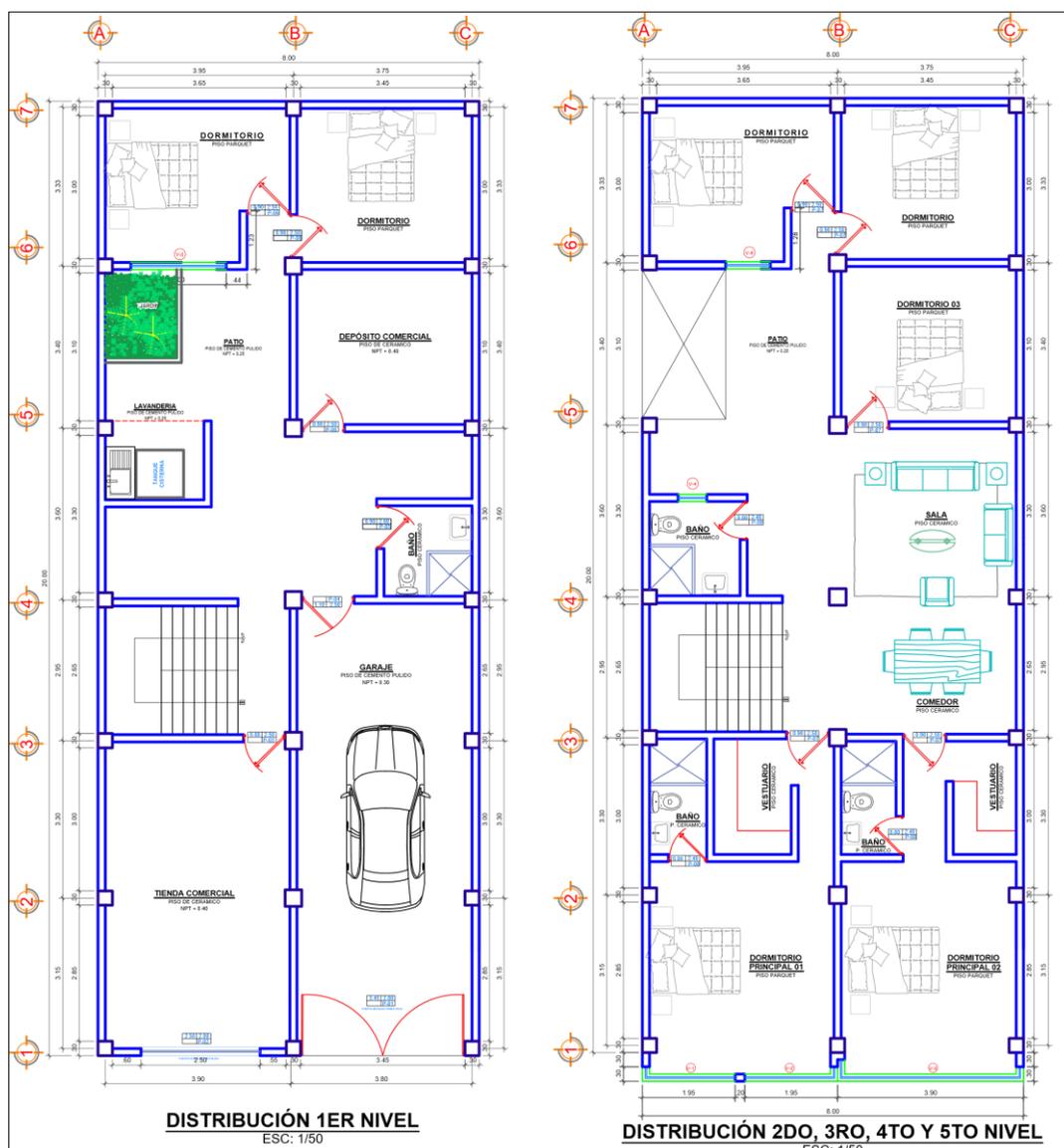
IV. RESULTADOS

4.1 Descripción del proyecto

Se ha tomado un edificio a nivel de proyecto que es una vivienda multifamiliar que son de 5 pisos, las dimensiones según el plano son de 20.00 metros x 8.00 metros, teniendo un área de 160 m². Teniendo la altura de entrepiso primer nivel 3 metros y altura típica en el resto de 2.70 metros. Ubicada en el Jr. El Salvador Mz D-08 Lote 03 de la urbanización Zona Industrial, del distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno.

Figura 9

Planos de Planta del Edificio de 5 Pisos



Fuente: Elaboración propia

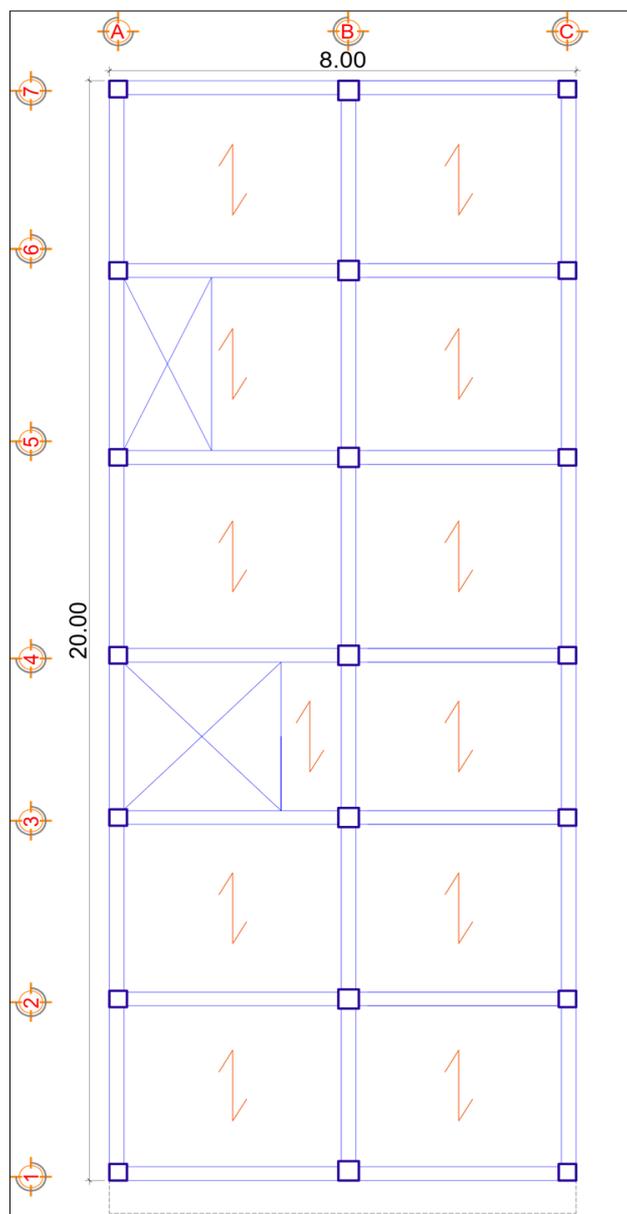
4.2. Configuración estructural

4.2.1. Estructuración

La estructuración se ha realizado tomando consideraciones de las distancias de las vigas principales y secundarias, columnas, para determinar el sentido de la vigueta, de la misma manera se modifica en lo menor posible la arquitectura planteada, se realiza con fines de cumplir con las distribuciones adecuadas en los elementos estructurales que compone esta edificación.

Figura 10

Estructuración del Edificio de 5 Pisos



Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Predimensionamiento estructural

Predimensionamiento de losa aligerada

El peralte para una losa aligerada considerando en una sola dirección se puede determinar a través de la luz neta de la viga analizada, como detalla en la siguiente tabla. (Blanco, 1997)

$$H = \frac{Ln}{25}$$

Tabla 9

Peralte de Losa Aligerada en una Dirección

Ln (m)	H (m)	H Ladrillo (m)	Elosita (m)
Ln<4.00	0.17	0.12	0.05
4.00<Ln<5.50	0.20	0.15	0.05
5.00<Ln<6.50	0.25	0.20	0.05
6.00<Ln<7.50	0.30	0.25	0.05

Fuente: Blanco, 1994

El tramo más largo determinado de la luz neta en sentido de la vigueta es de 3.60 metros, al determinar el peralte a través de la ecuación obtenemos 0.14m, la losa aligerada predimensionada quedará en 0.20 m. Se tomará este valor para no desconfigurar las alturas de nivel de cada entrepiso.

Predimensionamiento de vigas

Según la norma E.060 recomienda que la base de una viga que forme parte de pórticos o elementos sismorresistentes el ancho no deberá ser menor a los 25 cm. esto con la finalidad de evitar las cangrejeras durante el proceso de su constructivo de la edificación.

- a) Peralte de vigas principales

$$H = \frac{Ln}{10}$$

- b) Peralte de vigas secundarias

$$H = \frac{Ln}{12}$$

- c) Base de vigas

$$Base = 0.3H \text{ a } 0.5H$$

El predimensionamiento de las vigas principales y secundarias quedaría de las siguientes dimensiones:

Tabla 10

Predimensionamiento de Vigas Principales

Viga principal	Ln	H	bw	Tipo de viga
EJE 1 - 1	3.9	0.4	0.25	VP - 01
EJE 2 - 2	3.9	0.4	0.25	VP - 02
EJE 3 - 3	3.9	0.4	0.25	VP - 03
EJE 4 - 4	3.9	0.4	0.25	VP - 04
EJE 5 - 5	3.9	0.4	0.25	VP - 05
EJE 6 - 6	3.9	0.4	0.25	VP - 06
EJE 7 - 7	3.9	0.4	0.25	VP - 07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Predimensionamiento de Vigas Secundarias

Viga secundaria	Ln	H	bw	Tipo de viga
EJE A - A	3.6	0.3	0.25	VS - 01
EJE B - B	3.6	0.3	0.25	VS - 02
EJE C - C	3.6	0.3	0.25	VS - 03

Fuente: Elaboración propia

Vigas principales serán de dimensiones 0.25x0.40 metros, en las vigas secundarias será de 0.25x0.30 metros.

Predimensionamiento de columnas

Se realiza un predimensionamiento inicial para asumir las medidas en el plano arquitectónico, esto con la finalidad de obtener el peso aproximado que va a soportar la columna y determinamos de la siguiente manera:

- a) Columnas céntricas

$$a = \frac{H}{8}$$

- b) Columnas excéntricas

$$a = \frac{H}{9}$$

c) Columnas esquinadas

$$a = \frac{H}{10}$$

Donde: a es el lado de la columna determinada y H viene a ser la altura de entrepiso.

Como parte de datos tenemos que:

alturas de entrepiso de segundo a quinto piso son de 2.7 m

altura de primer piso es de 3.0 m

Determinando a través de las fórmulas mencionadas el lado de las columnas vendrían a ser de las siguientes dimensiones, estas medidas son medidas dimensionalmente cada 5 centímetros, por el cual se tendrá que redondear al inmediato superior considerando los 5 centímetros, entonces tendremos las siguientes medidas.

Tabla 12

Predimensionamiento Inicial de Columnas

Predimensionamiento inicial de columnas				
Tipo de columna	Obtenido		Redondeado	
	b	h	b	h
Columna céntrica	0.34	0.34	0.35 m	0.35 m
Columna excéntrica	0.30	0.30	0.30 m	0.30 m
Columna esquinada	0.27	0.27	0.30 m	0.30 m

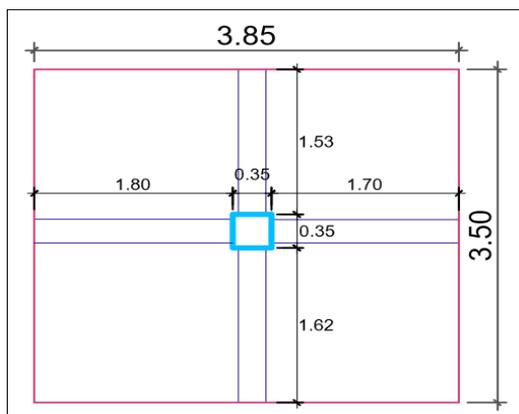
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido estas dimensiones del predimensionamiento inicial de columnas se realiza el cálculo definitivo para las columnas que se ha obtenido a través del metrado de carga de la parte de área tributaria donde se encuentre la columna, para ver detalle de plano completo revisar anexos en sección planos, entonces empezamos con el predimensionamiento final.

Columna Céntrica:

Figura 11

Área Tributaria de la Columna Céntrica



Fuente: Elaboración propia

Se van a determinar las cargas dentro del área tributaria para tener las dimensiones de la columna, el peso específico del concreto en toneladas por metro cúbico viene a ser de 2.4 el cual se va considerar ese valor.

Tabla 13

Metrado de Cargas para Columna Céntrica

Metrado de carga muerta (WD) y carga viva (WL)							
Descripción	Pisos (und)	Dimensiones			Carga (tn/m ³)	Carga (tn/m ²)	Peso (tn)
		b (m)	h (m)	L (m)			
Vigas principales en eje X	5	0.25	0.40	3.50	2.40		4.2
Vigas secundarias en eje Y	5	0.25	0.30	3.15	2.40		2.84
Columnas (2do al quinto p.)	4	0.35	0.35	2.70	2.40		3.18
Columnas (primer piso)	1	0.35	0.35	3.00	2.40		0.88
Losa aligerada	5	11.70				0.30	17.55
Acabado	5	11.70				0.10	5.85
Tabiquería	5	11.70				0.15	8.78
Total de carga muerta WD							42.92
Sobrecarga en los pisos regulares	4	Área: 11.70				0.20	9.36
Sobrecarga en azotea	1	Área: 11.70				0.10	1.17
Total de carga viva WL							10.53
Total WD + WL							53.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Determinación de Columna

Tipo C1 (para los primeros pisos)	Columna interior	$P = 1.10P_o$ $N = 0.30$
Tipo C1 (para los 4 últimos pisos superiores)	Columna interior	$P = 1.10P_o$ $N = 0.25$
Tipo C2, C3	Columnas extremas de pórticos interiores	$P = 1.25P_o$ $N = 0.25$
Tipo C4	Columna de esquina	$P = 1.50P_o$ $N = 0.20$

Fuente: Roberto Morales, 2003

Entonces se determinará por:

$$Bd = \frac{P}{n * f'c}$$

Donde: Bd son dimensiones de los lados del área de la columna determinada, P carga que soporta la columna, n valor asignado de acuerdo al tipo y ubicación de la columna y f'c concreto a esa resistencia que se va emplearse.

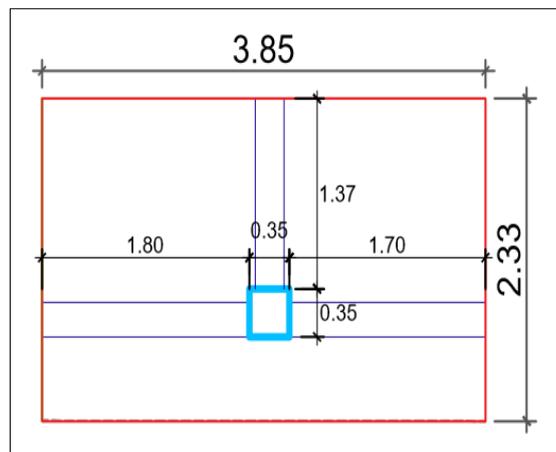
$$Bd = \frac{1.10 * 53.45}{0.25 * 0.210} = 1119.90cm^2$$

Entonces, para columnas céntricas denominado C-1 usar 35 x 35 cm

Columna Excéntrica:

Figura 12

Área Tributaria de la Columna Excéntrica



Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Metrado de Cargas para Columna Excéntrica

Metrado de carga muerta (WD) y carga viva (WL)							
Descripción	Pisos (und)	Dimensiones			Carga (tn/m3)	Carga (tn/m2)	Peso (tn)
		b (m)	h (m)	L (m)			
Vigas principales en eje X	5	0.25	0.40	3.50	2.40		4.2
Vigas secundarias en eje Y	5	0.25	0.30	1.37	2.40		1.23
Columnas (2do al quinto p.)	4	0.30	0.30	2.70	2.40		2.33
Columnas (primer piso)	1	0.30	0.30	3.00	2.40		0.65
Losa aligerada	5	7.66				0.30	11.49
Acabado	5	7.66				0.10	3.83
Tabiquería	5	7.66				0.15	5.75
Total de carga muerta WD							29.48
Sobrecarga en los pisos regulares	4	Área: 7.66				0.20	6.13
Sobrecarga en azotea	1	Área: 7.66				0.10	0.76
Total de carga viva WL							6.89
Total WD + WL							36.37

Fuente: Elaboración propia

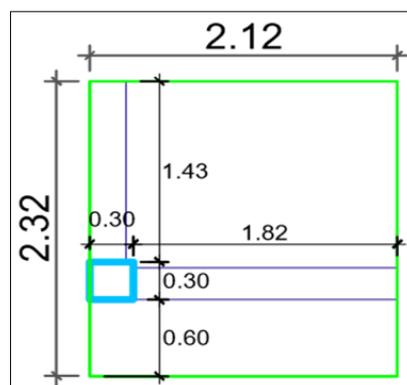
$$Bd = \frac{1.25 * 36.37}{0.25 * 0.210} = 865.95cm^2$$

Entonces, para columnas excéntricas denominado C-2 usar 30 x 30 cm

Columna Esquinada:

Figura 13

Área Tributaria de la Columna Esquinada



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16*Metrado de Cargas para Columna Esquinada*

Metrado de carga muerta (WD) y carga viva (WL)							
Descripción	Pisos (und)	Dimensiones			Carga (tn/m3)	Carga (tn/m2)	Peso (tn)
		b (m)	h (m)	L (m)			
Vigas principales en eje X	5	0.25	0.40	1.81	2.40		2.17
Vigas secundarias en eje Y	5	0.25	0.30	1.43	2.40		1.29
Columnas (2do al quinto p.)	4	0.30	0.30	2.70	2.40		2.33
Columnas (primer piso)	1	0.30	0.30	3.00	2.40		0.65
Losa aligerada	5	4.01				0.30	6.02
Acabado	5	4.01				0.10	2.01
Tabiquería	5	4.01				0.15	3.01
Total de carga muerta WD							17.48
Sobrecarga en los pisos regulares	4	Área: 4.01				0.20	3.21
Sobrecarga en azotea	1	Área: 4.01				0.10	0.40
Total de carga viva WL							3.61
Total WD + WL							21.09

Fuente: Elaboración propia

$$Bd = \frac{1.50 * 21.09}{0.20 * 0.210} = 753.33cm^2$$

Entonces, para columnas esquinadas también se les ha denominado C-2 por tener las mismas medias que el anterior y se va usar 30 x 30 cm.

Tabla 17*Predimensionamiento Final de Columnas*

Predimensionamiento de columnas		
Tipo de columna	Longitud	
	b	h
Columna céntrica C-1	0.35	0.35
Columna excéntrica y la columna esquinada C-2	0.30	0.30

Fuente: Elaboración propia

Se determina el peso de la estructura de la edificación con la finalidad de ver, si cumple la resistencia del suelo frente a la carga que se aplicará, en la tabla 14 se presenta el resumen de las cargas obtenidas de cada nivel, y se tiene peso general total igual a:

Tabla 18

Peso Determinado por Cada Piso

Nivel de piso	Peso (ton)	Total peso (ton)	Área total (m2)	q adm. requerido por (m2)
Piso 5	81.14			4.44
Piso 4	148.57			
Piso 3	150.79	688.64	155.17	
Piso 2	150.80			
Piso 1	157.34			

Fuente: Elaboración propia

Se verificará si cumple con la resistividad del suelo a través de:

$$q_{adm}(suelo) > q_{adm}(requerido)$$

Como dato la capacidad portante obtenida del lugar a construirse a través de los ensayos realizados en laboratorio es de 0.80kg/cm², es igual a 7.87 ton/m².

$$7.87 \frac{ton}{m^2} > 4.44 \frac{ton}{m^2}$$

La capacidad del suelo es superior que la carga que se aplicó sobre ella.

4.3. Cargas

Se tienen dos tipos de cargas como carga muerta y carga viva

Carga muerta

Se va considerar el peso propio que conforman los componentes estructurales de la edificación, esto será calculado y proporcionado mediante el programa software Etabs.

Carga viva

En el caso de la carga viva se va considerar como indica en el reglamento nacional de edificaciones para realiza análisis sísmico estático y dinámico, tanto para cargas de entrepiso como para azotea, considerando los niveles, de la misma manera se va realizar las combinaciones cargas esto para realizar el análisis sísmico dinámico

4.4. Características de la estructura

En el sistema estructural cuenta con algunos pórticos compuesto por elementos como las vigas, columnas y losas de concreto armado. Teniendo esa consideración en la parte de diseño se han considerado las siguientes características de materiales.

- a) Concreto en columnas, vigas, losas aligeradas y losa de escalera
 $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- b) Acero de refuerzo en columnas, vigas, losa aligerada y losa de escalera
 $f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

4.5. Características del suelo y cimentación

Parámetros mecánicos del suelo, datos obtenidos del estudio de mecánica de suelos.

- a) Suelo
 - Limo inorgánico de baja compresibilidad = ML
 - Contenido de humedad = 32.36%
 - Densidad unitaria = gr/cm^3
 - Cohesión, $C = 0.264$
 - Ángulo de fricción interna, $\phi = 21.93$
 - Módulo de poisson, $\nu = 0.35$
- b) Cimentación, datos obtenidos del estudio de mecánica de suelos.
 - Tipo de cimentación: Zapatas aisladas (zapata-1: 1.50x1.50 m. y zapata-2 1.10x2.20 m.)
 - Capacidad admisible, $q_{adm} = 0.80 \text{ kg/cm}^2$
 - Profundidad de desplante $D_f = 1.00 \text{ m}$
 - Módulo de Elasticidad: $E = 126.58 \text{ kg/cm}^2$

4.6. Modelamiento de la estructura

En esta parte se va realizar el modelamiento del edificio considerado que consta de 5 pisos, se definirá materiales, dimensiones de los componentes estructurales, asignación de diafragmas, asignación de rigidez en la base del edificio, asignación de cargas de acuerdo al reglamento entre otros, esto para evaluar el análisis sísmico estático y dinámico.

Figura 14

Definición de Concreto Armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: tonf/m³

Mass per Unit Volume: tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: tonf/m²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: tonf/m²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Fuente: Etabs 18

Figura 15

Definición de Fluencia de Acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: tonf/m³

Mass per Unit Volume: tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

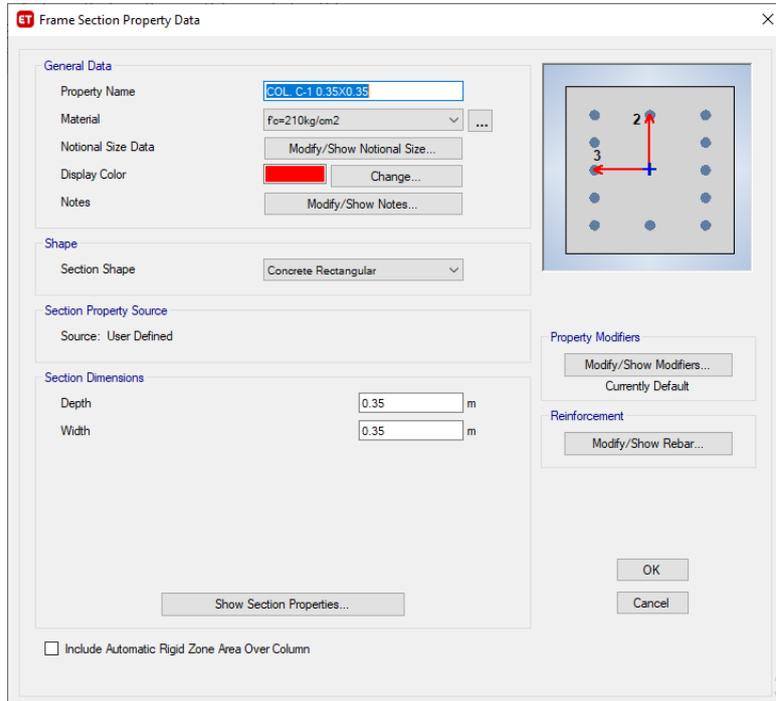
Design Property Data

Advanced Material Property Data

Fuente: Etabs 18

Figura 16

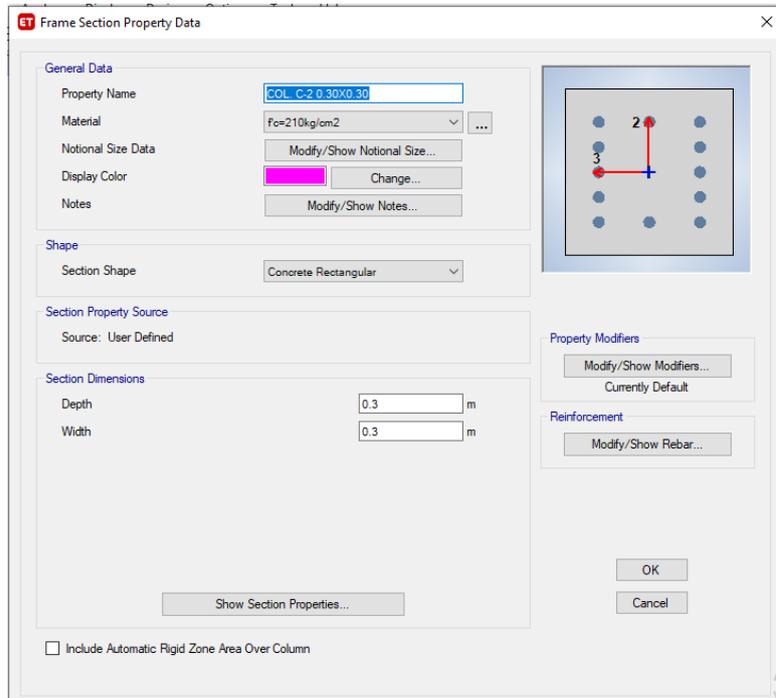
Definición del Elemento Estructural Columna 0.35X0.35m



Fuente: Etabs 18

Figura 17

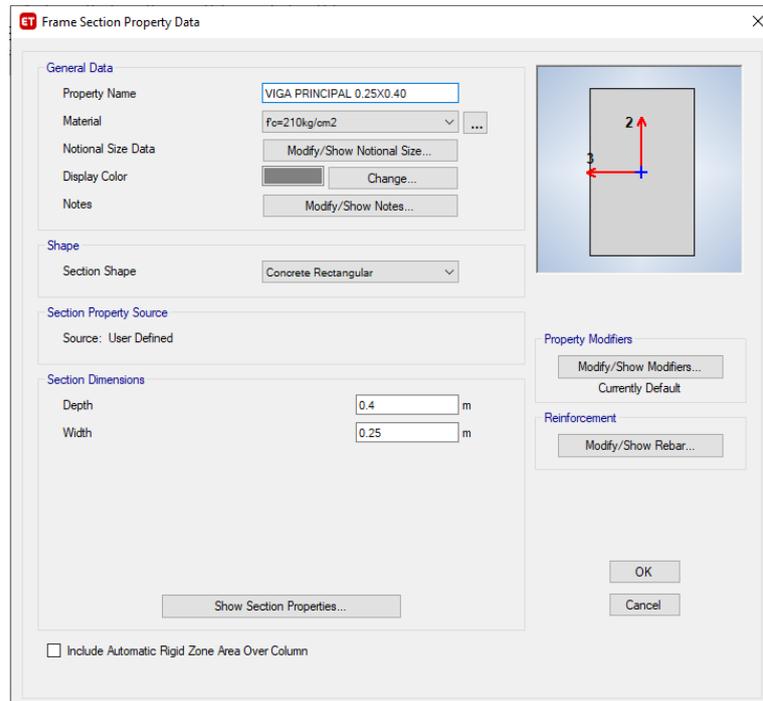
Definición del Elemento Estructural Columna 0.30X0.30m



Fuente: Etabs 18

Figura 18

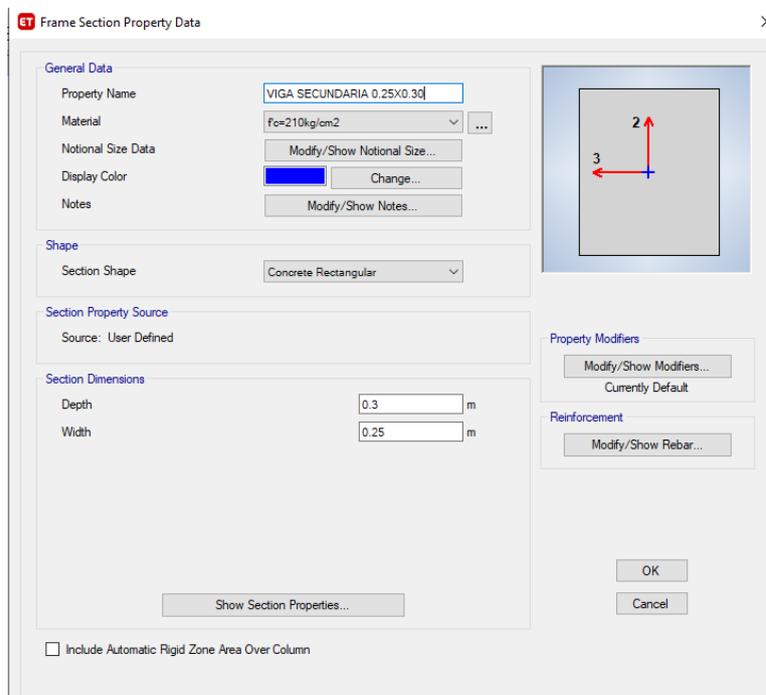
Definición del Elemento Estructural Viga Principal 0.25x0.40m



Fuente: Etabs 18

Figura 19

Definición del Elemento Estructural Viga Secundaria 0.25mX0.30m



Fuente: Etabs 18

Figura 20

Definición del Elemento Estructural Losa Aligerada 0.20m

ET Slab Property Data

General Data

Property Name: LOSA ALIG. 0.20

Slab Material: fc=210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: [Magenta] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Ribbed

Overall Depth: 0.2 m

Slab Thickness: 0.05 m

Stem Width at Top: 0.1 m

Stem Width at Bottom: 0.1 m

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.4 m

Rib Direction is Parallel to: Local 2 Axis

OK Cancel

Fuente: Etabs 18

Figura 21

Definición del Elemento Estructural Losa Escalera 0.15m

ET Slab Property Data

General Data

Property Name: LOSA ESC. 0.15

Slab Material: fc=210kg/cm2

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: [Red] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Slab

Thickness: 0.15 m

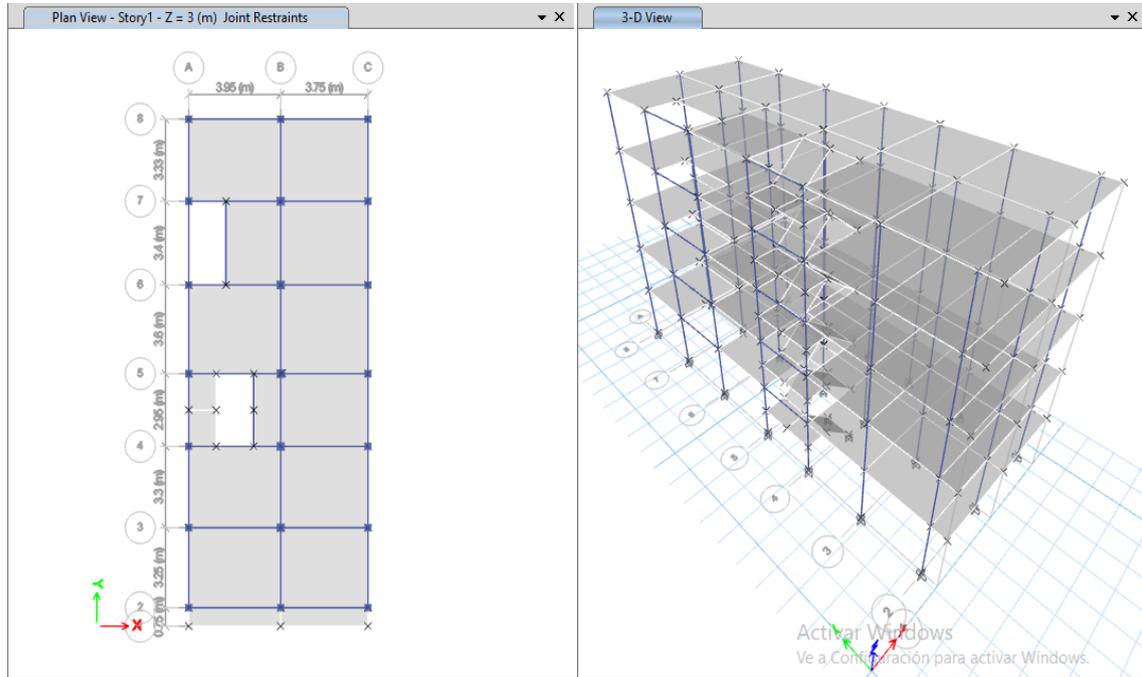
OK Cancel

Fuente: Etabs 18

Luego se empezó a realizar el modelo que se va usar:

Figura 22

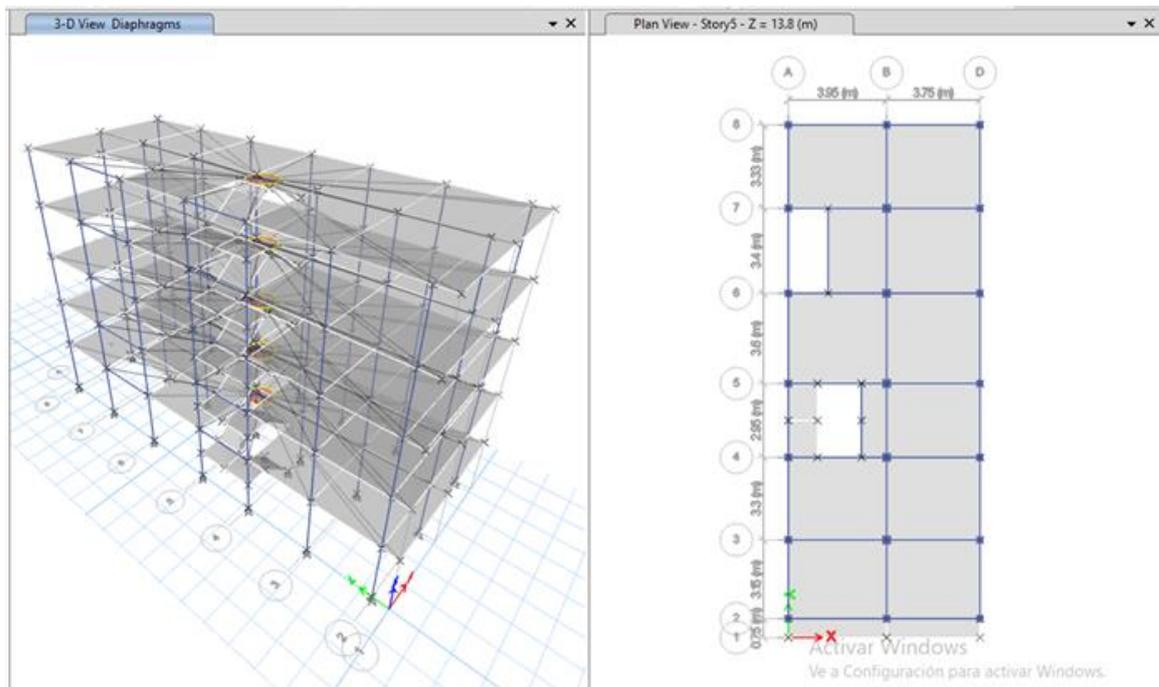
Modelo Estructural del Edificio de 5 Pisos



Fuente: Etabs 18

Figura 23

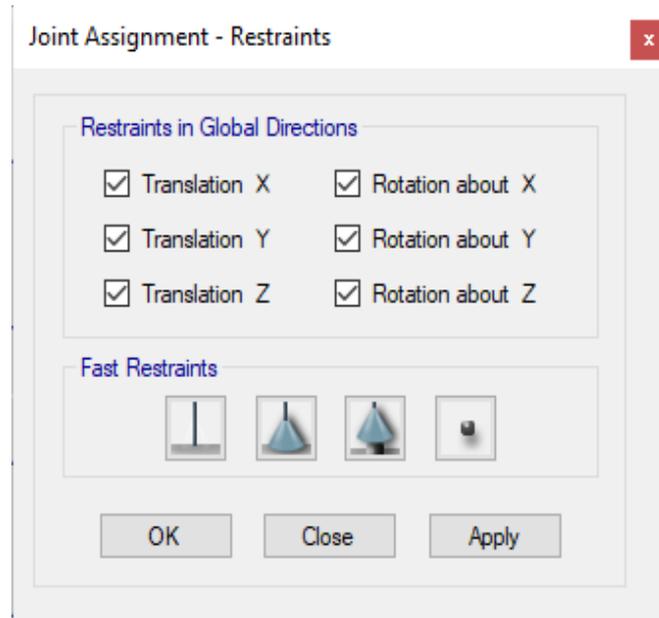
Asignación de Diafragmas por Piso



Fuente: Etabs 18

Figura 24

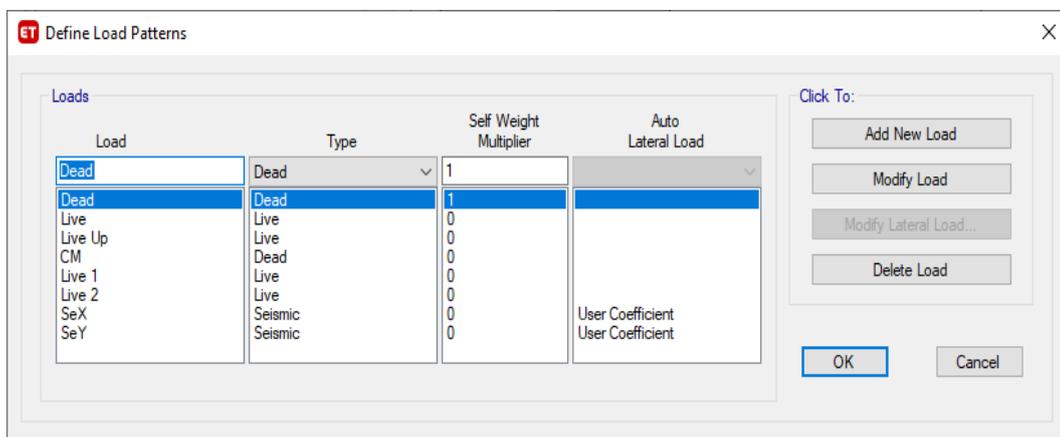
Restricción en la Base del Edificio



Fuente: Etabs 18

Figura 25

Definición de Cargas



Fuente: Etabs 18

4.7. Análisis estático y dinámico según norma E.030

4.7.1. Análisis sísmico estático

Para determinar los resultados requeridos se realizó a través del análisis estático de la edificación, como periodos de vibración, cortantes basales, derivas y

desplazamientos vamos a realizarlo utilizando el reglamento nacional de edificaciones la norma E.030.

Cálculo del periodo fundamental de vibración

Se considera una dirección para ambos sentidos porque no presenta cambios y está compuesto de los mismos elementos.

Altura de edificio, $h_n = 13.8$

Pórticos de concreto armado en x, $C_t = 35$

Pórticos de concreto armado en y, $C_t = 35$

$$T = \frac{h_n}{T}$$

$$T = \frac{13.80}{35} = 0.39 \text{ seg.}$$

Condiciones para factor de amplificación sísmica C

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Cuando $T < T_p$ se asume $C = 2.5$, del cual cumple esta condición debido a que es menor que $T_p = 0.60$ entonces:

$$C = 2.5 \text{ en dirección x}$$

$$C = 2.5 \text{ en dirección y}$$

Cálculo de coeficiente de reducción de la fuerza sísmica

En el sistema estructural es pórtico de concreto armado en dirección de X e Y, por el cual no cambiará el factor, de igual manera en las irregularidades.

Sistema estructural (pórtico), $R_o = 8$

Irregularidad en planta, $I_p = 1$

Irregularidad en altura, $I_a = 1$

$$R = R_o * I_p * I_a$$

$$R = 8 * 1 * 1 = 8$$

$$R = 8 \text{ para X e Y.}$$

Comprobación de C/R

Factor de amplificación, $C = 2.5$

Coeficiente de reducción sísmica, $R = 8$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{8} = 0.31$$

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

Cálculo de ZUCS para análisis estático en la base

Zona Z3, $Z = 0.35$

Categoría de edificación tipo C, $U = 1$

Factor de amplificación sísmica $C = 2.5$ (para X e Y)

Suelo S2, $S = 1.15$

Parámetro del sitio T_p (s) = 0.60

Parámetro de sitio T_i (s) = 2.00

$$\frac{Z * U * C * S}{R}$$

$$\frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.15}{8} = 0.1258$$

Peso de la edificación = 688.64 ton.

Cortante en la base

$$\frac{Z * U * C * S}{R} * \text{Peso del edificio}$$

$$0.1258 * 688.64 = 86.93 \text{ ton}$$

Distribución de la fuerza sísmica en altura

Según la norma E.030 se considera que:

Para T menor o igual a 0.5 segundos el valor

$$k = 1.0$$

Para T mayor que 0.5 segundos

$$k = (0.75 + 0.5T) \leq 2.0$$

Entonces como resultado ya obtenido tenemos en $T = 0.39$ bajo esa condición la distribución de la fuerza sísmica es:

$$k = 1.0$$

Cálculos obtenidos del software Etabs 18

a) Cortantes basales

Tabla 19

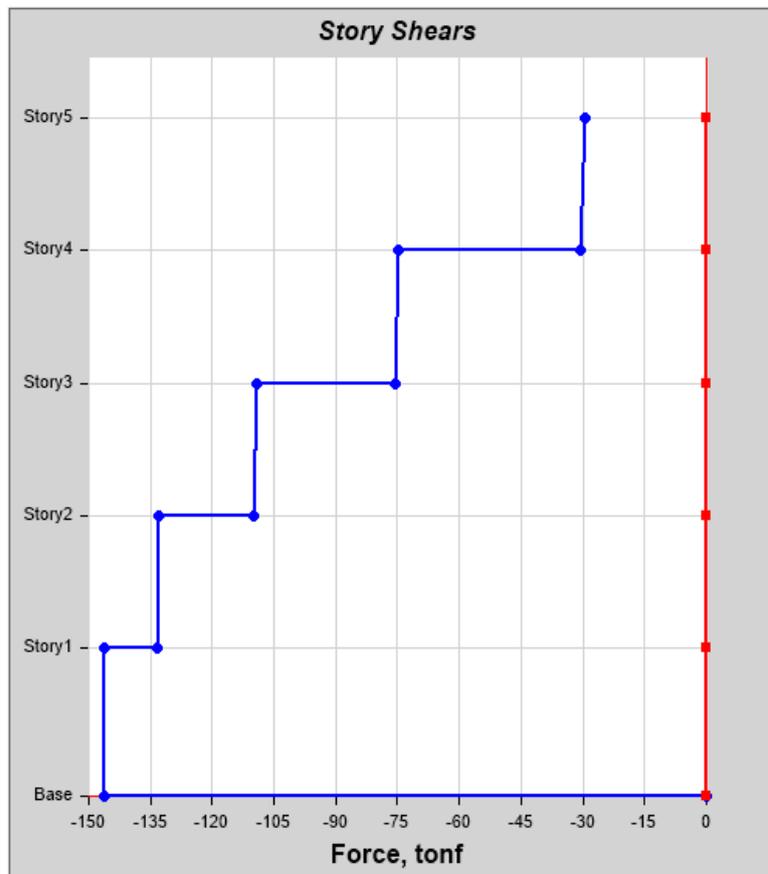
Fuerza Cortante por Nivel en X

Story	Elevation (m)	X - Dir (tonf)	Y -Dir (tonf)
Story5	13.8	29.5768	0
Story4	11.1	74.7111	0
Story3	8.4	109.3466	0
Story2	5.7	132.9922	0
Story1	3	146.0462	0
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 26

Gráfico de Cortante por Nivel en X



Fuente: Etabs 18

Tabla 20

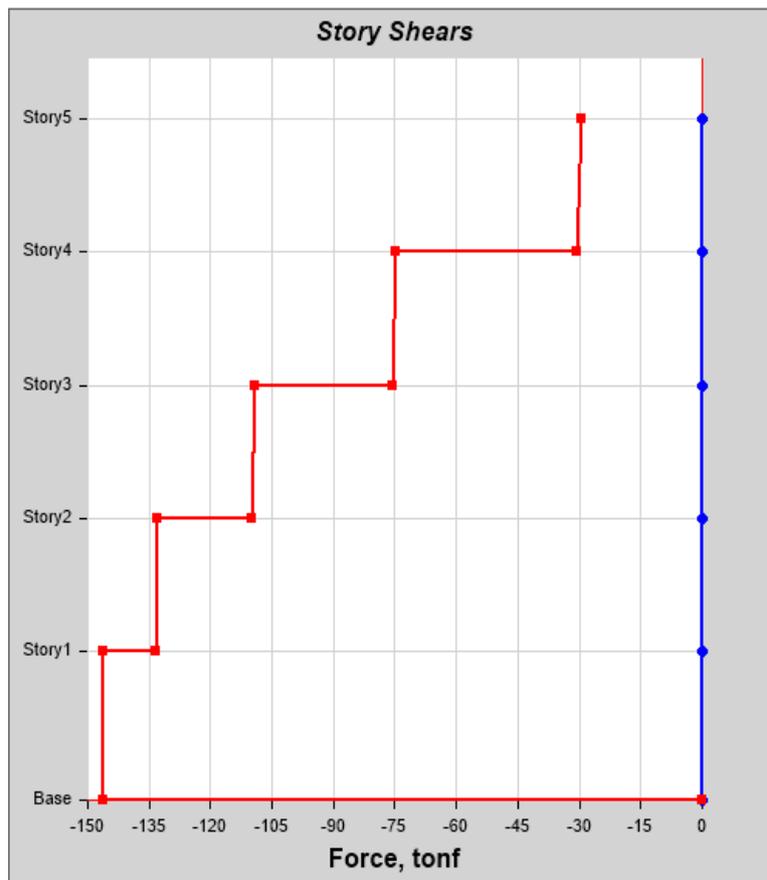
Fuerza Cortante por Nivel en Y

Story	Elevation (m)	X - Dir (tonf)	Y -Dir (tonf)
Story5	13.8	0	29.5768
Story4	11.1	0	74.7111
Story3	8.4	0	109.3466
Story2	5.7	0	132.9922
Story1	3	0	146.0462
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 27

Gráfico de Cortante por Nivel en Y



Fuente: Etabs 18

b) Derivas

Tabla 21

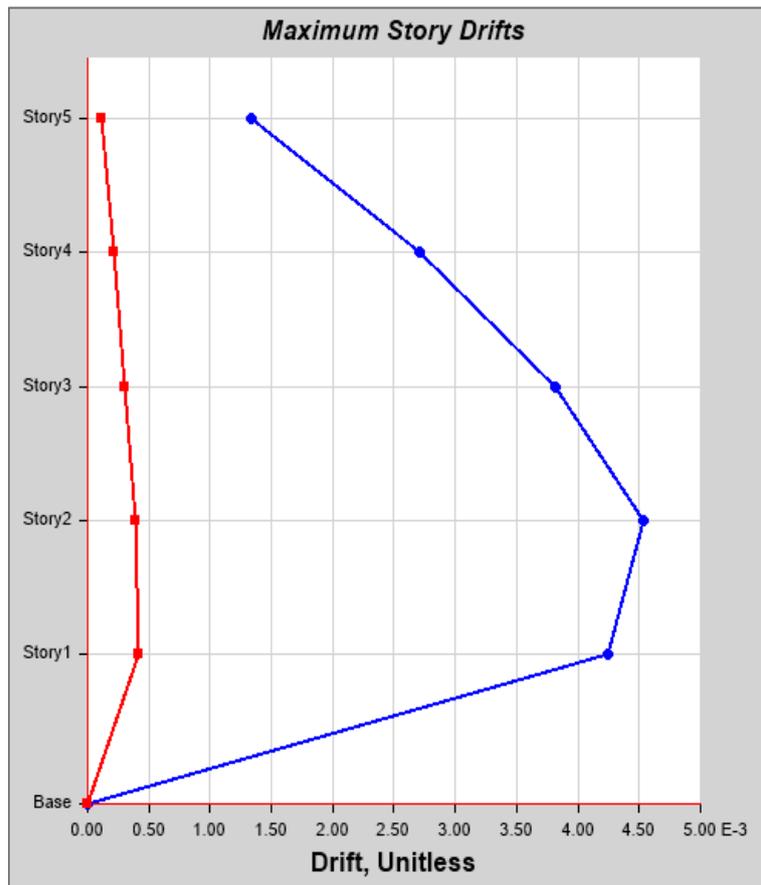
Deriva por Nivel en X

Story	Elevation (m)	X - Dir	Y - Dir
Story5	13.8	0.001337	0.000111
Story4	11.1	0.002706	0.00021
Story3	8.4	0.003818	0.000307
Story2	5.7	0.004537	0.000388
Story1	3	0.004242	0.000412
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 28

Gráfico de Deriva por Nivel en Eje X



Fuente: Etabs 18

Tabla 22

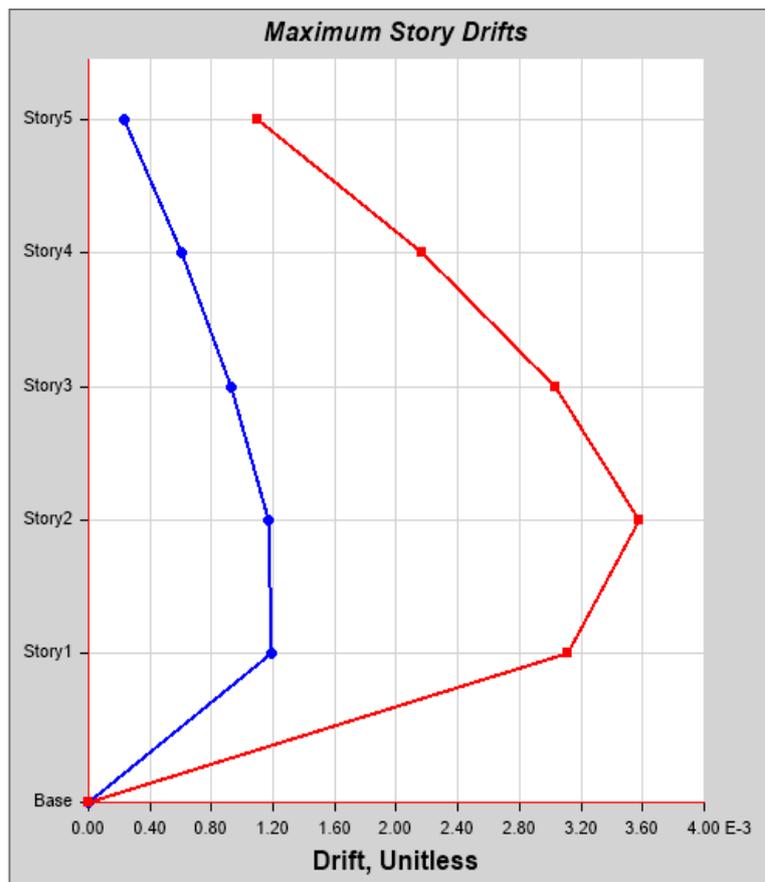
Deriva por Nivel en Y

Story	Elevation (m)	X - Dir	Y -Dir
Story5	13.8	0.000227	0.001099
Story4	11.1	0.000601	0.002163
Story3	8.4	0.00093	0.00303
Story2	5.7	0.001165	0.003576
Story1	3	0.001188	0.003113
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 29

Gráfico de Deriva por Nivel en Eje Y



Fuente: Etabs 18

c) Desplazamientos

Tabla 23

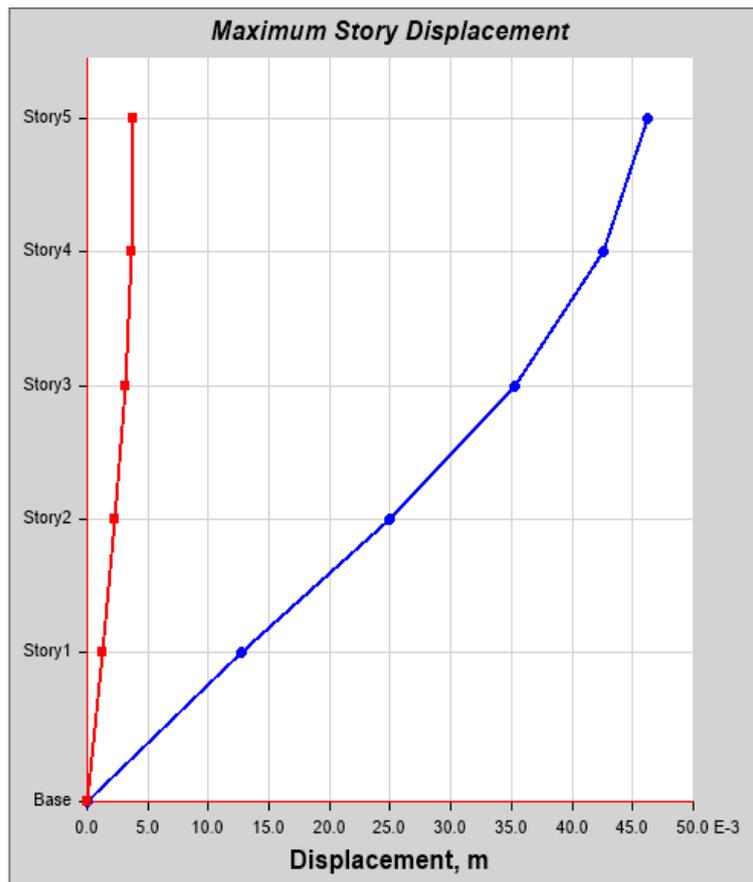
Desplazamiento por Nivel en X

Story	Elevation (m)	X - Dir (m)	Y - Dir (m)
Story5	13,8	0,046199	0,00383
Story4	11,1	0,042591	0,003639
Story3	8,4	0,035285	0,003114
Story2	5,7	0,024977	0,002283
Story1	3	0,012726	0,001235
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 30

Gráfico de Desplazamiento por Nivel en Eje X



Fuente: Etabs 18

Tabla 24

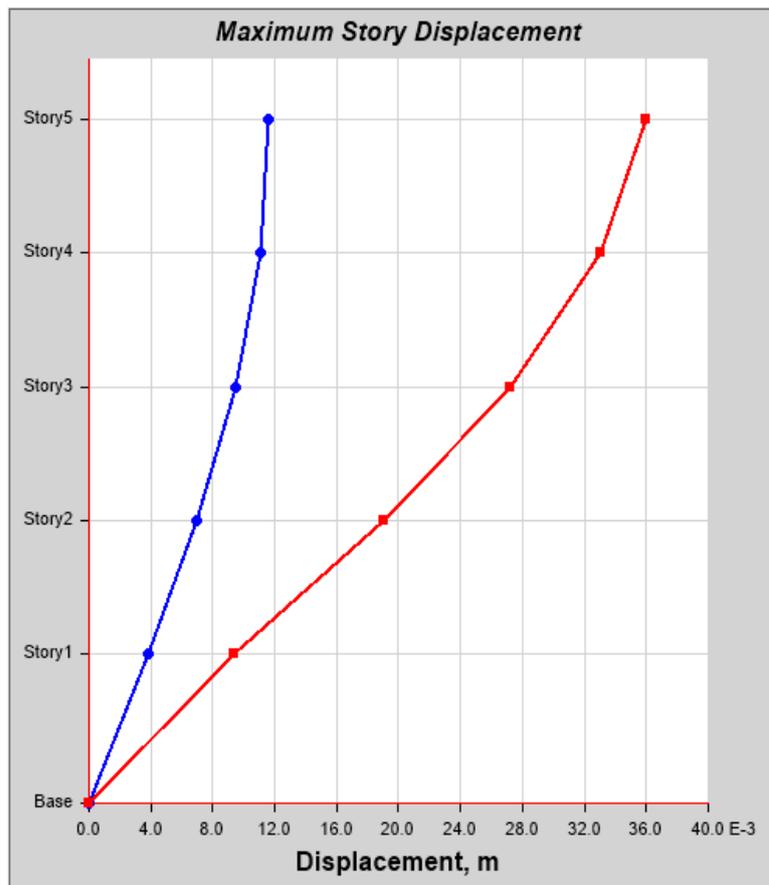
Desplazamiento por Nivel en Y

Story	Elevation (m)	X - Dir (m)	Y - Dir (m)
Story5	13,8	0,011633	0,035983
Story4	11,1	0,011076	0,033015
Story3	8,4	0,009489	0,027174
Story2	5,7	0,006978	0,018993
Story1	3	0,003833	0,009339
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 31

Gráfico de Desplazamiento por Nivel en Eje Y



Fuente: Etabs 18

d) Periodos de vibración

Tabla 25

Periodos de Vibración Considerando 3 Modos por Piso

Case	Mode	Periodo (seg)	Frecuency (cyc/sec)	CircFreq (rad/sec)	Eigenvalue (rad2/sec2)
Modal	1	0.712	1.404	8.8191	77.7763
Modal	2	0.673	1.486	9.3368	87.1762
Modal	3	0.585	1.708	10.7316	115.1671
Modal	4	0.235	4.253	26.7195	713.933
Modal	5	0.223	4.488	28.2007	795.2778
Modal	6	0.194	5.156	32.3956	1049.4778
Modal	7	0.139	7.188	45.1629	2039.6916
Modal	8	0.131	7.614	47.8396	2288.6228
Modal	9	0.115	8.691	54.6041	2981.606
Modal	10	0.101	9.923	62.3505	3887.5903
Modal	11	0.096	10.425	65.5035	4290.7071
Modal	12	0.085	11.805	74.1717	5501.4393
Modal	13	0.084	11.936	74.9938	5624.0662
Modal	14	0.081	12.407	77.9568	6077.2568
Modal	15	0.071	14.115	88.6853	7865.0862

Fuente: Elaboración Propia

4.7.2. Análisis dinámico

Se realiza el desarrollo de análisis sísmico dinámico considerando la norma peruana E.030 2018.

Análisis dinámico en eje X

Zona 3,	Z = 0.35
Categoría del edificio C,	U = 1.00
Tipo del suelo S2,	S = 1.15,
Tp (s): 0.6,	C = 2.5,
Tl (s): 2.0,	R = 8.00
Ip: 1.000,	Ia: 1.000
Ro: 8.000	

$$\frac{C}{R} \geq 0.11, \text{ entonces } \frac{2.5}{8} = 0.31 \geq 0.11 \text{ sí cumple}$$

Tabla 26

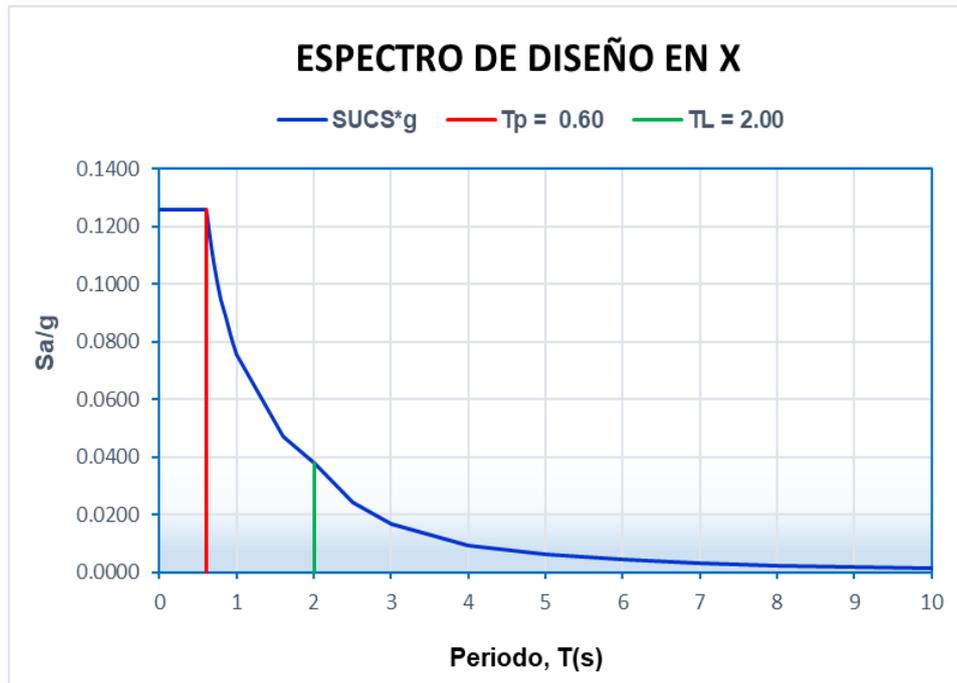
Espectros de aceleraciones en X e Y

T	C	(ZUCS/R)	Gravedad	Aceleración (Sa)
0.00	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.02	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.04	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.06	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.08	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.10	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.12	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.14	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.16	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.18	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.20	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.25	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.30	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.35	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.40	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.45	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.50	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.55	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.60	2.5000	0.1258	9.8067	1.2335
0.65	2.3077	0.1161	9.8067	1.1386
0.70	2.1429	0.1078	9.8067	1.0573
0.75	2.0000	0.1006	9.8067	0.9868
0.80	1.8750	0.0943	9.8067	0.9251
0.85	1.7647	0.0888	9.8067	0.8707
0.90	1.6667	0.0839	9.8067	0.8223
0.95	1.5789	0.0794	9.8067	0.7790
1.00	1.5000	0.0755	9.8067	0.7401
1.60	0.9375	0.0472	9.8067	0.4626
2.00	0.7500	0.0377	9.8067	0.3700
2.50	0.4800	0.0242	9.8067	0.2368
3.00	0.3333	0.0168	9.8067	0.1645
4.00	0.1875	0.0094	9.8067	0.0925
5.00	0.1200	0.0060	9.8067	0.0592

Fuente: Elaboración propia

Figura 32

Espectro de Diseño en X



Fuente: Elaboración propia

Figura 33

Espectro de Diseño en Y



Fuente: Elaboración propia

Cálculos obtenidos del software Etabs 18

a) Cortantes basales

Tabla 27

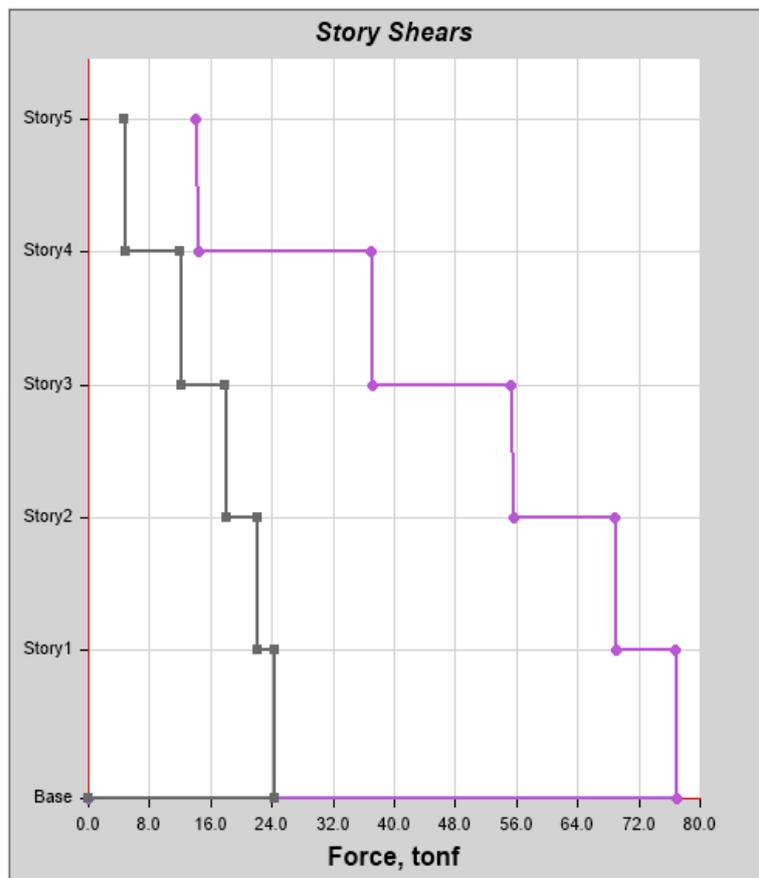
Fuerza Cortante Dinámico por Nivel en X

Story	Elevation (m)	X - Dir (tonf)	Y - Dir (tonf)
Story5	13,8	14,0632	4,6539
Story4	11,1	36,8571	12,037
Story3	8,4	55,2394	17,9417
Story2	5,7	68,7358	22,1507
Story1	3	76,7931	24,4358
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 34

Gráfico de Cortante Dinámico por Nivel en X



Fuente: Etabs 18

Tabla 28

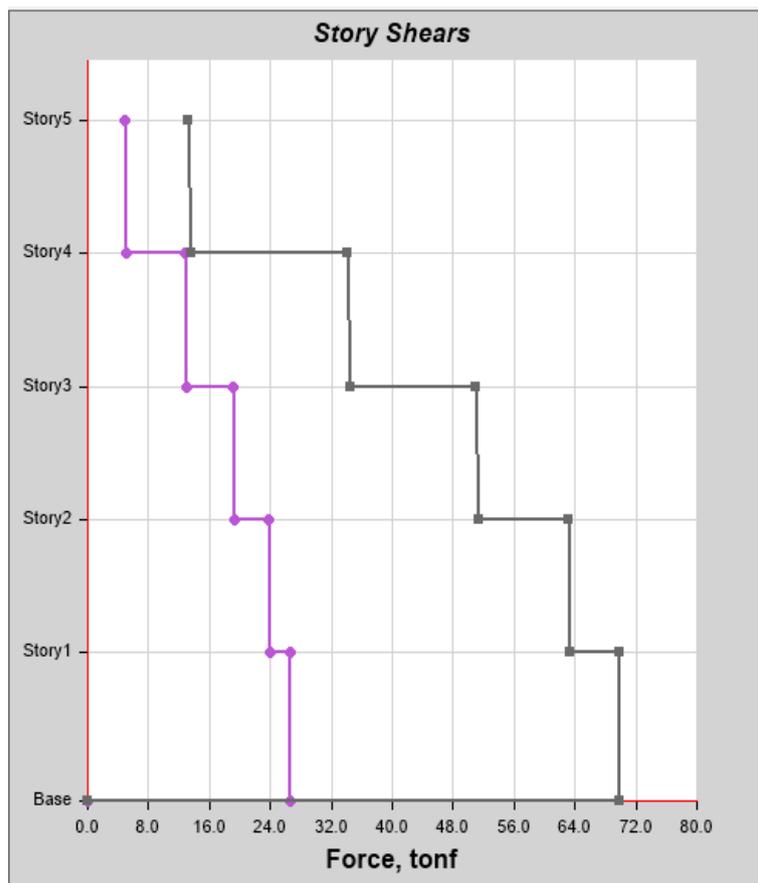
Fuerza Cortante Dinámico por Nivel en Y

Story	Elevation (m)	X - Dir (tonf)	Y - Dir (tonf)
Story5	13,8	4,9326	13,1258
Story4	11,1	12,7893	34,172
Story3	8,4	19,1368	51,0259
Story2	5,7	23,7832	63,1179
Story1	3	26,5257	69,8358
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 35

Gráfico de Cortante Dinámico por Nivel en Y



Fuente: Etabs 18

b) Derivas

Tabla 29

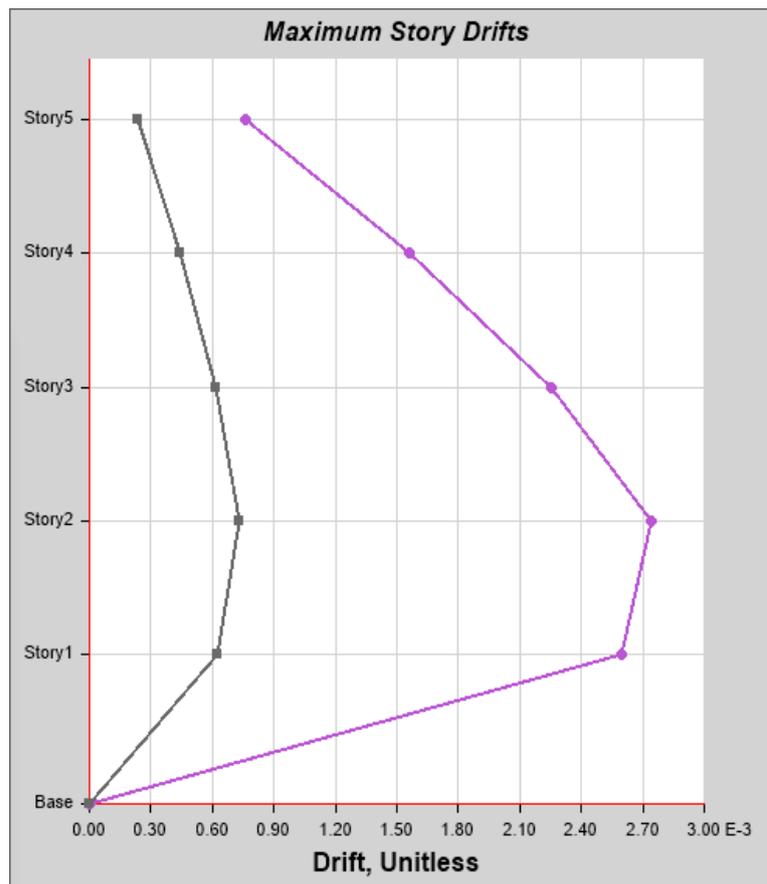
Deriva Dinámico por Nivel en X

Story	Elevation (m)	X - Dir	Y - Dir
Story5	13,8	0,000759	0,000233
Story4	11,1	0,001563	0,000443
Story3	8,4	0,002255	0,000616
Story2	5,7	0,002739	0,000728
Story1	3	0,002596	0,000621
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 36

Gráfico de Deriva Dinámico en Eje X



Fuente: Etabs 18

Tabla 30

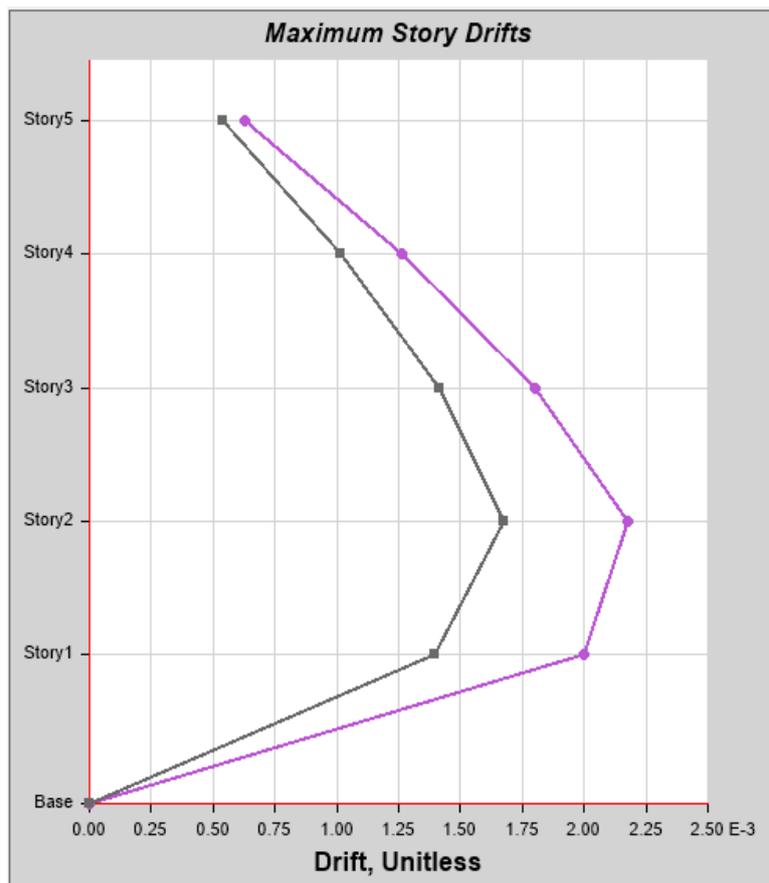
Deriva Dinámico por Nivel en Y

Story	Elevation (m)	X - Dir	Y - Dir
Story5	13,8	0,000627	0,000537
Story4	11,1	0,001263	0,001016
Story3	8,4	0,001799	0,001415
Story2	5,7	0,002179	0,001675
Story1	3	0,002001	0,001397
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 37

Gráfico de Deriva Dinámico en Eje Y



Fuente: Etabs 18

c) Desplazamientos

Tabla 31

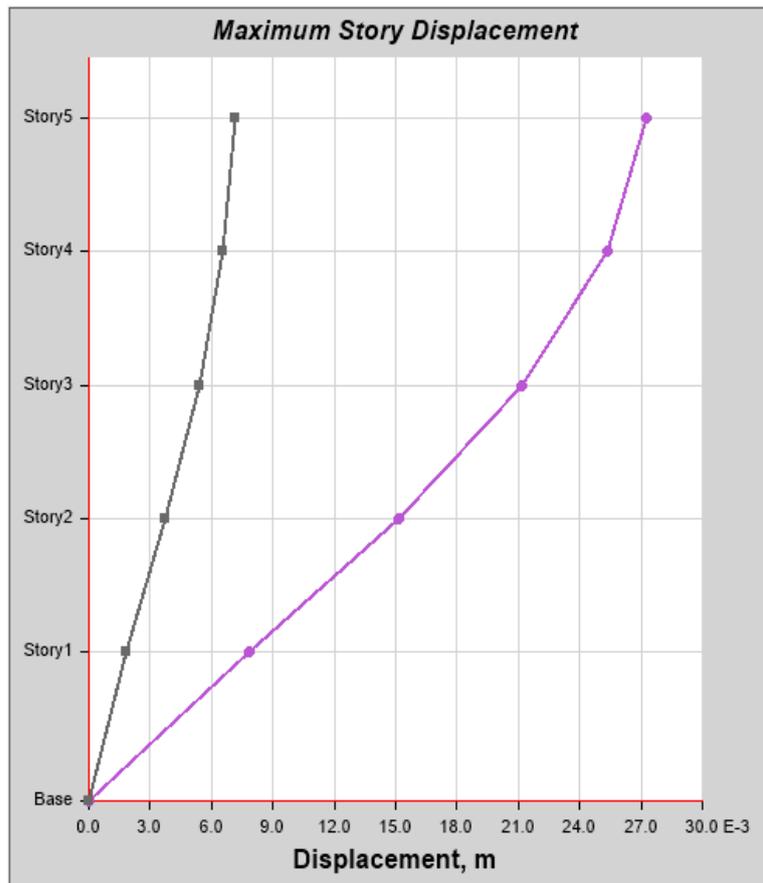
Desplazamiento Dinámico por Nivel en X

Story	Elevation (m)	X - Dir (m)	Y - Dir (m)
Story5	13,8	0,027288	0,007167
Story4	11,1	0,025326	0,006557
Story3	8,4	0,021198	0,005383
Story2	5,7	0,015166	0,003737
Story1	3	0,007813	0,001862
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 38

Gráfico de Desplazamiento Dinámico por Nivel en Eje X



Fuente: Etabs 18

Tabla 32

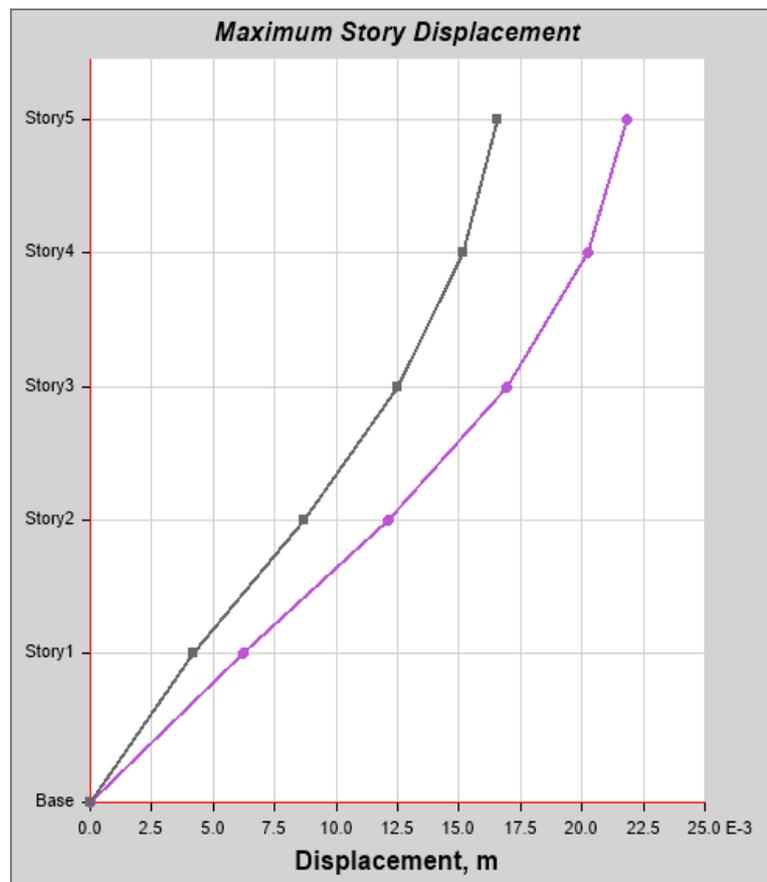
Desplazamiento Dinámico por Nivel en Y

Story	Elevation (m)	X - Dir (m)	Y - Dir (m)
Story5	13,8	0,021855	0,016582
Story4	11,1	0,020239	0,015179
Story3	8,4	0,016915	0,012489
Story2	5,7	0,012108	0,008702
Story1	3	0,006241	0,004192
Base	0	0	0

Fuente: Etabs 18

Figura 39

Gráfico de Desplazamiento Dinámico por Nivel en Eje Y



Fuente: Etabs 18

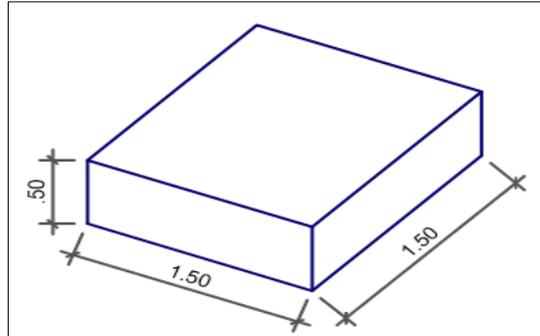
4.8. Cálculo de la interacción suelo-estructura

4.8.1. Modelo Fema 440

a) Zapata Z-1

Figura 40

Dimensiones de Zapata Z-1 (1.50mx1.50mx0.50m)



Fuente: Elaboración propia

Datos:

Largo $L = 1.50$ m

Ancho $B = 1.50$ m

Espesor $d = 0.50$ m

Profundidad $D_f = 1.00$ m

Módulo de poisson $\nu = 0.35$

Módulo de elasticidad $E = 1800$ lb/plg²

Convirtiendo de metros en pulgadas.

$$1m = 39.3701plg$$

$L = 59.055$ plg

$B = 59.055$ plg

$d = 19.685$ plg

$D_f = 39.370$ plg

$\nu = 0.350$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

$$G = \frac{1800}{2(1 + 0.35)} = 666.667 \text{ lb/plg}^2$$

Módulo de corte efectivo $G = 666.667$ lb/plg²

Determinación de coeficiente de rigidez del suelo

Traslación en eje X

$$Kx = \frac{G * B}{2 - \nu} * \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.2 \right]$$

$$Kx = \frac{666.667 * 59.055}{2 - 0.35} * \left[3.4 \left(\frac{59.055}{59.055} \right)^{0.65} + 1.2 \right]$$

$$Kx = 109759.07 \text{ lb/pulg}$$

Traslación en eje Y

$$Ky = \frac{G * B}{2 - \nu} * \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.8 \right]$$

$$Ky = \frac{666.667 * 59.055}{2 - 0.35} * \left[3.4 \left(\frac{59.055}{59.055} \right)^{0.65} + 0.4 \left(\frac{59.055}{59.055} \right) + 0.8 \right]$$

$$Ky = 109759.05 \text{ lb/pulg}$$

Traslación en eje Z

$$Kz = \frac{G * B}{1 - \nu} * \left[1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.8 \right]$$

$$Kz = \frac{666.667 * 59.055}{1 - 0.35} * \left[1.55 \left(\frac{59.055}{59.055} \right)^{0.75} + 0.8 \right]$$

$$Kz = 142338.05 \text{ lb/pulg}$$

Rotacional en eje X

$$Kxx = \frac{G * B^3}{1 - \nu} * \left[0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.1 \right]$$

$$Kxx = \frac{666.667 * 59.055^3}{1 - 0.35} * \left[0.4 \left(\frac{59.055}{59.055} \right) + 0.1 \right]$$

$$Kxx = 105618189.73 \text{ lb - pulg}$$

Rotacional en eje Y

$$Kyy = \frac{G * B^3}{1 - \nu} * \left[0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right]$$

$$Kyy = \frac{666.667 * 59.055^3}{1 - 0.35} * \left[0.47 \left(\frac{59.055}{59.055} \right)^{2.4} + 0.034 \right]$$

$$Kyy = 106463135.24 \text{ lb - pulg}$$

Rotacional en eje Z

$$Kzz = G * B^3 * \left[0.53 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 0.51 \right]$$

$$Kzz = 666.667 * 59.055^3 * \left[0.53 \left(\frac{59.055}{59.055} \right)^{2.45} + 0.51 \right]$$

$$K_{zz} = 142795792.51 \text{ lb} - \text{pulg}$$

Corrección por profundidad

$$h = 39.370 - \frac{19.685}{2} = 29.528 \text{ plg}$$

Corrección para traslación en eje X e Y

$$\beta_x = \beta_y = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) * \left[1 + 1.6 \left(\frac{h * d(B + L)}{B * L^2} \right)^{0.4} \right]$$

$$\beta_x = \beta_y = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{39.370}{59.055}} \right) * \left[1 + 1.6 \left(\frac{29.528 * 19.685(59.055 + 59.055)}{59.055 * 59.055^2} \right)^{0.4} \right]$$

$$\beta_x = \beta_y = 2.38$$

Corrección para traslación en eje Z

$$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} * \frac{D}{B} \left(2 + 2.6 \frac{B}{L} \right) \right] * \left[1 + 0.32 \left(\frac{d(B + L)}{B * L} \right)^{\frac{2}{3}} \right]$$

$$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} * \frac{39.370}{59.055} \left(2 + 2.6 \frac{59.055}{59.055} \right) \right] * \left[1 + 0.32 \left(\frac{19.685(59.055 + 59.055)}{59.055 * 59.055} \right)^{\frac{2}{3}} \right]$$

$$\beta_z = 1.43$$

Corrección para rotación en eje X

$$\beta_{xx} = \left(1 + 2.5 * \frac{d}{B} \right) * \left[1 + \frac{2 * d}{B} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.2} * \sqrt{\frac{B}{L}} \right]$$

$$\beta_{xx} = \left(1 + 2.5 * \frac{19.685}{59.055} \right) * \left[1 + \frac{2 * 19.685}{59.055} \left(\frac{19.685}{39.370} \right)^{-0.2} * \sqrt{\frac{59.055}{59.055}} \right]$$

$$\beta_{xx} = 2.47$$

Corrección para rotación en eje Y

$$\beta_{yy} = 1 + 1.4 * \left(\frac{d}{L} \right)^{0.6} * \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{d}{L} \right)^{1.9} * \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.6} \right]$$

$$\beta_{yy} = 1 + 1.4 * \left(\frac{19.685}{59.055} \right)^{0.6} * \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{19.685}{59.055} \right)^{1.9} * \left(\frac{19.685}{39.370} \right)^{-0.6} \right]$$

$$\beta_{yy} = 2.59$$

Corrección para rotación en eje Z

$$\beta_{zz} = 1 + 2.6 * \left(1 + \frac{B}{L}\right) * \left(\frac{d}{B}\right)^{0.9}$$

$$\beta_{zz} = 1 + 2.6 * \left(1 + \frac{59.055}{59.055}\right) * \left(\frac{19.685}{59.055}\right)^{0.9}$$

$$\beta_{zz} = 2.93$$

Corrección final por empotramiento

Determinamos las unidades de conversión para trabajar toneladas por metro.

$$\frac{1lb}{plg} = \frac{1ton}{2204.62lb} * \frac{1pulg}{0.0254m}$$

$$\frac{1lb}{plg} = 0.017858 \frac{tonf}{m}$$

$$1lb - pulg = \frac{0.0004536tonf}{lb} * \frac{0.0254m}{pulg}$$

$$1lb - pulg = 1.135 * 10^{-5} tonf - m$$

Entonces las rigideces en traslación y rotación se determinarán utilizando la conversión para tener facilidad al exportar al software Etabs, esto porque estamos trabajando en toneladas y metros.

$$Kx = 109759.07 \frac{lb}{pulg} * 2.38 = 261147.51 \frac{lb}{pulg}$$

$$Kx = 4663.57 \frac{tonf}{m}$$

$$Ky = 109759.05 \frac{lb}{pulg} * 2.38 = 261147.51 \frac{lb}{pulg}$$

$$Ky = 4663.57 \frac{tonf}{m}$$

$$Kz = 142338.05 \frac{lb}{pulg} * 1.43 = 202959.72 \frac{lb}{pulg}$$

$$Kz = 3624.45 \frac{tonf}{m}$$

$$Kxx = 105618189.73 lb - pulg * 2.47$$

$$Kxx = 3007.50 lb - pulg$$

$$Kyy = 106463135.24 lb - pulg * 2.59$$

$$Kyy = 3176.87 lb - pulg$$

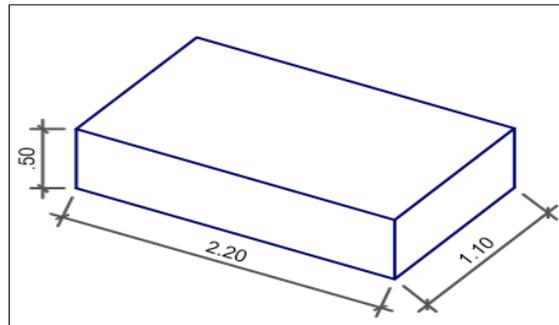
$$Kzz = 142795792.51 lb - pulg * 2.93$$

$$Kzz = 4828.06 lb - pulg$$

b) Zapata Z-2

Figura 41

Dimensiones de la Zapata Z-2 (1.10mx2.20mx0.50m)



Fuente: Elaboración propia

Datos:

Largo $L = 2.20$ m

Ancho $B = 1.10$ m

Espesor $d = 0.50$ m

Profundidad $D_f = 1.00$ m

Módulo de poisson $\nu = 0.35$

Módulo de corte efectivo (G) = 666.67 lb/plg²

Convirtiendo en libras y pulgadas.

$L = 86.614$ plg

$B = 43.307$ plg

$d = 19.685$ plg

$D_f = 39.370$ plg

$\nu = 0.350$

$G = 666.667$ lb/plg²

Coeficiente de rigidez del suelo

Traslación en eje X

$$K_x = \frac{666.667 * 43.307}{2 - 0.35} * \left[3.4 \left(\frac{86.614}{43.307} \right)^{0.65} + 1.2 \right]$$

$$K_x = 114351.28 \text{ lb/pulg}$$

Traslación en eje Y

$$K_y = \frac{666.667 * 43.307}{2 - 0.35} * \left[3.4 \left(\frac{86.614}{43.307} \right)^{0.65} + 0.4 \left(\frac{86.614}{43.307} \right) + 0.8 \right]$$

$$K_y = 121350.40 \text{ lb/pulg}$$

Traslación en eje Z

$$K_z = \frac{666.667 * 43.307}{1 - 0.35} * \left[1.55 \left(\frac{86.614}{43.307} \right)^{0.75} + 0.8 \right]$$

$$K_z = 151320.77 \text{ lb/pulg}$$

Rotacional en eje X

$$K_{xx} = \frac{666.667 * 43.307^3}{1 - 0.35} * \left[0.4 \left(\frac{86.614}{43.307} \right) + 0.1 \right]$$

$$K_{xx} = 74974832.28 \text{ lb - pulg}$$

Rotacional en eje Y

$$K_{yy} = \frac{666.667 * 43.307^3}{1 - 0.35} * \left[0.47 \left(\frac{86.614}{43.307} \right)^{2.4} + 0.034 \right]$$

$$K_{yy} = 209485918.65 \text{ lb - pulg}$$

Rotacional en eje Z

$$K_{zz} = 666.667 * 43.307^3 * \left[0.53 \left(\frac{86.614}{43.307} \right)^{2.45} + 0.51 \right]$$

$$K_{zz} = 184430046.26 \text{ lb - pulg}$$

Corrección por profundidad

$$h = 39.370 - \frac{19.685}{2} = 29.528 \text{ plg}$$

Corrección para traslación en eje X e Y

$$\beta_x = \beta_y = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{39.370}{43.307}} \right) * \left[1 + 1.6 \left(\frac{29.528 * 19.685 (43.307 + 86.614)}{43.307 * 86.614^2} \right)^{0.4} \right]$$

$$\beta_x = \beta_y = 2.27$$

Corrección para traslación en eje Z

$$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} * \frac{39.370}{43.307} \left(2 + 2.6 \frac{43.307}{86.614} \right) \right] * \left[1 + 0.32 \left(\frac{19.685 (43.307 + 86.614)}{43.307 * 86.614} \right)^{\frac{2}{3}} \right]$$

$$\beta_z = 1.43$$

Corrección para rotación en eje X

$$\beta_{xx} = \left(1 + 2.5 * \frac{19.685}{43.307} \right) * \left[1 + \frac{2 * 19.685}{43.307} \left(\frac{19.685}{39.370} \right)^{-0.2} * \sqrt{\frac{43.307}{86.614}} \right]$$

$$\beta_{xx} = 2.98$$

Corrección para rotación en eje Y

$$\beta_{yy} = 1 + 1.4 * \left(\frac{19.685}{86.614}\right)^{0.6} * \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{19.685}{86.614}\right)^{1.9} * \left(\frac{19.685}{39.370}\right)^{-0.6}\right]$$

$$\beta_{yy} = 2.06$$

Corrección para rotación en eje Z

$$\beta_{zz} = 1 + 2.6 * \left(1 + \frac{43.307}{86.614}\right) * \left(\frac{19.685}{43.307}\right)^{0.9}$$

$$\beta_{zz} = 2.92$$

Corrección final por empotramiento

$$Kx = 114351.28 \frac{lb}{pulg} * 2.27 = 261147.51 \frac{lb}{pulg}$$

$$Kx = 4638.63 \frac{tonf}{m}$$

$$Ky = 121350.40 \frac{lb}{pulg} * 2.27 = 261147.51 \frac{lb}{pulg}$$

$$Ky = 4922.55 \frac{tonf}{m}$$

$$Kz = 151320.77 \frac{lb}{pulg} * 1.43 = 202959.72 \frac{lb}{pulg}$$

$$Kz = 3853.90 \frac{tonf}{m}$$

$$Kxx = 74974832.28 lb - pulg * 2.98$$

$$Kxx = 2570.26 lb - pulg$$

$$Kyy = 209485918.65 lb - pulg * 2.06$$

$$Kyy = 4963.79 lb - pulg$$

$$Kzz = 184430046.26 lb - pulg * 2.92$$

$$Kzz = 6200.79 lb - pulg$$

Tabla 33

Resumen de Coeficiente de Rigidez Según Fema 440

ZAPATA	Kx (ton/m)	Ky (ton/m)	Kz (ton/m)	Kxx (ton-m)	Kyy (ton-m)	Kzz (ton-m)
Z-1	4663.57	4663.57	3624.45	3007.50	3176.87	4828.06
Z-2	4638.63	4922.55	3853.90	2570.26	4963.79	6200.79

Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Modelo Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

a) Zapata Z-1

Se aplicó en las mismas dimensiones de las zapatas usados en el modelo Fema 440, se menciona los datos requeridos para calcular las rigideces en traslación y rotación utilizando este modelo.

Datos:

Largo $b = 1.5$ m

Ancho $a = 1.5$ m

Peralte de zapata $c = 0.5$ m

Profundidad $D_f = 1$ m

Módulo de elasticidad = 1246 ton/m²

Cálculo de la magnitud del coeficiente de compresión elástica uniforme

Coficiente asumido $b_e = 1.5$

Módulo de elasticidad $E = 1246$ ton/m²

Área tomada $A_{10} = 10$ m²

Área en la cimentación $A = 2.25$ m²

$$C_z = b_e * E * \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right)$$

$$C_z = 1.5 * 1246 * \left(1 + \sqrt{\frac{10}{2.25}} \right) = 5809.198 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

Coefficientes de compresión elástica

Coficiente de desplazamiento elástico uniforme

$$C_x = C_y = 0.7 * 5809.198$$

$$C_x = C_y = 4066.439 \text{ ton/m}^3$$

Coficiente de compresión elástica no uniforme

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 * 5809.198$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 11618.396 \text{ ton/m}^3$$

Coficiente de desplazamiento elástico no uniforme

$$C_{\psi z} = C_z = 5809.198 \text{ ton/m}^3$$

Momento de inercia

$$I_{\varphi x} = \frac{a * b^3}{12} = \frac{1.5 * 1.5^3}{12} = 0.422$$

$$I\varphi_y = \frac{b * a^3}{12} = \frac{1.5 * 1.5^3}{12} = 0.422$$

$$I\psi_z = (I\psi_x + I\psi_y) = 0.42 + 0.42 = 0.844$$

Coefficientes de rigidez elástica

$$K_x = C_x * A = 4066.439 * 2.25 = 9149.487 \text{ ton/m}$$

$$**K_x = 9149.487 ton/m**$$

$$K_y = C_y * A = 4066.439 * 2.25 = 9149.487 \text{ ton/m}$$

$$**K_y = 9149.487 ton/m**$$

$$K_z = C_z * A = 5809.198 * 2.25 = 13070.695 \text{ ton/m}$$

$$**K_z = 13070.695 ton/m**$$

$$K\varphi_x = C\varphi_x * I\varphi_x = 11618.396 * 0.42 = 4901.511 \text{ ton/m}$$

$$**K\varphi_x = 4901.511 ton/m**$$

$$K\varphi_y = C\varphi_y * I\varphi_y = 11618.396 * 0.42 = 4901.511 \text{ ton/m}$$

$$**K\varphi_y = 4901.511 ton/m**$$

$$K\psi_x = C\psi_x * I\psi_x = 5809.198 * 0.84 = 4901.511 \text{ ton/m}$$

$$**K\psi_x = 4901.511 ton/m**$$

b) Zapata Z-2

Datos:

Largo b = 2.2 m

Ancho a = 1.1 m

Peralte de zapata c = 0.5 m

Profundidad Df = 1 m

Módulo de elasticidad = 1246 ton/m²

Cálculo de la magnitud del coeficiente de compresión elástica uniforme

Coeficiente asumido be = 1.5

Módulo de elasticidad E = 1246 ton/m²

Área tomada A10 = 10 m²

Área en la cimentación A = 2.42 m²

$$C_z = 1.5 * 1246 * \left(1 + \sqrt{\frac{10}{2.42}} \right) = 5668.283 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

Coefficientes de compresión elástica

Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme

$$C_x = C_y = 0.7 * 5668.283$$

$$C_x = C_y = 3967.798 \text{ ton/m}^3$$

Coeficiente de compresión elástica no uniforme

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 * 5668.283$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 11336.566 \text{ ton/m}^3$$

Coeficiente de desplazamiento elástico no uniforme

$$C_{\psi z} = C_z = 5668.283 \text{ ton/m}^3$$

Momento de inercia

$$I_{\varphi x} = \frac{1.1 * 2.2^3}{12} = 0.976$$

$$I_{\varphi y} = \frac{2.2 * 1.1^3}{12} = 0.244$$

$$I_{\psi z} = 0.976 + 0.244 = 1.220$$

Coeficientes de rigidez elástica

$$K_x = 3967.798 * 2.42 = 9602.071 \text{ ton/m}$$

$$K_x = 9602.071 \text{ ton/m}$$

$$K_y = 3967.798 * 2.42 = 9602.071 \text{ ton/m}$$

$$K_y = 9602.071 \text{ ton/m}$$

$$K_z = 5668.283 * 2.42 = 13717.244 \text{ ton/m}$$

$$K_z = 13717.244 \text{ ton/m}$$

$$K_{\varphi x} = 11336.566 * 0.976 = 11065.244 \text{ ton/m}$$

$$K_{\varphi x} = 11065.244 \text{ ton/m}$$

$$K_{\varphi y} = 11336.566 * 0.244 = 2766.311 \text{ ton/m}$$

$$K_{\varphi y} = 2766.311 \text{ ton/m}$$

$$K_{\psi z} = 5668.283 * 1.220 = 6915.777 \text{ ton/m}$$

$$K_{\psi z} = 6915.777 \text{ ton/m}$$

Tabla 34

Resumen de Coeficiente de Rigidez Según Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

ZAPATA	Kx (ton/m)	Ky (ton/m)	Kz (ton/m)	Kxx (ton-m)	Kyy (ton-m)	Kzz (ton-m)
Z-1	9149.49	9149.49	13070.70	4901.51	4901.51	4901.51
Z-2	9602.07	9602.07	13717.24	11065.24	2766.31	6915.78

Fuente: Elaboración propia

4.9. Coeficientes de rigideces de los modelos de ISE en Etabs

Figura 42

Asignación del Coeficiente de Rigidez Según Fema Zapata Z-1

Property Name	Value	Unit
Translation X	4663.57	tonf/m
Translation Y	4663.57	tonf/m
Translation Z	3624.46	tonf/m
Rotation about X-Axis	3007.5	tonf-m/rad
Rotation about Y-Axis	3176.87	tonf-m/rad
Rotation about Z-Axis	4828.06	tonf-m/rad

Fuente: Etabs 18

Figura 43

Asignación del Coeficiente de Rigidez Según Fema Zapata Z-2

Property Name	Value	Unit
Translation X	4638.63	tonf/m
Translation Y	4922.55	tonf/m
Translation Z	3853.9	tonf/m
Rotation about X-Axis	2570.26	tonf-m/rad
Rotation about Y-Axis	4963.79	tonf-m/rad
Rotation about Z-Axis	6200.79	tonf-m/rad

Fuente: Etabs 18

Figura 44

Asignación del Coeficiente de Rigidez Según Norma Rusa Z-1

The screenshot shows the 'Point Spring Property Data' dialog box. The 'General Data' section includes 'Property Name' (Z-1 NORMA RUSA), 'Display Color' (orange), and 'Property Notes' (Modify/Show Notes...). The 'Spring Stiffness Options' section has 'User Specified/Link Properties' selected. The 'Simple Spring Stiffness in Global Directions' section contains the following values:

Direction	Value	Unit
Translation X	9149.49	tonf/m
Translation Y	9149.49	tonf/m
Translation Z	13070.7	tonf/m
Rotation about X-Axis	4901.51	tonf-m/rad
Rotation about Y-Axis	4901.51	tonf-m/rad
Rotation about Z-Axis	4901.51	tonf-m/rad

Fuente: Etabs 18

Figura 45

Asignación del Coeficiente de Rigidez Según Fema Zapata Z-2

The screenshot shows the 'Point Spring Property Data' dialog box. The 'General Data' section includes 'Property Name' (Z-2 NORMA RUSA), 'Display Color' (orange), and 'Property Notes' (Modify/Show Notes...). The 'Spring Stiffness Options' section has 'User Specified/Link Properties' selected. The 'Simple Spring Stiffness in Global Directions' section contains the following values:

Direction	Value	Unit
Translation X	9602.07	tonf/m
Translation Y	9602.07	tonf/m
Translation Z	13717.24	tonf/m
Rotation about X-Axis	11065.24	tonf-m/rad
Rotation about Y-Axis	2766.31	tonf-m/rad
Rotation about Z-Axis	6915.78	tonf-m/rad

Fuente: Etabs 18

4.10. Análisis sísmico con método de interacción suelo-estructura

4.10.1. Periodos de vibración

Se presenta resumen en cuadro de los periodos de vibraciones de los modelos empleados en el análisis.

Tabla 35

Resumen y Comparación de los Periodos de Vibración

MODELO		BASE EMPOTRADA		FEMA 440		NORMA RUSA	
Case	Mode	Periodo (seg)	Frecuency (cyc/sec)	Periodo (seg)	Frecuency (cyc/sec)	Periodo (seg)	Frecuency (cyc/sec)
Modal	1	0.712	1.404	0.863	1.159	0.772	1.296
Modal	2	0.673	1.486	0.817	1.224	0.767	1.304
Modal	3	0.585	1.708	0.681	1.467	0.638	1.568
Modal	4	0.235	4.253	0.256	3.901	0.249	4.022
Modal	5	0.223	4.488	0.247	4.051	0.239	4.187
Modal	6	0.194	5.156	0.204	4.891	0.200	5.008
Modal	7	0.139	7.188	0.145	6.912	0.143	6.978
Modal	8	0.131	7.614	0.136	7.340	0.136	7.378
Modal	9	0.115	8.691	0.118	8.458	0.117	8.542
Modal	10	0.101	9.923	0.103	9.714	0.102	9.778
Modal	11	0.096	10.425	0.098	10.187	0.097	10.258
Modal	12	0.085	11.805	0.086	11.601	0.086	11.681
Modal	13	0.084	11.936	0.084	11.879	0.084	11.892
Modal	14	0.081	12.407	0.081	12.356	0.081	12.368
Modal	15	0.071	14.115	0.071	14.056	0.071	14.075

Fuente: Elaboración propia

De donde podemos visualizar que los periodos máximos para la norma E.030 y los modelos de interacción suelo estructura son los siguientes:

Tabla 36

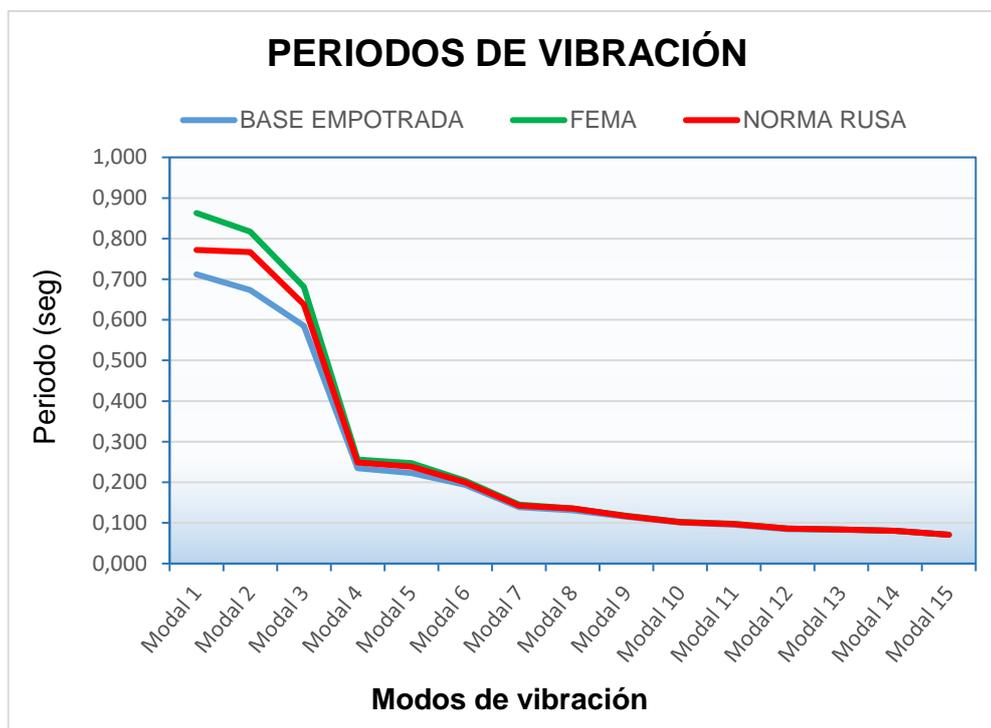
Periodos Máximos Presentados en cada Modelo

Modelo	Base empotrada	Fema 440	Norma Rusa
Periodo Máx.	0.712 seg.	0.863 seg.	0.772 seg.

Fuente: Elaboración propia

Figura 46

Resumen y Comparación de los Periodos de Vibración



Fuente: Elaboración propia

4.10.2. Desplazamientos

Se presenta el resumen de los desplazamientos obtenidos de los modelos utilizados para el análisis de esta edificación

Tabla 37

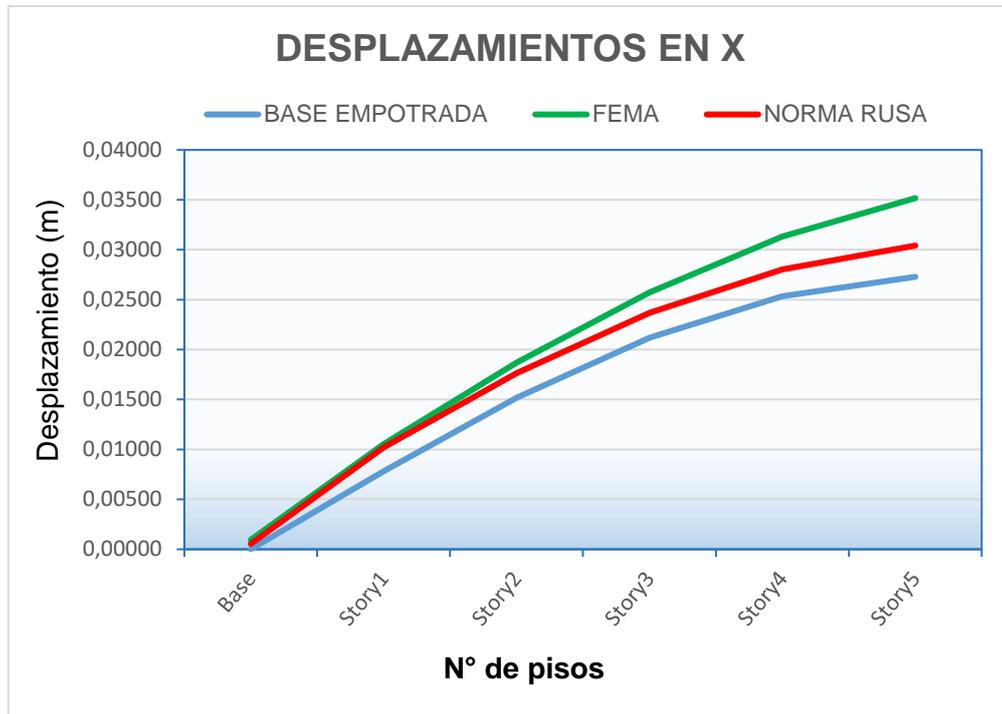
Resumen y Comparación de los Desplazamientos

story	MODELOS Elevation (m)	BASE EMPOTRADA		FEMA 440		NORMA RUSA	
		X-Dir (m)	Y-Dir (m)	X-Dir (m)	Y-Dir (m)	X-Dir (m)	Y-Dir (m)
Story5	13.8	0.027288	0.016582	0.035170	0.019353	0.030414	0.018617
Story4	11.1	0.025326	0.015179	0.031310	0.017333	0.028014	0.016883
Story3	8.4	0.021198	0.012489	0.025719	0.014160	0.023675	0.013883
Story2	5.7	0.015166	0.008702	0.018680	0.010014	0.017620	0.009803
Story1	3	0.007813	0.004192	0.010547	0.005391	0.010202	0.004966
Base	0	0	0	0.000947	0.000449	0.000545	0.000253

Fuente: Elaboración propia

Figura 47

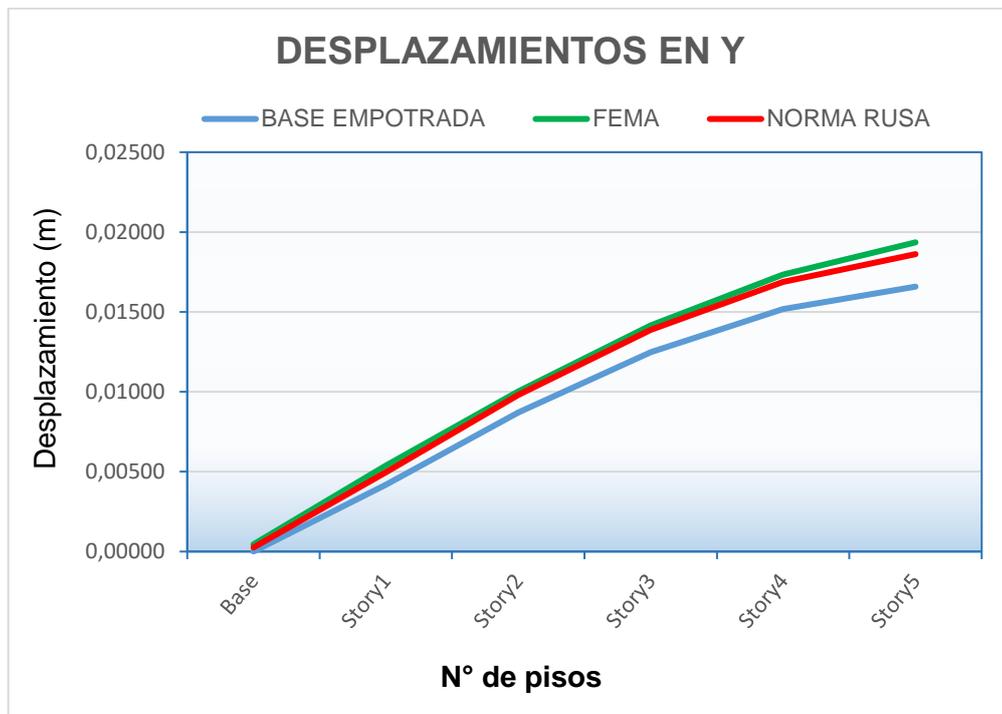
Resumen y Comparación de Desplazamientos en X



Fuente: Elaboración propia

Figura 48

Resumen y Comparación de Desplazamientos en Y



Fuente: Elaboración propia

4.10.3. Derivas

Se realiza el resumen de las derivas determinados de los modelos utilizados para el análisis de esta edificación.

Tabla 38

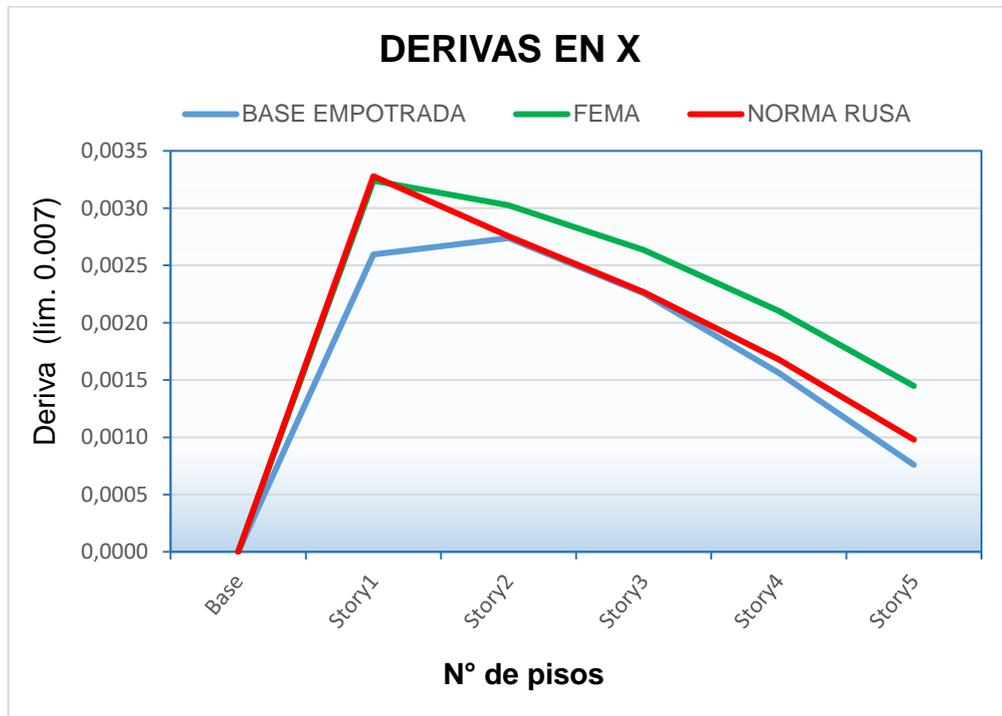
Resumen y Comparación de Derivas

MODELOS		BASE EMPOTRADA		FEMA 440		NORMA RUSA	
story	Elevation (m)	X-Dir	Y-Dir	X-Dir	Y-Dir	X-Dir	Y-Dir
Story5	13.8	0.000759	0.000537	0.001448	0.000762	0.000979	0.000657
Story4	11.1	0.001563	0.001016	0.002104	0.001199	0.001679	0.001131
Story3	8.4	0.002255	0.001415	0.002635	0.001554	0.002266	0.001524
Story2	5.7	0.002739	0.001675	0.003026	0.001804	0.002755	0.001796
Story1	3	0.002596	0.001397	0.003240	0.001771	0.003279	0.001660
Base	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 49

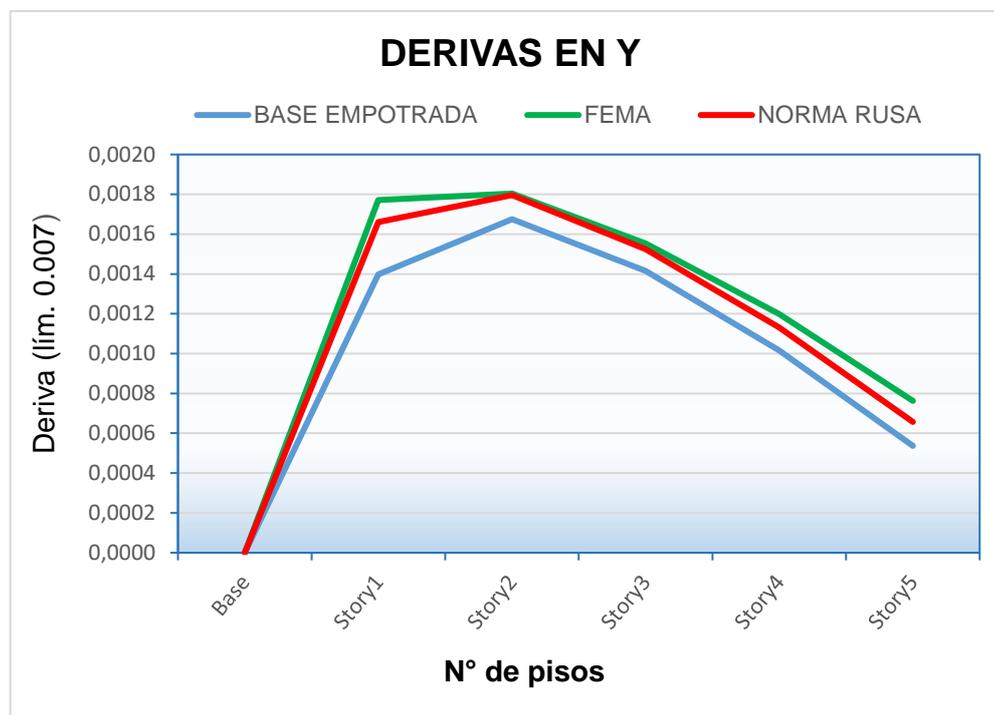
Resumen y Comparación de Derivas en X



Fuente: Elaboración propia

Figura 50

Resumen y Comparación de Derivas en Y



Fuente: Elaboración propia

4.10.4. Fuerzas cortantes

Se presenta resumen en cuadro de las cortantes basales determinados de los modelos empleados en el análisis.

Tabla 39

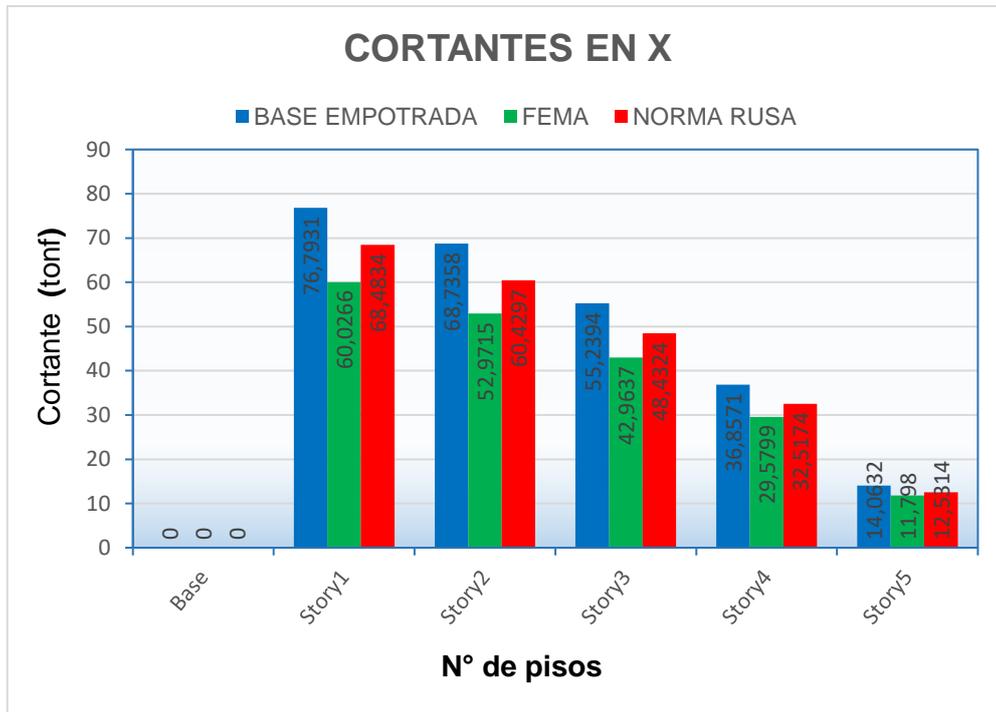
Resumen y Comparación de las Fuerzas Cortantes

MODELO	Elevation (m)	BASE EMPOTRADA		FEMA 440		NORMA RUSA	
		X-Dir (tonf)	Y-Dir (tonf)	X-Dir (tonf)	Y-Dir (tonf)	X-Dir (tonf)	Y-Dir (tonf)
Story5	13.8	14.0632	13.1258	11.7980	11.6033	12.5314	12.5430
Story4	11.1	36.8571	34.1720	29.5799	29.5792	32.5174	32.3825
Story3	8.4	55.2394	51.0259	42.9637	43.5415	48.4324	48.0782
Story2	5.7	68.7358	63.1179	52.9715	53.7711	60.4297	59.4750
Story1	3	76.7931	69.8358	60.0266	60.1321	68.4834	66.1815
Base	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 51

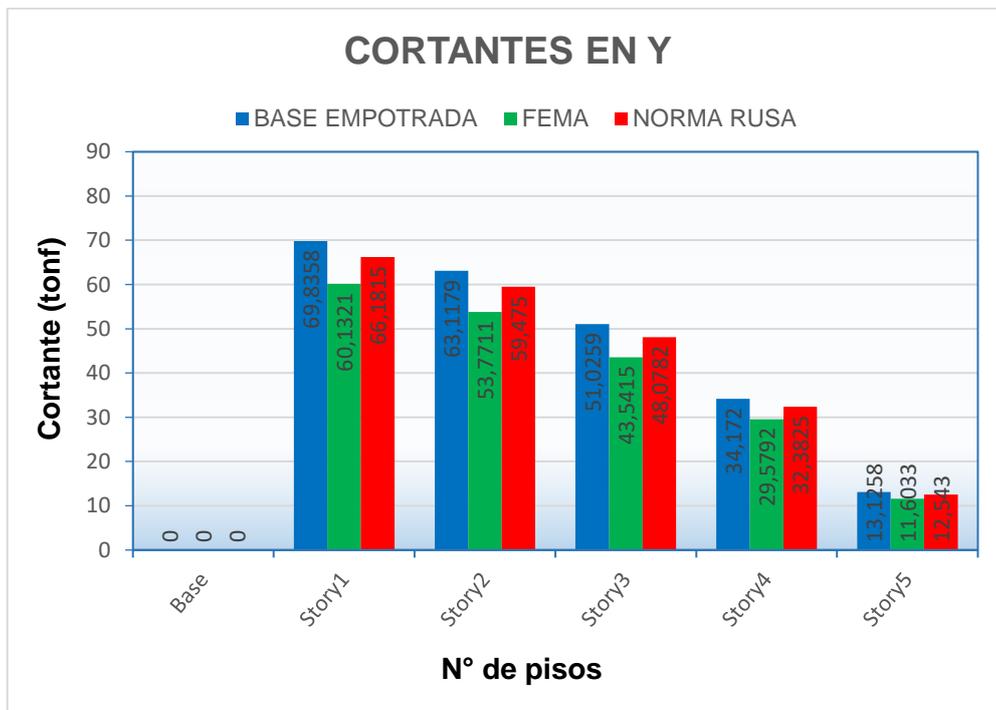
Resumen y Comparación de las Fuerzas Cortantes en X



Fuente: Elaboración propia

Figura 52

Resumen y Comparación de las Fuerzas Cortantes en Y



Fuente: Elaboración propia

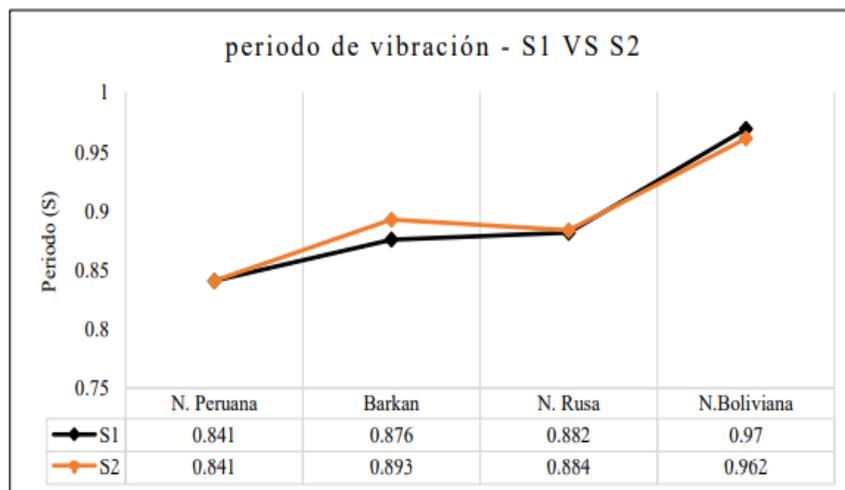
V. DISCUSIÓN

Discusión 1: Habiendo determinado la influencia de la interacción suelo-estructura en los **periodos de vibración** del edificio de 5 pisos, en la urbanización Zona Industrial, Juliaca.

Con respecto a lo explicado por Ríos (2020). Uno de sus objetivos fue determinar los periodos de vibración en un edificio de 11 pisos, en donde realiza un resumen de las vibraciones obtenidas aplicando distintos modelos, en donde obtuvo resultados para suelos S1 en 0.841, 0.876, 0.882 y 0.970 seg. para Norma Peruana, modelo Barkan, Norma Rusa y Norma Boliviana en cuanto los resultados para suelo S2 fueron 0.841, 0.893, 0.884 y 0.962 seg. para Norma Peruana, modelo Barkan, Norma Rusa y Norma Boliviana tuvo un incremento ligero por cada modelo de método utilizado, donde tuvo la base más flexible para suelos S1 y S2 al utilizar la Norma Boliviana.

Figura 53

Periodo Fundamental de Vibración suelo S1 vs S2



Fuente: Rios (2020)

En la presente tesis, en la parte de los periodos de vibraciones se obtienen resultados similares teniendo la secuencia de incremento de los valores sobre la base empotrada para cada modelo interpretado de la interacción suelo-estructura, teniendo en cuenta la norma E.030 se ha realizado la evaluación para la base empotrada, donde se ha obtenido 0.712 seg. y obteniendo 0.863 y 0.772 seg. para modelo Fema y Norma Rusa, se deduce que se tiene más flexibilidad en la base al considerar la ISE.

Es importante también indicar que al comparar con lo evaluado por Rios (2020). El periodo más alto se presenta con la Norma Boliviana en suelo S1 en 0.970seg. esto considerando 11 pisos del edificio, en cuando a los resultados obtenidos en esta tesis se tiene una similar correlación obteniendo el mayor periodo con Fema considerando 5 pisos, la variación de periodos se presenta debido a que se ubica en diferentes lugares, las características del suelo y los niveles de pisos en cada edificio.

Discusión 2: Habiendo determinado la influencia de la interacción suelo-estructura en los **desplazamientos** del edificio de 5 pisos ubicado en la urbanización Zona Industrial, Juliaca.

En comparación con Huanca (2018) realizó el estudio de la interacción suelo-estructura a un edificio de 4 pisos en Puno, consideró base empotrada como un modelo común y modelos de interacción suelo-estructura a D. D. Barkan O. A. Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, analizó mediante software Etabs 2013 en donde obtuvo en Barkan en X 10.60% y en Y 3.95% en cuando a la Norma Rusa en X 23.01% y en Y 8.77%, siendo más visible el incremento en el modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87. Indica que el mayor desplazamiento se presenta en el último nivel que vendría a ser piso 4.

Tabla 40

Resumen de Desplazamientos en OX

N°	MODELO/N°PISOS	Desplazamiento Máximo por piso (Xmax)mm			
		1	2	3	4
1	Base Empotrada(Común)	21.61	37.60	49.51	56.42
2	D.D. Barkan O.A. Savinov	27.50	43.60	55.40	62.40
3	Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.	32.30	49.40	61.90	69.40

Fuente: Huanca (2018)

Tabla 41

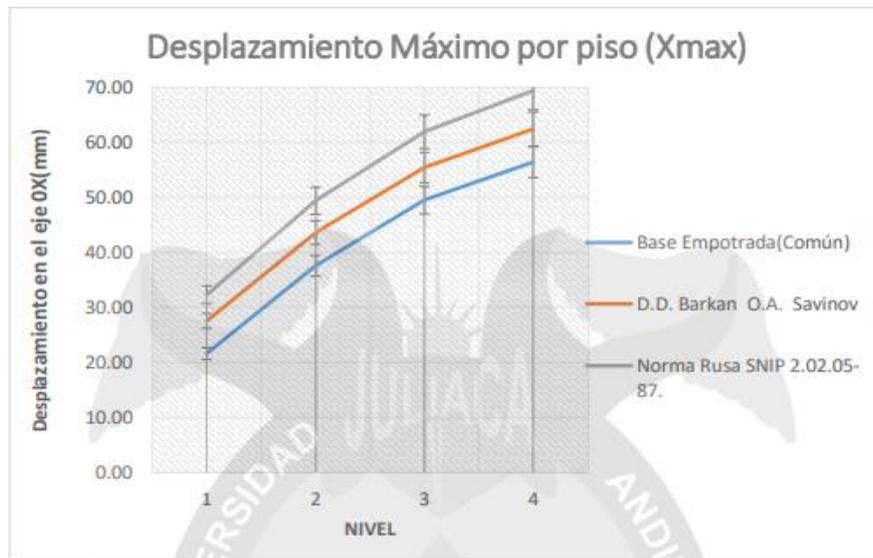
Resumen de Desplazamientos en OY

N°	MODELO/N°PISOS	Desplazamiento Máximo por piso (Ymax)mm			
		1	2	3	4
1	Base Empotrada(Común)	10.00	15.60	19.90	22.80
2	D.D. Barkan O.A. Savinov	10.70	16.60	21.00	23.70
3	Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.	10.60	17.10	21.90	24.80

Fuente: Huanca (2018)

Figura 54

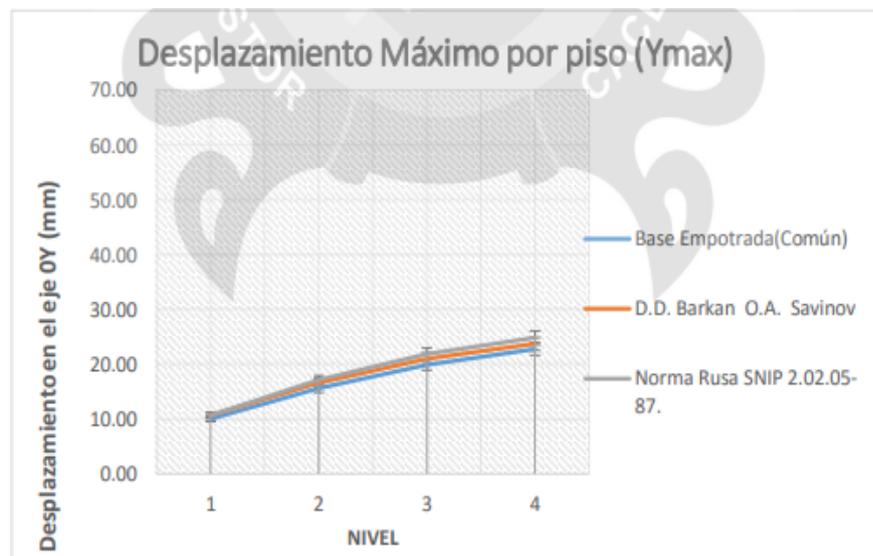
Desplazamiento Máximo por Piso OX



Fuente: Huanca (2018)

Figura 55

Desplazamiento Máximo por Piso OY



Fuente: Huanca (2018)

En cuando a la presente investigación se ha obtenido para desplazamientos en X 0.0273 y en Y 0.0166 con la base empotrada, en cuando al aplicar la interacción suelo-estructura se obtuvo en X 0.0352 y en Y 0.0194 para Fema, en X 0.0304 y en Y 0.0186 para la Norma Rusa, se presencia que se tiene incremento superior con el modelo Fema, y teniendo la misma secuencia con el antecedente

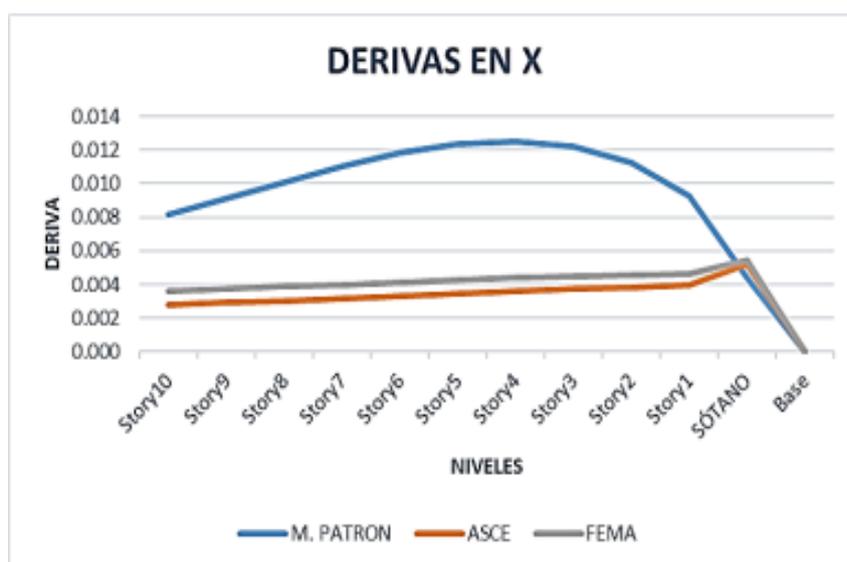
contrastado, los desplazamientos máximos se presentan en el último nivel del edificio.

Discusión 3: Habiendo determinado la influencia de la interacción suelo-estructura en las **derivas** del edificio de 5 pisos ubicado en la urbanización Zona Industrial, Juliaca.

Con respecto a lo explicado por Olivo (2020). Determinó las derivas en un edificio de 11 pisos en Lima, en donde realiza un resumen de las derivas obtenidas aplicando interacción suelo-estructura para relacionar con el modelo patrón, en donde obtuvo como resultados la deriva más alto en el modelo patrón en X 0.0125 y en Y 0.0141, ahora en los modelos de ISE para Fema en X 0.0055 y en Y 0.009 finalmente con respecto a Asce obtuvo en X 0.005 y en Y 0.005, se observa que ha tenido un incremento ligero con los modelos de ISE y obteniendo como resultado favorable al utilizar el modelo Asce debido a que se encuentra debajo del margen de derivas según la norma E.030.

Figura 56

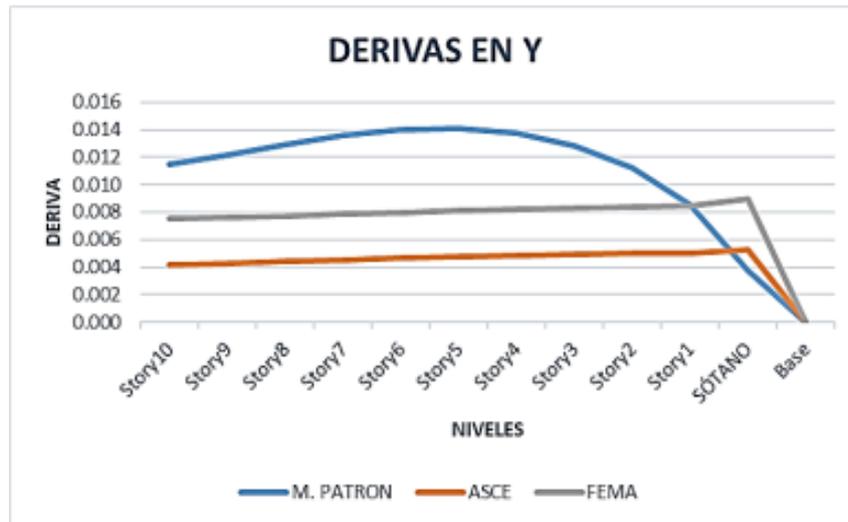
Deriva en "X" con ISE



Fuente: Olivo (2020)

Figura 57

Deriva en "Y" con ISE



Fuente: Olivo (2020)

Es importante considerar los parámetros para las derivas, según la norma E.030 estas no deberán sobrepasar en 0.007 el cual es el límite, para considerar un diseño.

Con respecto a las derivas al aplicar la interacción suelo-estructura incrementó para el edificio considerado de 5 pisos, se tuvo las derivas máximas del resultado para base empotrada en X 0.0027 y en Y 0.0017 ahora con respecto a los modelos de ISE para Fema en X 0.0032 y en Y 0.0018 con respecto a la Norma Rusa en X 0.0033 y en Y 0.0018, bajo esos resultados se afirma que incrementaron en ambos modelos, entonces si se tiene la influencia de la ISE en las derivas, en cuanto se considera los parámetros de la norma E.030 si cumplen porque no sobrepasan el límite dado.

VI. CONCLUSIONES

1. Se logró analizar el comportamiento sísmico del edificio de 5 pisos en la ciudad de Juliaca. utilizando un modelo común como patrón que es la base empotrada y usando los modelos de interacción suelo-estructura, a Fema y Norma Rusa, con estos se obtuvo los componentes principales de la interacción suelo-estructura, como las rigideces traslacionales y rotacionales (K_x , K_y , K_z , K_{xx} , K_{yy} y K_{zz}), en donde estos valores calculados se insertaron en el modelamiento realizado en el software Etabs para determinar la influencia de la interacción suelo-estructura en el edificio, al obtener resultados se notó la influencia de estos modelos utilizados.
2. Para los periodos de vibración se concluye, que al darle flexibilidad a la base de fundación genera un incremento de dicha variable, teniendo un valor alto y significativo en el primer modo de vibración, obteniendo 0.863 seg para Fema en. y 0.772 seg. para Norma Rusa notando que el edificio al considerar estos modelos de la interacción suelo-estructura se acerca más al comportamiento real del edificio.
3. En cuanto a los desplazamientos se concluye que se da un incremento muy significativo en los desplazamientos al considerar una base flexible que es la interacción suelo-estructura para este tipo de edificación, en donde se obtuvo en dirección X 0.035 con el modelo FEMA y 0.030 con el modelo Norma Rusa con respecto a la dirección Y 0.020 con el modelo FEMA y 0.019 con el modelo Norma Rusa, de esa manera notando que se tiene incremento con estos modelos sobre la base empotrada.
4. Para las derivas, se concluye que al aplicar interacción suelo-estructura se observó que van en aumento, pero no sobrepasando límites establecidos por la norma (0.007) obteniendo en dirección X 0.00324 para Fema y 0.00327 para Norma Rusa, en dirección Y 0.0017 para Fema y 0.0016 para Norma Rusa, en cuanto a fuerzas cortantes se tiene en X 60.0266 ton. Para Fema y 68.4834 ton. para Norma Rusa y en dirección Y 60.1321 ton. Para Fema y 66.1815 ton. para Norma Rusa teniendo menor cortante en la base.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda considerar la interacción suelo-estructura en el análisis estructural al realizar el diseño de edificaciones, debido a que la interacción suelo-estructura considera la flexibilidad de la base de fundación; con esto demuestra que se acerca al comportamiento real de la estructura de las edificaciones frente a la presencia de un evento sísmico.
2. De la misma manera se recomienda la implementación del método de interacción suelo-estructura en la norma, para considerar esta evaluación en suelos y zonas sísmicas donde tenga mayor incidencia, de esa forma disminuir colapsos de edificaciones en una eventualidad dada.
3. Se recomienda en una futura investigación sobre la interacción suelo-estructura para determinar la influencia en los periodos de vibración, desplazamientos, derivas y fuerzas cortantes, considerar el análisis en diferentes alturas de desplante según los estudios de mecánica de suelos del lugar a estudiar.

REFERENCIAS

- Anyaioma Bendezu, H. A. (2019). Análisis y diseño estructural de una edificación multifamiliar de concreto armado considerando la interacción suelo-estructura. Palián Huancayo. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/924>
- Araca Llanos, F. H., Gomez Cataora, L., Cahui Galarza, A. y Marin Mamani, G. (2020) Influence of soil-structure interaction on the behaviour of houses framed with isolated footings in the city of Juliaca <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070>
- Arancibia Abarca, D. A. (2020) Estudio del efecto de la interacción suelo-estructura en edificios bajos de albañilería. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177340>
- Avilés, J. (1999) Interacción suelo-estructura: conceptos de diseño <https://www.smis.mx/index.php/index>
- Blanco Blasco, A. (1997). Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. Lima, Perú, Capitulo de ingeniería civil, Consejo departamental de Lima. <https://es.slideshare.net/esmaton/estructuracion-y-diseo-de-edificaciones-de-concreto-armado-antonio-blanco-blasco>
- Braja M. Das, (2001). Principios de ingeniería de cimentaciones. International Thomson Editores, México
- Castro Pilco, C.F. & Pérez Martínez, G. E. (2020). Análisis de la interacción suelo - estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 tipos de suelos <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18193>
- Ccapa Anton B. V. (2021). Influencia de la interacción dinámica suelo-estructura en la respuesta sísmica de una edificación de concreto armado con irregularidad de piso blando en primer nivel en un suelo de tipo grava.

- CISMID. (2013). Estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima. Recuperado de <http://www.cismid-uni.org/item/60-niveles-de-riesgo-para-la-ciudad-de-lima>.
- Escobar Montesinos, J. P. (2019). Análisis y diseño estructural con interacción suelo-estructura de una vivienda multifamiliar de 7 niveles.
- FEMA 356 (2006). Risk Management: Series Designing for Earthquake - A manual for Architects. U.S.A.
- FEMA 440. (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. Washintong: Federal Emergency Management Agency, 2005, 392. <https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1445-20490-9603/fema-440.pdf>
- Fernández Sola, L. R. (2017). Dynamic soil structure-interaction. Azcapotzalco: Colegio de ingenieros Civiles de México, 2017. structural engineering conference.
- Ghandi, M (2017). Dynamics and Earthquake Engineering (SOIL DYN EARTHQ ENG). <http://www.sciencedirect.com/science/journal/02677261>
- Huanca Sihuayro, J.C. (2018). Análisis de la interacción suelo-estructura frente a eventos sísmicos en viviendas cercanas a la bahía de la ciudad de puno <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2977>
- Instituto Geofísico del Perú (2014). Sismos 2014 <https://www.geoidep.gob.pe/instituto-geofisico-del-peru>
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2019). Movimiento sísmico magnitud 7.0 en el departamento de puno. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/03/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-695-08MAR2019-SISMO-MAGNITUD-7-0-CON-EPICENTRO-EN-EL-DEPARTAMENTO-PUNO-05.pdf>
- Jinés Cabezas, R. M. (2017). Interacción Sísmica Suelo - Estructura En Edificaciones de Sistema Dual en la Ciudad de Moquegua.

- López López, D. S. (2020). Análisis de la respuesta dinámica estructural considerando los efectos de la interacción suelo estructura limitada a los requisitos de la nec-se-ds-2015.
- Medina, R & Music, J. (2018) Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-28132018000100063&script=sci_arttext&tlng=en
- Mendoza Cuellar, J. E. & Rodas Huerta, H. I. (2015). Análisis de interacción suelo estructura de centros educativos con zapatas corridas en la urb. Nicolas Garatea – nuevo chimbote. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/1918>
- Morales Morales, R. (2006). Diseño en concreto armado. Tercera Ed. Lima - Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Morales Morales, R. (2013). Diseño en Concreto Armado. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia
- MVCS. (2018). Norma técnica - E.030 Diseño sismorresistente. 2018. Lima - Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
- NEHRP. (2012). Consultants Joint Venture Soil-Structure Interaction for Building Structures. <https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr12-917-21.pdf>
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). Metodología de la investigación: Cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
- Olivo Cárdenas, S. L. (2020). Influencia de la interacción suelo – estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 10 pisos aplicando el software ETABS, Lima – 2020. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66214>

- Olmos Martínez, P. (2007). Cimentaciones superficiales. diseño de zapatas. Universidad de Valladolid. España.
- Paico Amaya, E. J. (2021). Influencia de la interacción suelo estructura en edificaciones regulares e irregulares con zapatas aisladas y modelación numérica de una zapata sobre el suelo de fundación utilizando el programa plaxis 3d foundation en la provincia de Piura.
- Peña Fuertes, M. (1988). Análisis estático y dinámico entre el suelo y cimentaciones superficiales y piloteadas. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Quezada Noriega, M. A. (2020). Evaluación del comportamiento dinámico para un edificio de mediana altura considerando interacción suelo-estructura y un mejoramiento de suelo a través de pilas de agregado compactado. <https://www.researchgate.net/publication/356087253>
- Ríos Carranza, D. A. (2020) Análisis de la interacción sísmica suelo - estructura en un edificio con sistema de muros estructurales sometido a diferentes perfiles de suelo, Trujillo 2020. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24318>
- Rodríguez Sánchez, A. G. & Villavicencio Arias, S. J. (2021). Análisis de los efectos de la interacción suelo – estructura en la dinámica estructural de un edificio de oficinas de 15 pisos. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20817>
- SNIP. Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.
- Sociedad Geológica del Perú. (2019) Peligro sísmico, Perú un país altamente sísmico. <https://www.sgp.org.pe/alerta-peru-un-pais-altamente-sismico/>
- Soriano, A. (1989). Interacción suelo-estructura. Modificación del movimiento <https://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/download/FITE8989110287A/12620>
- Sucasaca Collanqui, H. & Mamani Vargas, J. H. (2017) Evaluación de los efectos de interacción suelo - estructura en el estadio Universitario UNA – Puno.

- Valderrama, C. & Meza, J. (2014). Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en la Reducción de Esfuerzos de una Edificación Aporticada con Zapatas Aisladas. Proyecto Profesional para optar por el Título de Ingeniero. Lima, Perú, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
- Villareal Castro, G. A. (2009). Interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones con zapatas aisladas. Lima: Asamblea Nacional de Rectores
- Villareal Castro, G. A. (2020). Soil structure interaction in buildings with isolated foundations.
<https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/1689/1298>
- Villarreal Castro, G. A. (2009). Interacción Suelo-Estructura en Edificios Altos - Premio Asamblea Nacional de Rectores 2007. Lima.
- Villavicencio Cedeño, E. G. & Peñafiel Bermello, L. S. (2019). Análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura considerando el sistema de base fija versus la interacción suelo - estructura
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2019>

ANEXOS

- Anexo 1: Matriz de consistencia
- Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables
- Anexo 3: Estudio topográfico
- Anexo 4: Estudio de mecánica de suelos
- Anexo 6: Cálculos realizados
- Anexo 5: Panel fotográfico

ANEXO 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: Análisis del Comportamiento Sísmico de una Edificación de 5 Pisos Mediante la Interacción Suelo-Estructura, Urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022

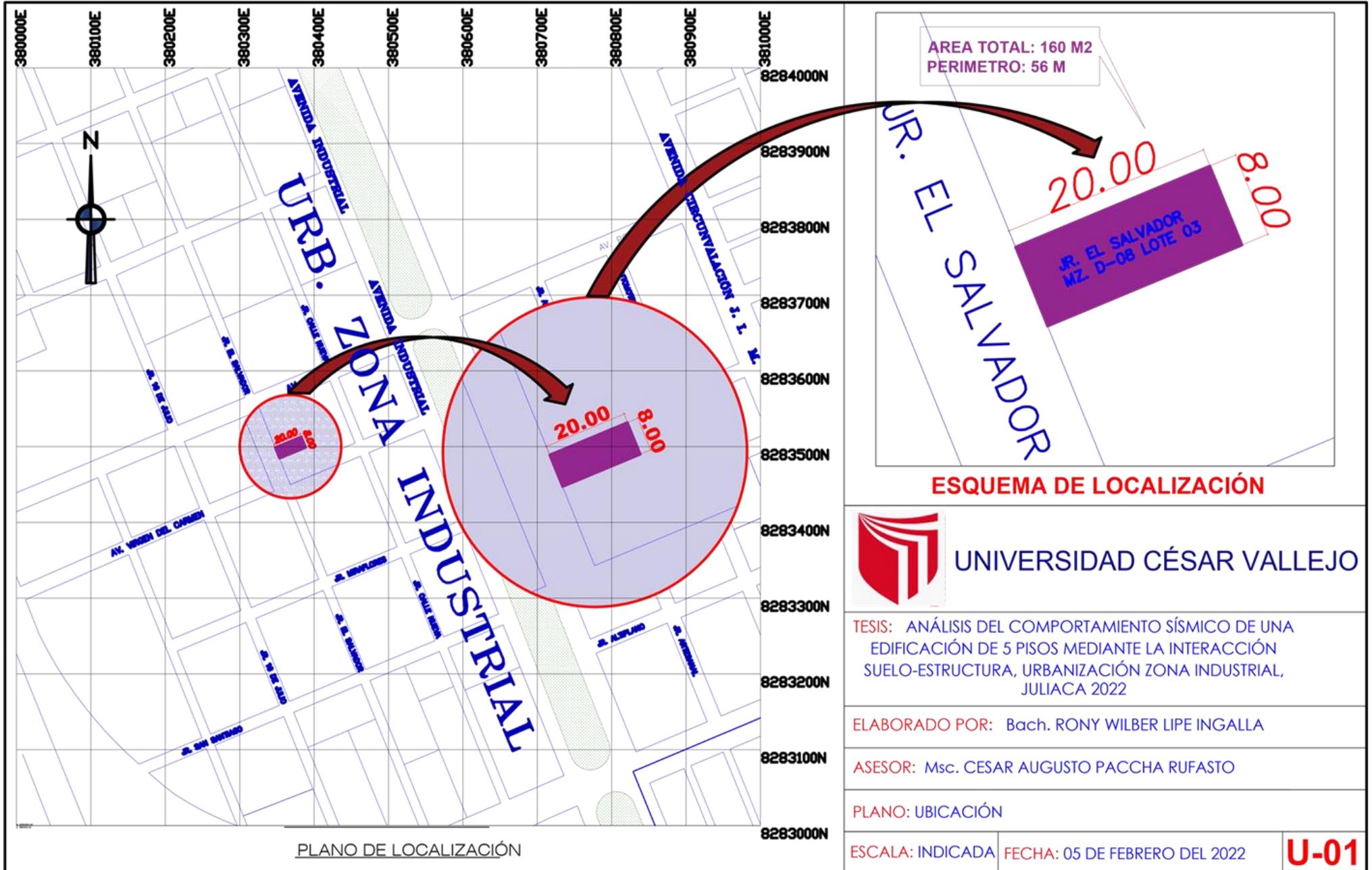
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Independiente:			
¿Cómo podemos analizar el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos mediante la interacción suelo-estructura, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022?	Analizar el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos mediante la interacción suelo-estructura, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.	La interacción suelo-estructura, sí influye en el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.	Interacción suelo-estructura	Modelo Fema 440	Coeficiente de rigidez Kx, Ky, Kz, Kxx, Kyy, Kzz.	Enfoque: Cuantitativo Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Descriptivo Diseño de investigación: Descriptivo Población: Edificios regulares de 5 niveles en la Urbanización Zona Industrial Taparachi , Juliaca. Muestra: Ubicado en Jr. El Salvador Mza. D-8 lote N° 03 de la urbanización Zona Industrial Taparachi, distrito de Juliaca, Provincia de San Román, Departamento de Puno. Muestreo: No probabilístico
				Modelo Norma Rusa	Coeficiente de rigidez rotacional y traslacional.	
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Dependiente:			
¿De qué manera influirá la interacción suelo-estructura en los periodos de vibración de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022?	Determinar que tanto influye la interacción suelo-estructura en los periodos de vibración de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.	La teoría de la interacción suelo-estructura sí influye en los periodos de vibración de la edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.	Comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos	Estudios básicos	Topografía.	
					Estudio de mecánica de suelos.	
¿De qué manera la interacción suelo-estructura influirá en los desplazamientos de la edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022?	Determinar con la interacción suelo-estructura cuando influye en los desplazamientos de la edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.	La interacción suelo-estructura sí influye en los desplazamientos máximos en la edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.		Predimensionamiento	Columnas, vigas, losas aligeradas.	
				Periodos de vibración	Modos de vibración mediante la interacción suelo-estructura.	
¿De qué manera la interacción suelo-estructura influirá en las derivas en el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022?	Determinar con la interacción suelo-estructura que tanto incrementa las derivas en el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.	La interacción suelo-estructura sí influye en el incremento de las derivas en el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos, urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022.		Desplazamientos	En ejes "X" y "Y" mediante la interacción suelo-estructura.	
				Derivas	En ejes "X" y "Y" mediante la interacción suelo-estructura.	
				Fuerzas cortantes	Cortantes en eje "X" y "Y" mediante la interacción suelo-estructura.	

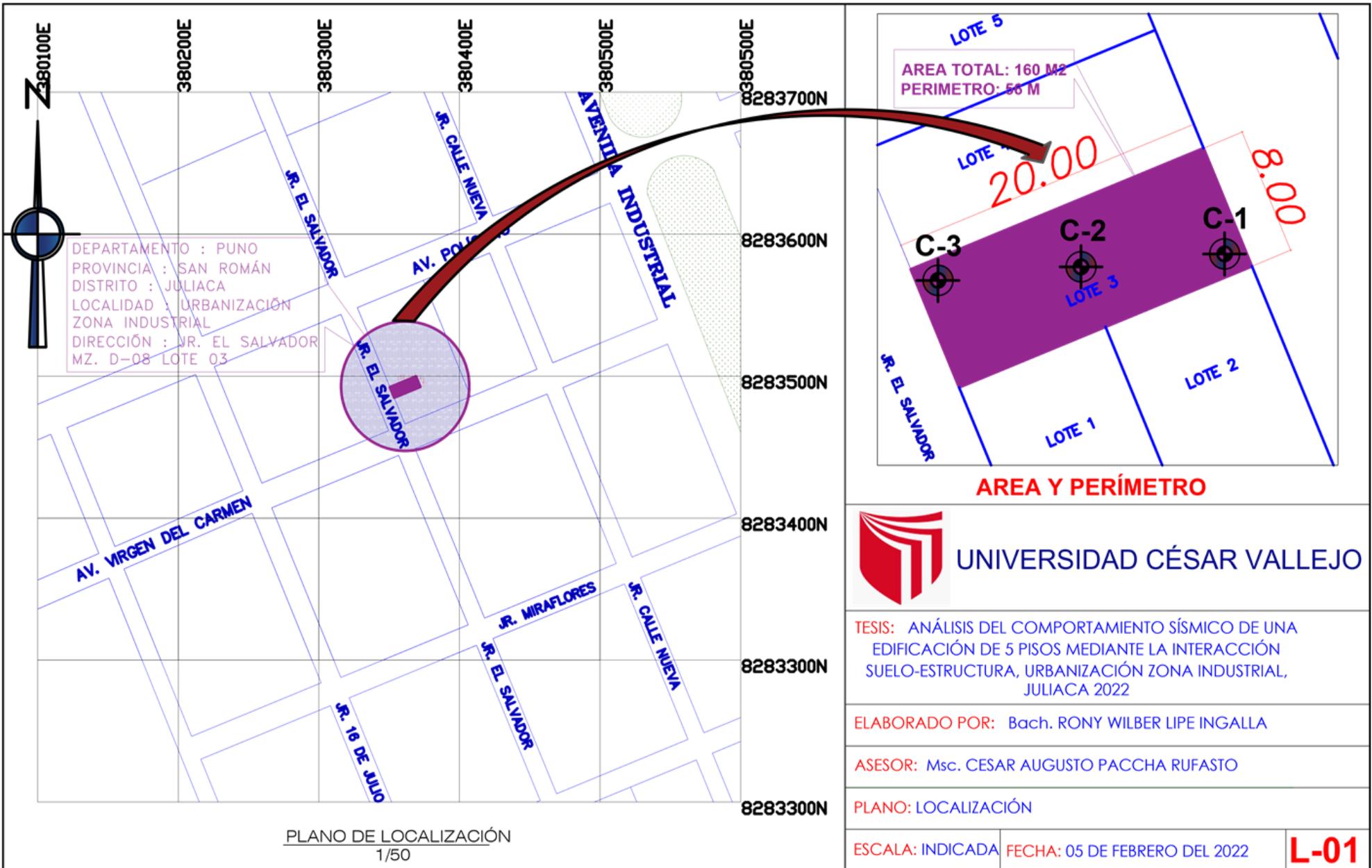
ANEXO 2: Matriz de variables y operacionalización

TÍTULO: Análisis del Comportamiento Ssmico de una Edificación de 5 Pisos Mediante la Interacción Suelo-Estructura, Urbanización Zona Industrial, Juliaca 2022

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Variable independiente: Interacción suelo-estructura	Es el contacto dinámico que produce el suelo en la superficie y la cimentación, estos transmiten esos movimientos al edificio, siendo dicho tipo de análisis el real, debido a que estos se analizan como trinomio suelo-cimentación-superestructura (Rios,2020, p.60).	La teoría de la interacción suelo-estructura se utiliza en diferentes análisis de cimentación en la superficie, hay varios modelos en el cual se utilizan esta teoría como Fema, Norma Rusa, entre otros.	Modelo Fema 440	Coeficiente de rigidez Kx, Ky, Kz, Kxx, Kyy, Kzz.	Ordinal
				Dimensiones de cimentación.	
			Modelo Norma Rusa	Coeficiente de rigidez rotacional y traslacional.	
				Dimensiones de cimentación.	
Variable dependiente: Comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos	Es la sismicidad de estructuras ocasionadas a través de cargas de sismo en un área del análisis mecánico de las construcciones que estudia el efecto de las acciones externas que producen vibraciones (Rios,2020, p. 60).	El comportamiento sísmico se emplea para determinar fuerzas cortantes, periodo de vibración, desplazamientos, en una edificación o en otro tipo de construcciones y está evaluada de acuerdo al análisis dinámico de la estructura.	Estudios básicos	Topografía.	Ordinal
				Estudio de mecánica de suelos.	
			Predimensionamiento	Columnas, vigas, losas aligeradas	
			Periodos de vibración	Modos de vibración mediante la interacción suelo-estructura.	
			Desplazamientos	En ejes "X" y "Y" mediante la interacción suelo-estructura.	
			Derivas	En ejes "X" y "Y" mediante la interacción suelo-estructura.	
Fuerzas internas máximas	En eje "X" y "Y" mediante la interacción suelo-estructura.				

Anexo 3: Estudio topográfico





DEPARTAMENTO : PUNO
 PROVINCIA : SAN ROMÁN
 DISTRITO : JULIACA
 LOCALIDAD : URBANIZACIÓN
 ZONA INDUSTRIAL
 DIRECCIÓN : JR. EL SALVADOR
 MZ. D-08 LOTE 03

AREA TOTAL: 160 M²
 PERIMETRO: 56 M

AREA Y PERÍMETRO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TESIS: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022

ELABORADO POR: Bach. RONY WILBER LIPE INGALLA

ASESOR: Msc. CESAR AUGUSTO PACCHA RUFASTO

PLANO: LOCALIZACIÓN

ESCALA: INDICADA FECHA: 05 DE FEBRERO DEL 2022

L-01

ANEXO 4: Estudio de mecánica de suelos



UNIVERSIDAD ANÓNIMA "MESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022

SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LIPE INGALLA

UBICACIÓN : JR. EL SALVADOR MZ. D-08 LOTE 03 - URB. ZONA INDUSTRIAL

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DEPARTAMENTO DE PUNO

MUESTRA : CALICATA N° 1 - MUESTRA N° 2

PROFUNDIDAD : 1.10 - 2.40 m. NF. 1.85 m.

FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	260.40
SUELO SECO + TARRO	gr	225.48
PESO DEL TARRO	gr	61.27
PESO DEL AGUA	gr	34.92
PESO DEL SUELO SECO	gr	184.21
HUMEDAD %	%	21.27

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

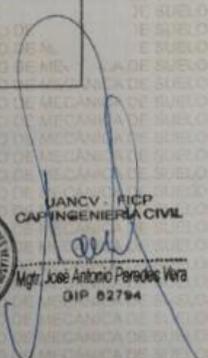
TARRO N°		1	2
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.94	30.41
SUELO SECO + TARRO	gr	29.92	27.35
PESO DEL TARRO	gr	18.76	18.65
PESO DEL AGUA	gr	4.02	3.06
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.16	8.70
HUMEDAD %	%	36.02	35.17
N° DE GOLPES		30	30

	A	B
	12.91	12.87
	11.65	11.56
	6.26	6.12
	1.26	1.31
	5.39	5.44
	23.38	24.08

LÍMITE LIQUIDO %	36.39	LÍMITE PLÁSTICO %	23.73
ÍNDICE PLÁSTICO %	12.66		

LL = $W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes

UANCY - RIPC
 CAP INGENIERIA CIVIL



Mgtr. José Antonio Paredes Vera
 OIP 02794



B.N° : 005-272232



UNIVERSIDAD ANDINA "HECTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022

FINES : CIMENTACIÓN

SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LUPE INGALLA

UBICACIÓN : JR. EL SALVADOR MZ. D-08 LOTE 03 - URB. ZONA INDUSTRIAL

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DEPARTAMENTO DE PIUNO

MUESTRA : CALICATA Nº 2 - MUESTRA Nº 02

PROFUNDIDAD : 2.50 mt N.F. = 1.80 m.

FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	263.05
SUELO SECO + TARRO	gr	207.88
PESO DEL TARRO	gr	37.40
PESO DEL AGUA	gr	55.17
PESO DEL SUELO SECO	gr	170.48
HUMEDAD %	%	32.36

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

CAPA

TARRO Nº	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		
	4	9	6	14	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.93	43.91	10.76	10.80
SUELO SECO + TARRO	gr	38.84	39.52	9.50	9.54
PESO DEL TARRO	gr	30.36	30.42	6.24	6.31
PESO DEL AGUA	gr	4.09	4.39	1.26	1.26
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.48	9.10	3.26	3.23
HUMEDAD %	%	48.23	48.24	38.65	39.01
Nº DE GOLPES		23	23		

LIMITE LIQUIDO % : 47.75 **LIMITE PLASTICO %** : 38.83

INDICE PLASTICO % : 08.92

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNCV - POP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Mgtr. Juan Antonio Paredes Vera
 GIP 82794

B.Nº: 005-272232



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA. URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022

SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LIPE INGALLA

UBICACIÓN : JR. EL SALVADOR MZ. D-08 LOTE 03 - URB. ZONA INDUSTRIAL

MUESTRA : CALICATA Nº 3 MUESTRA Nº 02

PROFUNDIDAD : 1.95 - 3.00 m **NF. 1.85 m.**

FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD
 ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	267.55
SUELO SECO + TARRO	gr	220.40
PESO DEL TARRO	gr	55.29
PESO DEL AGUA	gr	47.15
PESO DEL SUELO SECO	gr	165.11
HUMEDAD %	%	28.56

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
 ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		3	4	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	48.65	49.28	14.12	13.98
SUELO SECO + TARRO	gr	42.47	42.81	12.98	12.91
PESO DEL TARRO	gr	30.39	30.24	8.32	8.26
PESO DEL AGUA	gr	6.18	6.45	1.14	1.07
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.08	12.57	4.66	4.65
HUMEDAD %	%	51.16	51.31	24.46	23.01
N° DE GOLPES		27	27		
LÍMITE LÍQUIDO %		51.72		LÍMITE PLÁSTICO %	23.74
ÍNDICE PLÁSTICO %					27.98

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes



LIANCY - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. José Antonio Paredes Vera
 QIP 62794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2716 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022

SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LIPE INGALLA

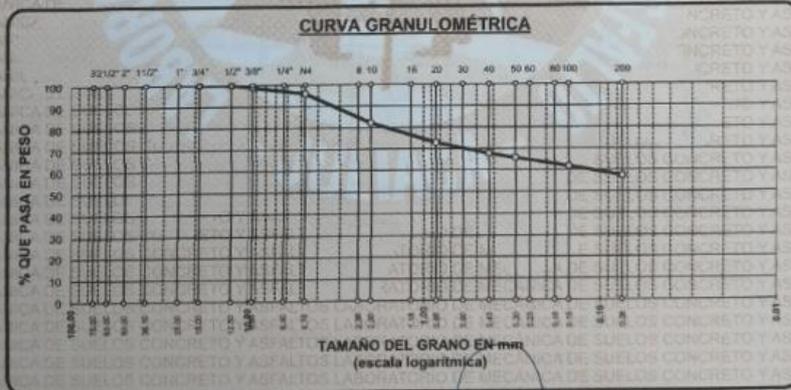
UBICACIÓN : JR. EL SALVADOR MZ. D-08 LOTE 03 - URB. ZONA INDUSTRIAL

MUESTRA : CALICATA N° 1 - MUESTRA N° 2

PROFUNDIDAD : 1.10 - 2.40 m. NF. 1.85 m.

FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 800.00
2"	50.000						P.L.= 342.09
1 1/2"	38.100						P.P.= 457.91
1"	25.000						%W= 21.27
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LL= 36.39
3/8"	9.500	9.01	1.13	1.13	98.87		LP= 23.73
1/4"	6.300						IP= 12.66
No4	4.750	23.77	2.97	4.10	95.90		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	110.47	13.81	17.91	82.09		D30= — Cc= —
No16	1.180						D60= 0.12
No20	0.850	74.01	9.25	27.16	72.84		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	40.86	5.11	32.27	67.74		SUCS : CL
No 50	0.300	16.41	2.05	34.32	65.68		ASSTHO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	32.49	4.06	38.38	61.62		
No200	0.075	35.07	4.38	42.76	57.24		
BASE		457.91		100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA		57.24					



OBSERVACIONES:

1.- LA MUESTRA FUE PUESTA Y ETIQUETADA EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

B.Nº : 005-272232



Mtro. José Antonio Paredes Vera
OHP 82794



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

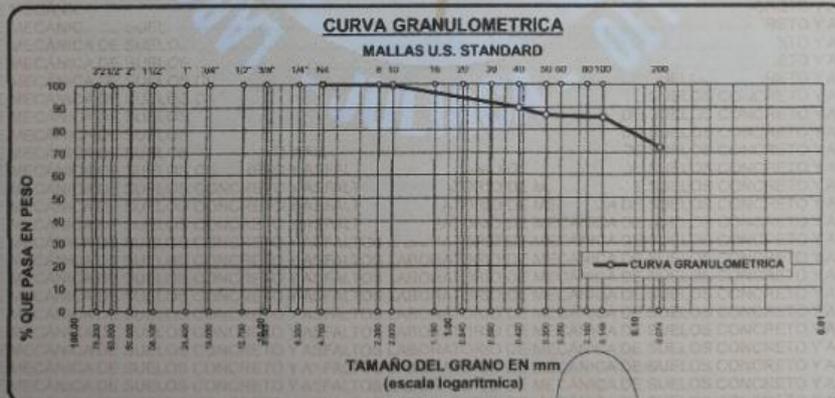


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA
 INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022
 FINES : CIMENTACIÓN
 SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LIPE INGALLA
 UBICACION : JR. EL SALVADOR MZ. D-08 LOTE 03 - URB. ZONA INDUSTRIAL
 LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DEPARTAMENTO DE PUNO
 MUESTRA : CALICATA Nº 2 - MUESTRA N° 02
 PROFUNDIDAD : 2.50 mt N.F. = 1.80 m.
 FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. MAC - 2	TAMARO MAXIMO DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L.= 350.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 97.43
2"	50.800						P.P.= 252.57
1 1/2"	38.100						%W= 32.36
1"	25.400						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050						L.L.= 47.75
1/2"	12.700						L.P.= 38.83
3/8"	9.525						I.P.= 8.92
1/4"	6.350						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		D10= --- Cu ---
No8	2.380						D30= --- Cc ---
No10	2.000	2.21	0.63	0.63	99.37		
No16	1.190						CLASIFICACION:
No20	0.840	9.33	2.67	3.30	96.70		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : ML
No40	0.420	24.02	6.86	10.16	89.84		AASTHO :
No 50	0.300	11.16	3.19	13.35	86.65		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	4.36	1.25	14.59	85.41		
No200	0.074	46.35	13.24	27.84	72.16		
BASE		252.57	72.16	100.00	0.00		
TOTAL		350.00	100.00				
% PERDIDA		72.16					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

B.N° 005-272232



LIANCY - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

Mgr. José Antonio Parades Vera
 GIP 02794



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022

SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LIPE INGALLA

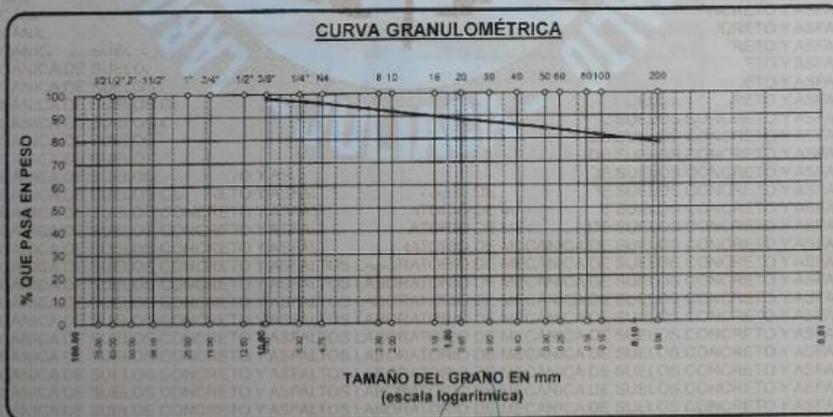
UBICACIÓN : JR. EL SALVADOR MZ. D-08 LOTE 03 - URB. ZONA INDUSTRIAL

MUESTRA : CALICATA Nº 3 MUESTRA Nº 02

PROFUNDIDAD : 1.95 - 3.00 m. **Nº** : 1.85 m.

FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 800.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 172.94
2"	50.000						P.P.= 627.06
1 1/2"	38.100						LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 61.72 L.P.= 23.74 I.P.= 27.98
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500	15.97	2.00	2.00	98.00		CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= --- Cu= --- D30= --- Cc= --- D60= ---
1/4"	6.300						
No4	4.750	17.00	2.13	4.12	95.88		
No8	2.360						
No10	2.000	30.48	3.81	7.93	92.07		CLASIFICACIÓN: I.G. =
No16	1.180						
No20	0.850	27.93	3.49	11.42	88.58		
No30	0.600						
No40	0.425	20.72	2.59	14.01	85.99		SUCS : CH ASSTHO :
No50	0.300	11.19	1.40	15.41	84.59		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	25.48	3.19	18.60	81.40		OBSERVACIONES:
No200	0.075	24.17	3.02	21.62	78.38		
BASE		627.06	78.38	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA		78.38					



OBSERVACIONES:

1 - LA MUESTRA FUE PUESTA Y ETIQUETADA EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. José Antonio Paredes Vera
tel: 82794

B. Nº : 005-272232



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 C.A.P. INGENIERIA CIVIL
 Laboratorio de Mecanica de Suelos



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 (NORMA ASTM - D3080)

TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022

FINES : CIMENTACIÓN

SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LIFE INGALLA

MUESTRA : CALICATA N° 2 - MUESTRA N° 02

UBICACIÓN : JR. EL SALVADOR MZ. D-08 LOTE 03 - UBIB, ZONA INDUSTRIAL

FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2022

Profundidad (m) : 2.50 mt N.T. = 1.00 m

Clasificación (SUCS) : ML

Estado de la muestra : INALTERADA

Veloc. de Ensayo (mm/min) : 0.50

Tiempo de Consolidación (hrs) : 24

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h)	(cm)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Área (A)	(cm ²)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Densidad Seca (γ _d)	(gr/cm ³)	1.49		1.52		1.50	
Humedad (w)	(%)	35.33	42.50	34.89	38.21	34.21	36.73
Esfuerzo Normal	(Kg/cm ²)	1.00		2.00		3.00	

Deformac. Tangencial (mm)	ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Deformac. Tangencial (mm)	Dial de Carga	Fuerza Cortante (Kg)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	
0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	0.000	0.000	
0.10	5.50	5.500	0.055	0.10	10.60	10.600	0.106	0.10	14.80	14.800	0.148	
0.20	6.30	6.300	0.063	0.20	13.80	13.800	0.138	0.20	18.90	18.900	0.189	
0.30	7.00	7.000	0.070	0.30	16.20	16.200	0.162	0.30	21.60	21.600	0.216	
0.40	9.30	9.300	0.093	0.40	17.00	17.000	0.170	0.40	24.60	24.600	0.246	
0.60	14.00	14.000	0.140	0.60	20.50	20.500	0.205	0.60	27.00	27.000	0.270	
0.80	16.50	16.500	0.165	0.80	25.00	25.000	0.250	0.80	32.80	32.800	0.328	
1.00	22.50	22.500	0.225	1.00	28.10	28.100	0.281	1.00	37.10	37.096	0.371	
1.25	26.00	26.000	0.260	1.25	31.70	31.700	0.317	1.25	39.50	39.499	0.395	
1.50	30.10	30.100	0.301	1.50	34.80	34.400	0.344	1.50	42.40	42.398	0.424	
1.75	32.46	32.400	0.324	1.75	35.00	35.000	0.350	1.75	44.60	44.599	0.446	
2.00	34.20	34.200	0.342	2.00	37.80	37.700	0.378	2.00	46.00	45.999	0.460	
2.25	35.80	35.800	0.358	2.25	38.60	38.599	0.386	2.25	47.40	47.399	0.474	
2.50	37.45	37.399	0.374	2.50	40.20	40.198	0.402	2.50	48.10	48.099	0.481	
2.75	38.60	38.599	0.386	2.75	42.90	42.899	0.429	2.75	50.80	50.799	0.508	
3.00	39.40	39.399	0.394	3.00	44.00	43.999	0.440	3.00	52.20	52.199	0.522	
3.50	40.00	39.999	0.400	3.50	46.30	46.299	0.463	3.50	54.60	54.599	0.546	
4.00	39.20	39.199	0.392	4.00	48.10	48.099	0.481	4.00	56.00	55.999	0.560	
4.50	38.10	38.099	0.381	4.50	49.90	49.899	0.499	4.50	57.80	57.799	0.578	
5.00	34.60	34.600	0.346	5.00	46.00	45.999	0.460	5.00	58.20	58.199	0.582	
5.50					44.30	44.299	0.443	5.50	57.20	57.199	0.572	
6.00					43.40	43.399	0.434	6.00	55.10	55.099	0.551	
6.50								6.50	53.40	53.399	0.534	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

B.N°: 005-272232



UNANCV. FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. José Antonio Paredes Vera
 DIP 02754



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos



ENSAYO DE CORTE DIRECTO
 (NORMA ASTM - D3080)

TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022

FINES : CIMENTACIÓN

SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LIPE INGALLA

PROF. : 2.50 mt

MUESTRA : CALICATA N° 2 - MUESTRA N° 02

FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2022

N.F. = 1.66 m.

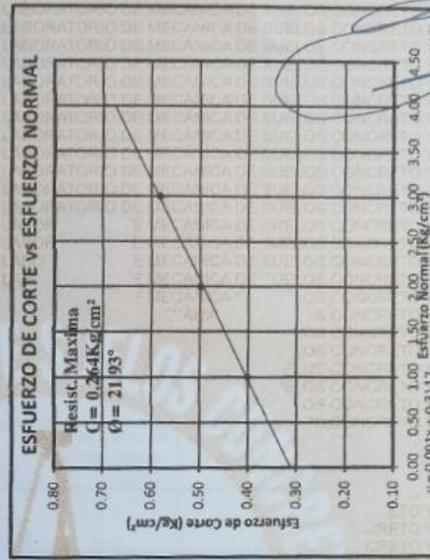
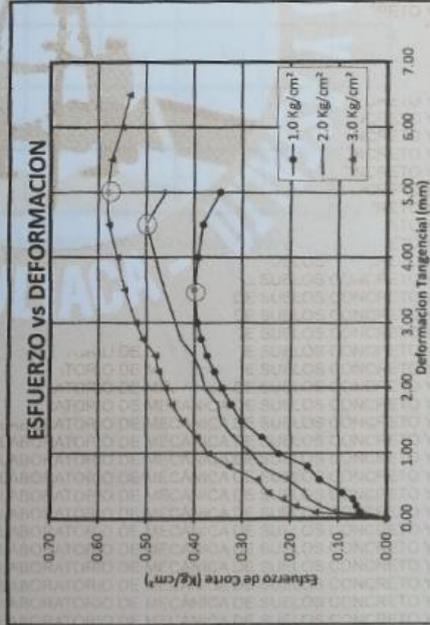
Calicata : N° 2

Profundidad (m) : 2.50 mt

Clasificación (SUCS) : ML

Estado de la muestra : INALTERADA

Veloc. De Ensayo (mm/min) : 0.50



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETOS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON GEOTECNIA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FUNDACIONES
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS
 M.S.C. A. JAVIERA
 Mgr. Roberto Parajes Vera
 QIP 02794

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS
 FICP
 CAR INGENIERÍA CIVIL

B.N° 005-272232

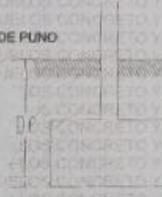


CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE ZAPATAS CUADRADAS



CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE DE ZAPATAS CUADRADAS

TESIS : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 PISOS MEDIANTE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, URBANIZACIÓN ZONA INDUSTRIAL, JULIACA 2022
FINES : CIMENTACIÓN
SOLICITANTE : Bach. RONY WILBER LIPE INGALLA
UBICACION : JR. EL SALVADOR MZ. D-08 LOTE 03 - URB. ZONA INDUSTRIAL
LUGAR : DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DEPARTAMENTO DE PUNO
FECHA : 14 DE FEBRERO DEL 2022
Muestra : CALICATA Nº 2 - MUESTRA Nº 02
Profundidad (m) : 2.50 mt N.F. = 1.00 m.
Clasificación (SUC): ML



Calicata Muestra SUCS	Cohesion (c)	Angulo Fricción Interna (φ)	Fact. de Capac. de Carga			Ancho de Ciment.(B) (m)	Densidad Natural (gr/oc)	Profund. de Ciment.(Df) (m)	qu (Tn/m2)	q Adm. F.S.(3) (Kgf/cm2)
			Nc	Nq	Nr					
C - 2 ML	0.264	21.93	16.88	7.82	7.13	1.5	1.5	1.00	23.94	0.80
C - 2 ML	0.264	21.93	16.88	7.82	7.13	1.5	1.5	1.50	29.81	0.99
C - 2 ML	0.264	21.93	16.88	7.82	7.13	1.5	1.5	2.50	41.54	1.38

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

JANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Mgr. José Antonio Paredes Vera
 OHP 82794

B.Nº: 005-272232

ANEXO 5: Cálculos realizados por modelos de interacción suelo-estructura

CÁLCULO DE RIGIDEZ DEL SUELO

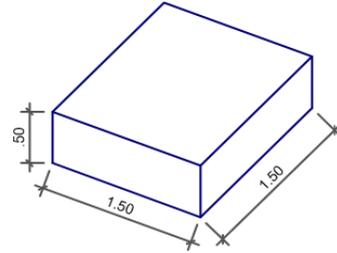
FEMA 440

EDIFICIO DE 5 PISOS JULIACA; ZAPATA: Z-1

EJES: 1; 2; 3

RIGIDEZ EN LA SUPERFICIE - CIMENTACION RIGIDA

Largo (L)	1.5 m	=	59.055 plg
Ancho (B)	1.5 m	=	59.055 plg
Espesor (d)	0.5 m	=	19.685 plg
Profundidad (Df)	1 m	=	39.370 plg
Módulo de poisson (v)	0.35	=	0.350 plg
Módulo de corte efectivo (G)	666.6667 lb/plg2	=	666.67 lb/plg2

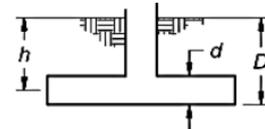


$$\begin{aligned} \text{Traslación en eje X: } K_x &= \frac{GB}{2-v} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.2 \right] = 109759.07 \\ \text{Traslación en eje Y: } K_y &= \frac{GB}{2-v} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.8 \right] = 109759.07 \\ \text{Traslación en eje Z: } K_z &= \frac{GB}{1-v} \left[1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.8 \right] = 142338.05 \\ \text{Rotacional en eje X: } K_{xx} &= \frac{GB^3}{1-v} \left[0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.1 \right] = 105618189.73 \\ \text{Rotacional en eje Y: } K_{yy} &= \frac{GB^3}{1-v} \left[0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right] = 106463135.24 \\ \text{Rotacional en eje Z: } K_{zz} &= GB^3 \left[0.53 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 0.51 \right] = 142795792.51 \end{aligned}$$

CORRECCIÓN POR PROFUNDIDAD

$$0.75 \text{ m} = 29.5276$$

$$\begin{aligned} \beta_x &= \beta_y = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) * \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{B * L^2} \right)^{0.4} \right] = 2.38 \\ \beta_y &= \beta_x = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) * \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{B * L^2} \right)^{0.4} \right] = 2.38 \\ \beta_z &= \beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} * \frac{D}{B} \left(2 + 2.6 \frac{B}{L} \right) \right] * \left[1 + 0.32 \left(\frac{d(B+L)}{BL} \right)^{2/3} \right] = 1.43 \\ \beta_{xx} &= \beta_{xx} = 1 + 2.5 \frac{d}{B} \left[1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}} \right] = 2.47 \\ \beta_{yy} &= \beta_{yy} = 1 + 1.4 \left(\frac{d}{L} \right)^{0.6} \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{d}{L} \right)^{1.9} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.6} \right] = 2.59 \\ \beta_{zz} &= \beta_{zz} = 1 + 2.6 \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{d}{B} \right)^{0.9} = 2.93 \end{aligned}$$



d = height of effective sidewall contact (may be less than total foundation height)
 h = depth to centroid of effective sidewall contact

For each degree of freedom, calculate
 $K_{emb} = \beta K_{sur}$

Traslación eje X: Kx=	261147.51
Traslación eje Y: Ky=	261147.51
Traslación eje Z: Kz=	202959.72
Rotacional eje X: Kxx=	261035259.39
Rotacional eje Y: Kyy=	275735283.53
Rotacional eje Z: Kzz=	419050460.68

RESULTADOS EN TRASLACIONAL Y ROTACIONAL

NUMERO DE APOYOS: 09

Kx=	4663.57	ton/m2
Ky=	4663.57	ton/m2
Kz=	3624.45	ton/m2
Kxx=	3007.50	ton-m
Kyy=	3176.87	ton-m
Kzz=	4828.06	ton-m

CÁLCULO DE RIGIDEZ DEL SUELO

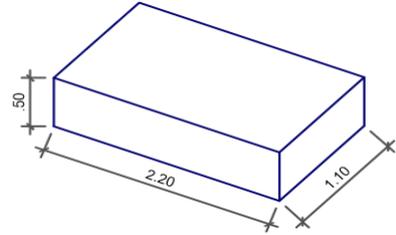
FEMA 440

EDIFICIO DE 5 PISOS JULIACA; ZAPATA: Z-2

EJES: A, B y C

RIGIDEZ EN LA SUPERFICIE - CIMENTACION RIGIDA

Largo (L)	2.2 m	=	86.614 plg
Ancho (B)	1.1 m	=	43.307 plg
Espesor (d)	0.5 m	=	19.685 plg
Profundidad (D)	1 m	=	39.370 plg
Módulo de poisson (v)	0.35	=	0.350 plg
Módulo de corte efectivo (G)	666.6667 kg/cm2	=	666.667 lb/plg2



Traslación en eje X: $K_x = \frac{GB}{2-v} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.2 \right] = 114351.28$

Traslación en eje Y: $K_y = \frac{GB}{2-v} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.8 \right] = 121350.40$

Traslación en eje Z: $K_z = \frac{GB}{1-v} \left[1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.8 \right] = 151320.77$

Rotacional en eje X: $K_{xx} = \frac{GB^3}{1-v} \left[0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.1 \right] = 74974832.28$

Rotacional en eje Y: $K_{yy} = \frac{GB^3}{1-v} \left[0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right] = 209485918.65$

Rotacional en eje Z: $K_{zz} = GB^3 \left[0.53 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 0.51 \right] = 184430046.26$

CORRECIÓN POR PROFUNDIDAD

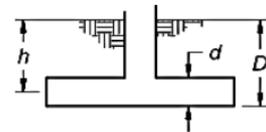
0.75 m = 29.52758

$\beta_x = \beta_y = \left(1 + 0.21 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) * \left[1 + 1.6 \left(\frac{hd(B+L)}{B * L^2} \right)^{0.4} \right] = 2.27$

$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21} * \frac{D}{B} (2 + 2.6 \frac{B}{L}) \right] * \left[1 + 0.32 \left(\frac{d(B+L)}{BL} \right)^{2/3} \right] = 1.43$

$\beta_{xx} = \beta_{yy} = 1 + 2.5 \frac{d}{B} \left[1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}} \right] = 2.98$

$\beta_{zz} = 1 + 2.6 \left(1 + \frac{B}{L} \right) \left(\frac{d}{B} \right)^{0.9} = 2.92$



d = height of effective sidewall contact (may be less than total foundation height)
 h = depth to centroid of effective sidewall contact

For each degree of freedom, calculate $K_{emb} = \beta K_{sur}$

Traslación eje X: K_x =	259750.67
Traslación eje Y: K_y =	275649.30
Traslación eje Z: K_z =	215807.96
Rotacional eje X: K_{xx} =	223085165.64
Rotacional eje Y: K_{yy} =	430830741.51
Rotacional eje Z: K_{zz} =	538195865.74

RESULTADOS EN TRASLACIONAL Y

ROTACIONAL

NUMERO DE APOYOS: 09

K_x =	4638.63	ton/m2
K_y =	4922.55	ton/m2
K_z =	3853.90	ton/m2
K_{xx} =	2570.26	ton-m
K_{yy} =	4963.79	ton-m
K_{zz} =	6200.79	ton-m

CÁLCULO DE RIGIDEZ DEL SUELO

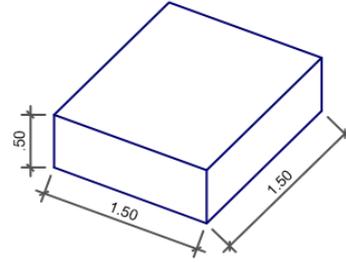
NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87

EDIFICIO DE 5 PISOS JULIACA; ZAPATA: Z-1

EJES: 1; 2; 3

RIGIDEZ EN LA SUPERFICIE - CIMENTACION RIGIDA

Largo (b)	=	1.5 m
Ancho (a)	=	1.5 m
Peralte de zapata (c)	=	0.5 m
Profundidad (Df)	=	1 m
Módulo de elasticidad	=	1246 ton/m ²



CÁLCULO DE LA MAGNITUD DEL COEFICIENTE DE COMPRESIÓN ELÁSTICA UNIFORME

Coefficiente asumido (be)	=	1.5
Módulo de elasticidad (E)	=	1246 ton/m ²
Área tomada A ₁₀	=	10 m ²
Área en la cimentación A	=	2.25 m ²

Tabla 2-3 Valores para el coeficiente b₀

TIPO DE SUELO DE FUNDACIÓN	b ₀ (m ⁻¹)
Suelos Arenosos	1.00
Arenas Arcillosas	1.20
Arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas	1.50

Fuente: (Villarreal Castro, 2009)

$$C_z = b_e * E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right) = 5809.198 \text{ ton/m}^3$$

COEFICIENTES DE COMPRESION ELÁSTICA

Coefficiente de desplazamiento elástico uniforme	C _x = C _y =	0.7C _z =	4066.439 ton/m ³
Coefficiente de compresión elástica no uniforme	C _{φx} = C _{φy} =	2C _z =	11618.396 ton/m ³
Coefficiente de desplazamiento elástico no uniforme	C _{ψz} =	C _z =	5809.198 ton/m ³

MOMENTO DE INERCIA

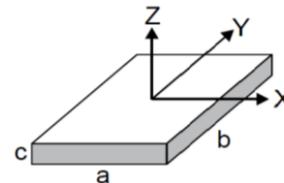
$$I_{\varphi x} = \frac{ab^3}{12} = 0.422 \text{ m}^4$$

$$I_{\varphi y} = \frac{ba^3}{12} = 0.422 \text{ m}^4$$

$$I_{\psi z} = (I_{\psi x} + I_{\psi y}) = 0.844 \text{ m}^4$$

COEFICIENTES DE RIGIDEZ ELÁSTICA

K _x = C _x A	=	9149.487 ton/m
K _y = C _y A	=	9149.487 ton/m
K _z = C _z A	=	13070.695 ton/m
K _{φx} = C _{φx} * I _{φx}	=	4901.511 ton-m
K _{φy} = C _{φy} * I _{φy}	=	4901.511 ton-m
K _{ψz} = C _{ψz} * I _{ψz}	=	4901.511 ton-m



COEFICIENTES DE RIGIDEZ ELÁSTICA PARA EXPORTAR AL ETABS

K _x =	9149.49	ton/m
K _y =	9149.49	ton/m
K _z =	13070.70	ton/m
K _{φx} =	4901.51	ton-m
K _{φy} =	4901.51	ton-m
K _{ψz} =	4901.51	ton-m

CÁLCULO DE RIGIDEZ DEL SUELO

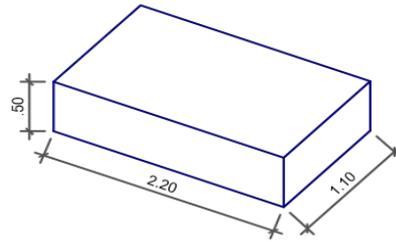
NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87

EDIFICIO DE 5 PISOS JULIACA; ZAPATA: Z-2

EJES: 1; 2; 3

RIGIDEZ EN LA SUPERFICIE - CIMENTACION RIGIDA

Largo (b)	=	2.2 m
Ancho (a)	=	1.1 m
Peralte de zapata (c)	=	0.5 m
Profundidad (Df)	=	1 m
Módulo de elasticidad	=	1246 ton/m ²



CÁLCULO DE LA MAGNITUD DEL COEFICIENTE DE COMPRESIÓN ELÁSTICA UNIFORME

Coefficiente asumido (be)	=	1.5
Módulo de elasticidad (E)	=	1246 ton/m ²
Área tomada A ₁₀	=	10 m ²
Área en la cimentación A	=	2.42 m ²

$$C_z = b_e * E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right) = 5668.283 \text{ ton/m}^3$$

Tabla 2-3 Valores para el coeficiente b₀

TIPO DE SUELO DE FUNDACIÓN	b ₀ (m ⁻¹)
Suelos Arenosos	1.00
Arenas Arcillosas	1.20
Arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas	1.50

Fuente: (Villarreal Castro, 2009)

COEFICIENTES DE COMPRESION ELÁSTICA

Coefficiente de desplazamiento elástico uniforme	C _x = C _y =	0.7C _z =	3967.798 ton/m ³
Coefficiente de compresión elástica no uniforme	C _{φx} = C _{φy} =	2C _z =	11336.566 ton/m ³
Coefficiente de desplazamiento elástico no uniforme	C _{ψz} =	C _z =	5668.283 ton/m ³

MOMENTO DE INERCIA

$$I_{\varphi x} = \frac{ab^3}{12} = 0.976 \text{ m}^4$$

$$I_{\varphi y} = \frac{ba^3}{12} = 0.244 \text{ m}^4$$

$$I_{\psi z} = (I_{\varphi x} + I_{\varphi y}) = 1.220 \text{ m}^4$$

COEFICIENTES DE RIGIDEZ ELÁSTICA

$$K_x = C_x A = 9602.071 \text{ ton/m}$$

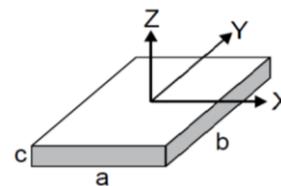
$$K_y = C_y A = 9602.071 \text{ ton/m}$$

$$K_z = C_z A = 13717.244 \text{ ton/m}$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} * I_{\varphi x} = 11065.244 \text{ ton-m}$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} * I_{\varphi y} = 2766.311 \text{ ton-m}$$

$$K_{\psi z} = C_{\psi z} * I_{\psi z} = 6915.777 \text{ ton-m}$$



COEFICIENTES DE RIGIDEZ ELÁSTICA PARA EXPORTAR AL ETABS

K _x =	9602.07	ton/m
K _y =	9602.07	ton/m
K _z =	13717.24	ton/m
K _{φx} =	11065.24	ton-m
K _{φy} =	2766.31	ton-m
C _{ψz} =	6915.78	ton-m

ANEXO 6: Panel fotográfico



Excavación de Calicata 2



Profundidad de Calicatas 3 metros



Calicata 1



Ubicación de Caliacatas 1,2 y 3



Secado de muestras



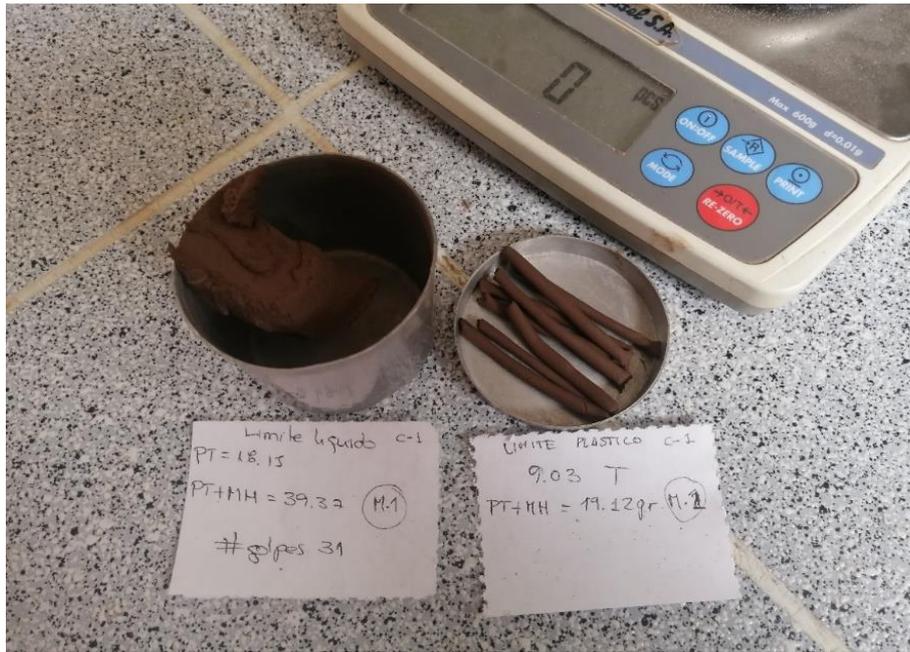
Pesado de muestras para determinar contenido de humedad



Determinación de contenido de humedad



Proceso para determinar límite líquido y plástico



Pesado de muestras para determinar límite líquido y plástico



Tamizado para obtener granulometría