



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Comportamiento sísmico de una edificación esencial considerando la  
Interacción suelo estructura en el distrito de Santiago, Ica - 2022

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

**AUTORA:**

Br. Reynaga Fernandez, Marycarmen

<https://orcid.org/0000-0002-7674-2030>

**ASESOR:**

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto

<https://orcid.org/0000-0002-4136-7189>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA — PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

*A Dios, porque es mi compañía y jamás me deja sola, me enseña día a día que todo tiene una razón y que sus tiempos son perfectos.*

*A mis padres, Ever y Luisa, espero en mi vida poder retribuirles todo lo que me ofrecieron y enseñaron.*

*A mí, quiero demostrarme que puedo lograr mis propósitos y que todo lo vivido no fue en vano.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios todopoderoso, por la fuerza que ha impulsado en cada instante, por la valentía para seguir afrontando retos cada día.*

*A mis docentes de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, por ser parte importante de mi formación académica.*

*A mi compañero en la vida, Ayrton, porque siempre me impulsó y creyó en mí, sé que siempre contaré con su apoyo.*

*A cada persona que Dios puso en mi vida en el momento exacto, que de forma directa o indirecta contribuyó con la culminación de mi tesis.*

# Índice de contenido

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
Índice de contenido .....	iii
Índice de tablas .....	iv
Índice de gráficos y figuras.....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRAC .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	19
3.2 Variables y operacionalización	20
3.3. Población, muestra y muestreo	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.5. Procedimientos	24
3.6. Método de análisis de datos	55
3.7. Aspectos éticos	55
IV. RESULTADOS.....	56
V. DISCUSIÓN .....	74
VI. CONCLUSIONES.....	82
VII. RECOMENDACIONES .....	84
REFERENCIAS.....	85
Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	88
Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables .....	89
Anexo 3. Validación del instrumento de recolección de datos .....	90
Anexo 4. Cuadro de dosificación y resultados de antecedentes .....	99
Anexo 5. Procedimientos .....	100
Anexo 6. Normativa .....	110
Anexo 7. Ensayos de laboratorio.....	114
Anexo 8. ....	123

## Índice de tablas

Tabla 1. Valores para el coeficiente $C_0$ en base al tipo de suelo .....	14
Tabla 2. Valores máximos para la distorsión de entrepiso .....	16
Tabla 3. Validez de contenido del instrumento de recolección de datos .....	23
Tabla 4. Descripción arquitectónica de la edificación .....	25
Tabla 5. Propiedades de los materiales .....	26
Tabla 6. Características del suelo de fundación .....	27
Tabla 7. Cargas de entrepiso .....	33
Tabla 8. Parámetros sísmicos.....	35
Tabla 10. Verificación de irregularidad de piso blando -dirección Y .....	36
Tabla 11. Verificación de irregularidad extrema de piso blando-dirección X.....	36
Tabla 12. Verificación de irregularidad extrema de piso blando-dirección Y .....	37
Tabla 13. Verificación de irregularidad en masa-dirección X.....	37
Tabla 15. Verificación de irregularidad de geometría vertical-dirección X.....	38
Tabla 16. Verificación de irregularidad de geometría vertical-dirección Y.....	38
Tabla 17. Verificación de irregularidad torsional-dirección X.....	39
Tabla 18. Verificación de irregularidad torsional-dirección Y .....	39
Tabla 19. Verificación de irregularidad por esquinas entrantes-dirección X.....	39
Tabla 20. Verificación de irregularidad por esquinas entrantes-dirección Y.....	40
Tabla 21. Masas traslacionales actuantes en el centroide de las zapatas .....	48
Tabla 22. Masas rotacionales actuantes en el centroide de las zapatas .....	49
Tabla 23. Coeficientes de compresión y desplazamiento elástico del modelo Norma Rusa .....	49
Tabla 24. Coeficientes de rigidez del modelo Norma Rusa, actuantes en el centroide de las zapatas 50	49
Tabla 25. Coeficientes de compresión y desplazamiento elástico del modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov 52	52
Tabla 26. Coeficientes de rigidez del modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov, actuantes en el centroide de las zapatas 53	53
Tabla 27. Periodos de vibración del Modelo empotrado (Norma peruana E.030-2020) .....	59
Tabla 28. Periodos de vibración del Modelo dinámico Norma Rusa .....	60
Tabla 29. Periodos de vibración del Modelo dinámico D.D Barkan-O.A Savinov .....	61
Tabla 30. Variación de los periodos de vibración de los modelos de análisis (X-X, Y-Y) .....	62
Tabla 31. Desplazamientos laterales máx. del Modelo empotrado (Norma peruana E.030) .....	63
Tabla 32. Desplazamientos laterales máx. del Modelo dinámico Norma Rusa.....	64
Tabla 33. Desplazamientos laterales máx. del Modelo dinámico D.D Barkan-O. A Savinov.....	65
Tabla 34. Variación de los desplazamientos absolutos de los modelos de análisis (X-X, Y-Y) .....	66
Tabla 35. Distorsiones de entrepiso del Modelo empotrado (Norma peruana E.030 – 2020) .....	67
Tabla 36. Distorsiones de entrepiso del Modelo dinámico Norma Rusa .....	68
Tabla 37. Distorsiones de entrepiso del Modelo dinámico D.D Barkan-Savinov.....	69

Tabla 38. Variación de la distorsión de entrepiso de los modelos de análisis (X-X, Y-Y) .....	70
Tabla 39. Fuerzas cortantes máximas para cada modelo de análisis .....	71
Tabla 40. Fuerzas axiales máximas para cada modelo de análisis.....	72
Tabla 41. Momento flector máximo para cada modelo de análisis .....	73

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Esquema de condiciones de fijación.....	9
Figura 2: Esquema espacial de interacción suelo-estructura .....	10
Figura 3: Esquema de grados de libertad .....	11
Figura 4: Modelo de Norma Rusa .....	13
Figura 5: Fuerzas externas e internas en una estructura .....	17
Figura 6: Cuadro de procedimiento del proyecto .....	24
Figura 7. Conformación de la grilla .....	28
Figura 8. Definición de propiedades del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	29
Figura 9. Definición de las propiedades del acero de refuerzo.....	30
Figura 10. Definición de las dimensiones de las columnas .....	31
Figura 11. Definición de las dimensiones de las vigas .....	31
Figura 12. Definición de las dimensiones de la losa aligerada .....	32
Figura 13. Modelo tridimensional .....	32
Figura 14. Asignación de cargas.....	33
Figura 15. Asignación del peso de la edificación .....	34
Tabla 9. Verificación de irregularidad de piso blando-dirección X.....	35
Tabla 14. Verificación de irregularidad en masa-dirección Y.....	37
Figura 16. Espectro de Pseudo aceleraciones X-X .....	43
Figura 17. Espectro de Pseudo aceleraciones Y-Y .....	43
Figura 18. Incorporación del Espectro de respuesta X-X, Etabs v.19 .....	44
Figura 19. Incorporación del Espectro de respuesta Y-Y, Etabs v.19 .....	44
Figura 20. Definición de la respuesta máxima elástica esperada (X.X) .....	45
Figura 21. Asignación del número de modos.....	46
Figura 22. Definición de las propiedades de la zapata .....	47
Figura 23. Dibujo de las zapatas aisladas .....	48
Figura 24. Definición de masas actuantes en el centroide de las zapatas .....	49
Figura 25. Definición de los coeficientes de rigidez – Modelo Norma Rusa.....	50
Figura 26. Discretización de zapatas – Modelo Norma Rusa.....	51
Figura 27. Definición de coeficientes de rigidez – Modelo de Barkan .....	54
Figura 28. Discretización de zapatas – Modelo de Barkan.....	54
Figura 29: Mapa político del Perú .....	56
Figura 30: Mapa de la región Ica.....	57
Figura 31: Mapa de distritos de la Provincia de Ica .....	57
Figura 32. Accesibilidad al Distrito de Santiago.....	58
Figura 33. Desplazamientos laterales máx. del Modelo empotrado (Norma peruana E.030) .....	63
Figura 34. Desplazamientos laterales máx. del Modelo dinámico Norma Rusa .....	64
Figura 35. Desplazamientos laterales máx. del Modelo dinámico D.D Barkan-O. A Savinov.....	65

Figura 36. Distorsión de entrepiso del Modelo tradicional E.030.....	67
Figura 37. Distorsión de entrepiso del Modelo dinámico Norma Rusa.....	68
Figura 38. Distorsión de entrepiso del Modelo dinámico D.D Barkan-Savinov .....	69
Figura 39. Fuerzas cortantes máximas para cada modelo de análisis.....	71
Figura 40. Fuerzas axiales máximas para cada modelo de análisis .....	72
Figura 41. Momento flector máximo para cada modelo de análisis.....	73

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la flexibilidad del suelo mediante los modelos dinámicos de interacción suelo estructura Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 y D.D Barkan-O.A Savinov en el comportamiento sísmico de una edificación esencial ante la acción del sismo. La metodología empleada es de tipo aplicada, diseño cuasi experimental, nivel explicativo y enfoque cuantitativo, Así mismo; se realizó el modelamiento estructural en el programa Etabs V.19 teniendo en consideración los planos de arquitectura y estructurales correspondientes a la edificación, como también los resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos, apoyándonos en todo momento en lo especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Los resultados esperados en las direcciones de análisis X y Y muestran un incremento del periodo de vibración de 32.49% y de 95.76% respectivamente, así como del desplazamiento lateral de 82.90% y 284.70% y de la distorsión de entrepiso de 51.86% y 243.49%, además de ello se presenta el incremento de la fuerza cortante en la dirección de análisis X de 39.26%, mientras que en la dirección Y se presento una reducción de -13.03% , por otro lado, respecto a la fuerza axial máxima, se tuvo una reducción promedio de -15.52% y -37.59% en las direcciones de análisis X y Y respectivamente, finalmente se obtuvo el aumento del momento flector máximo presentado de 29.41% y 34.69% en las direcciones de análisis X y Y respectivamente, concluyendo así que al considerar la acción recíproca del suelo y la estructura mediante los modelos dinámicos de interacción suelo estructura se presenta una variación significativa y relevante de los parámetros que definen el comportamiento sísmico de una edificación respecto al modelo empotrado definido en la normativa peruana.

**Palabras clave:** Interacción suelo estructura, modelos dinámicos, comportamiento sísmico, flexibilidad del suelo.

## ABSTRAC

The objective of the research was to determine the influence of soil flexibility by means of the dynamic models of soil-structure interaction Russian Standard SNIP 2.02.05-87 and D.D Barkan-O.A Savinov on the seismic behavior of an essential building under earthquake action. The methodology used is of applied type, quasi-experimental design, explanatory level and quantitative approach. Likewise, the structural modeling was carried out in the Etabs V.19 program, taking into consideration the architectural and structural drawings corresponding to the building, as well as the results obtained from the soil mechanics study, relying at all times on what is specified in the National Building Regulations. The expected results in the X and Y directions of the analysis show an increase in the vibration period of 32.49% and 95.76% respectively, as well as in the lateral displacement of 82.90% and 284.70% and in the distortion between floors of 51.86% and 243.49%. In addition, there was an increase of 39.26% in shear force in the X direction of analysis, while in the Y direction there was a reduction of -13.03%, on the other hand, with respect to the maximum axial force, there was an average reduction of -15.52% and -37.59% in the X and Y directions of analysis respectively. Finally, the increase of the maximum bending moment presented was 29.41% and 34.69% in the X and Y directions of analysis respectively, thus concluding that when considering the reciprocal action of the soil and the structure through the dynamic models of soil-structure interaction, there is a significant and relevant variation of the parameters that define the seismic behavior of a building with respect to the embedded model defined in the Peruvian standards.

**Key words:** soil-structure interaction, dynamic models, seismic behavior, soil flexibil

## I. INTRODUCCIÓN

A **nivel internacional**; existen diversas causas para los problemas estructurales en edificaciones, intensificándose con la llegada de un sismo, llevando a realizar múltiples estudios a la superestructura. De acuerdo con CORRATGÉ et,al (2020), la respuesta dinámica de las estructuras ante la acción sísmica es un fenómeno que depende principalmente de la propia estructura, de la respuesta del suelo y de su interacción con la cimentación, por lo que considerar un estudio independiente podría ser desfavorable e inseguro, fundamentalmente en estructuras cimentadas en suelo blando. Debido a lo expuesto, se han ido desarrollando investigaciones sobre la interacción dinámica entre una edificación y su base de fundación.

A **nivel nacional**; el Perú, debido a su ubicación geográfica, es considerado un país altamente sísmico, ya que se sitúa sobre el Cinturón de Fuego del Pacífico, a su vez, “el país se localiza sobre el extremo occidental de la Placa Sudamericana cuya convergencia con la Placa de Nazca generando así sismos de gran magnitud que afectan las poblaciones costeras de nuestro territorio”<sup>1</sup>, debido a ello, es necesario ampliar conocimientos para reducir la vulnerabilidad. Por otro lado “los continuos acontecimientos de sismos en el territorio peruano es una realidad que no se puede pasar por alto, por este motivo, se debe entender que los sismos, cualquiera sea su magnitud, son recurrentes en el tiempo”<sup>2</sup>. Además de esto, “las características de las ondas sísmicas se alteran al transitar por estratos de suelo blando, en consecuencia, la intensidad sísmica incrementa en las zonas de terreno blando”<sup>3</sup>, de allí la importancia de realizar estudios geotécnicos en las zonas donde se realizará la construcción de estructuras, siendo un paso importante la determinación de tipo de suelo de fundación. “el territorio nacional se encuentra seccionado en 4 zonas, basándose en la distribución espacial en base a la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral”<sup>4</sup>, cada una de estas zonas cuentan con un valor asignado. “Este valor es interpretado como la máxima

---

<sup>1</sup> (NORABUENA, 2018)

<sup>2</sup> (TAVERA, 2014, p. 8)

<sup>3</sup> (BAZÁN & MELI, 2004, p. 26)

<sup>4</sup> (Norma E.030 , 2020 p. 12)

aceleración horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser superado en cincuenta años”<sup>5</sup>, en base a lo anterior, la aceleración corresponde a la que se espera en suelo rígido, por lo que no se contempla la flexibilidad que podría presentar la base de fundación en la norma de nuestro país.

A **nivel regional**, la ciudad de Ica se ubica en la zona sísmica 4, donde se registran las más altas aceleraciones, atribuyéndole la sismicidad más elevada del país; además de esto, el suelo en la región no es roca rígida en su totalidad ya que existen estratos de suelo blando, por lo que ante el suceso de algún sismo severo las ondas sísmicas se intensificarían ocasionando daños moderados y graves en las edificaciones como el ocurrido en Pisco el año 2007. Además de ello, el crecimiento acelerado de la población y por ende de construcciones, lleva a plantear la planificación vertical de la ciudad, teniendo presente la exigencia de las edificaciones altas; en consecuencia, se ve la necesidad de incluir al suelo como parte del análisis, considerando la flexibilidad de éste; pues el suelo no es perfectamente rígido como se plantea en la normativa peruana, debido a que absorbe una porción de energía liberada ante la ocurrencia de un sismo.

Debido a lo mencionado, evaluando la realidad problemática en la que se basa la investigación, se llega a plantar el siguiente **problema general**: ¿Cómo influye la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica - 2022?, de la misma forma se plantean los **problemas específicos**: ¿Qué tanto se alteran los periodos de vibración, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?; así como, ¿En cuánto varían los desplazamientos laterales, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?; ¿Qué tanto se modifican las distorsiones de entrepiso, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?; y finalmente, ¿Cómo varían las fuerzas internas máximas, considerando la interacción suelo-estructura en el

---

<sup>5</sup> (Norma E.030 , 2020 p. 13)

comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?

Así mismo, la presente investigación presenta **justificación teórica**, ya que, para contrastar resultados al realizar el análisis sísmico considerando un suelo infinitamente rígido, se fundamenta con la N.T.E E.030 Diseño Sismorresistente y con la inclusión de la flexibilidad del suelo, los modelos dinámicos de interacción suelo-estructura con renombre internacional, el modelo dinámico D.D. Barkan - O.A. Savinov del catedrático Barkan de la Universidad Nacional de Ingeniería Civil de Moscú - Rusia y el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87. Cuenta con **justificación metodológica**, dado que para llegar a los objetivos planteados se debe seguir un proceso ordenado, haciendo uso de una metodología con enfoque cuantitativo y con la técnica de observación directa, determinando la variación de la respuesta sísmica al incorporar la interacción suelo-estructura haciendo uso del software ETABS v.19, para finalmente servir como guía y referencia de futuras investigaciones. Presenta también **justificación técnica** debido a que al incorporar en el análisis sísmico la interacción suelo - estructura mediante modelos dinámicos se busca obtener una respuesta más efectiva ante un sismo ya que se apoya en el comportamiento del suelo donde se fundarán los cimientos de la estructura, de esta manera, aminorar daños importantes en las edificaciones y evitar desastres ante un evento sísmico, así como el ocurrido con anterioridad en la región. Además, tiene **justificación social**, debido a que se pretende dar a conocer la necesidad que se tiene de estudiar a profundidad el tema, dado que la normativa peruana no contempla la interacción suelo-estructura; buscando así el beneficio de la población de la ciudad de Ica, ya que es una región altamente sísmica. Finalmente cuenta con **justificación económica**, pues se reducirían costos por reparaciones en las estructuras dañadas considerablemente, llegando incluso a realizar nuevas construcciones debido al peligro de colapso en que se encuentran las edificaciones tras acontecer un sismo de gran magnitud.

Se estableció como **objetivo general**: Evaluar la influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica - 2022, así mismo los siguientes **objetivos específicos**: Determinar la alteración de los periodos de vibración, considerando la interacción

suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022; Determinar la variación de los desplazamientos laterales, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022; Determinar la modificación de las distorsiones de entrepiso, considerando la interacción suelo-estructura en el análisis dinámico de una edificación de 5 niveles en la ciudad de Ica-2022 y por último, Determinar la variación de las fuerzas internas máximas, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022.

Del mismo modo, una vez establecidos los problemas y objetivos tanto general como específicos, se plantea la siguiente **hipótesis general**: La influencia de la interacción suelo-estructura es notable en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica – 2022; al igual que las siguientes **hipótesis específicas**: La alteración de los periodos de vibración, es significativa, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022; La variación de los desplazamientos laterales, es notable, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022; La modificación de las distorsiones de entrepiso, es notoria, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022; finalmente, La variación de las fuerzas internas máximas, es relevante, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales, de acuerdo con la recopilación de estudios relacionados con anterioridad, se tiene a PEÑAFIEL (2019), que en su tesis de grado presenta como objetivo realizar una comparación de los valores obtenidos del análisis sísmico a una construcción de mediana altura, considerando primero la base rígida y luego la interacción suelo-estructura aplicando los modelos FEMA, ASCE y Barkan, siguiendo la metodología descrita, se efectuó un predimensionamiento estructural, se realizó la modelación de la edificación con base fija y con la interacción suelo-estructura y finalmente se compararon los resultados de los modelos, obteniendo como resultados, que el modelo FEMA presenta un mayor incremento en el periodo fundamental, así como en el máximo desplazamiento y derivas de entrepiso, posee también el valor mas alto de participación de masas, además de notarse un incremento de las fuerzas internas al considerar la flexibilidad de la base, en cuanto a la deformación en las losas, el valor mas alto es del modelo FEMA, llegando así a la conclusión que el modelo FEMA es el más flexible, lo que permite a la estructura moverse con facilidad y que considerando una construcción en base a la interacción suelo-estructura se salvaguarda la eificación, permitiendo una conveniente respuesta ante la ocurrencia de eventos sísmicos.

Se tiene también a MEJÍA (2018), plantea como objetivo de su tesis de maestría realizar una comparación de la respuesta estructural de una construcción de 10 pisos, contemplando la interacción suelo-estructura conjuntamente con un análisis no lineal elástico (Push Over), y un análisis lineal con apoyos rígidos, considerando una metodología ordenada, utilizando para el modelado el programa ETABS, apoyándose en disposiciones internacionales y en el reglamento Colombiano, con la finalidad de obtener derivas, la estabilidad general y cortantes de las zonas lacustres, teniendo como resultado que en el sentido Y en el análisis lineal se tiene un ligero aumento del valor de derivas en relación al sentido X, siendo opuesto en el análisis no lineal, además cuando no se considera la interacción suelo-estructura se tienen cortantes de diseño mas bajos que el que se obtiene en el análisis no lineal con interacción suelo-estructura, finalmente teniendo como conclusión final que el analisis lineal tienen valores de indice de estabilidad menores al análisis no

lineal por lo que considerar un comportamiento no lineal con el análisis tipo Push Over permitió un comportamiento mucho más real de la estructura.

Adicionalmente, se tiene a ARANCIBIA (2020), que en su trabajo de investigación estableció como objetivo obtener un modo que sea lo más parecido a la realidad en el desempeño de estructuras de albañilería frente a un evento sísmico incorporando el fenómeno de interacción suelo-estructura siguiendo una metodología planteada para el desarrollo de su trabajo, realizando la recopilación de información, además de las características del lugar donde se encuentra la estación sísmica, se construyó un modelo para luego analizar los efectos de la interacción suelo-estructura, comparando la edificación con base empotrada y con base flexible para un modelo elástico y un modelo no lineal, realizando el estudio en tres tipos de suelo, teniendo como resultado el alargamiento del periodo, un incremento del amortiguamiento total al integrar la interacción suelo-estructura, así como la reducción de la demanda sísmica, llegando a la conclusión de que la variación se acentúa más para suelos blandos y cuando la estructura tiene bajo periodo o presente el mismo periodo de vibración que tiene el suelo, además se determinó que el modelo de bordes absorbentes funciona mejor y se evidencia que al incorporar la interacción suelo-estructura se tiene un comportamiento más semejante a lo real ya que afecta la respuesta para estructuras con periodo bajo.

Como antecedentes nacionales se tiene a FRANCO & GÁLVEZ (2021), quienes presentan como objetivo de su tesis realizar un análisis de la ISE en una vivienda de dos niveles cimentado sobre relleno antrópico, comparando la base rígida y flexible en la respuesta sísmica, haciendo uso de una metodología con enfoque cuantitativo, se realizó el modelado con el software SAP2000, apoyándose en las Normas E.030 y E.050, teniendo como resultado que ante la consideración de la flexibilidad en la base, aumentan considerablemente el periodo de vibración libre. Así como también los desplazamientos, obteniendo además, una reducción de fuerzas internas que presentan los elementos estructurales, manteniendo como conclusión que con el análisis de una estructura adicionando la interacción suelo-estructura se cobra relevancia para verificar la seguridad de la edificación.

También se tiene a ECHE & PÉREZ (2018), en su tesis de grado presenta como objetivo evaluar y analizar los efectos que presenta el incorporar la flexibilidad del suelo en el comportamiento de una edificación de 16 niveles mediante modelos dinámicos de interacción, además de analizar el estado en el que se encuentra la construcción verificando si cumple con lo establecido en la Norma Técnica E.030 (2016), empleando una metodología con enfoque cuantitativo ya que se realizaron comparaciones numérica, se modeló el edificio con el software Etabs con base rígida y flexible, obteniendo como resultado el incremento del periodo de vibración, los aumentos de desplazamientos laterales y por ende de las distorsiones de entrepiso, además de la reducción de la fuerza cortante y del momento flector, llegando a la conclusión de que en algunos niveles no se cumple con la distorsión máxima en función de la norma y que el modelo de la Norma Rusa es el más adecuado para implementar ya que no es tan riguroso.

Por otro lado se tiene a OCAS & LÓPEZ, (2021), su tesis de grado presenta como objetivo determinar la modificación de la conducta de una estructura de cuatro pisos incorporando la interacción del suelo con la estructura utilizando los modelos dinámicos de D.D. Barkan – O.A. Savinov y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, haciendo uso de una metodología con enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal, se utilizó para modelar el programa SAP 2000, considerando empotrado perfecto haciendo uso de la Norma Sismorresistente E.030, y aplicando los modelos dinámicos, llegando a obtener los siguientes resultados, la comparación de periodos con la norma peruana presenta variación entre los modelos de Barkan y Norma Rusa del 8% y 7% respectivamente, y entre ambos modelos dinámicos la variación siempre es menor al 5% debido a su parecido, llegando así a la conclusión de que con la consideración de los modelos dinámicos se admite evaluar con mayor precisión la respuesta real que tendrá la edificación ante un sismo, siempre y cuando cumpla con lo requerido en la Norma Sismorresistente E.030.

Adicionalmente se presentan los artículos de investigación, como CORRATGÉ et.al (2020), donde presenta como objetivo examinar la influencia que tiene la altura en la replica estructural de edificaciones ante cargas de sismo contemplando la interacción del suelo con la estructura usando como metodología el modelado en

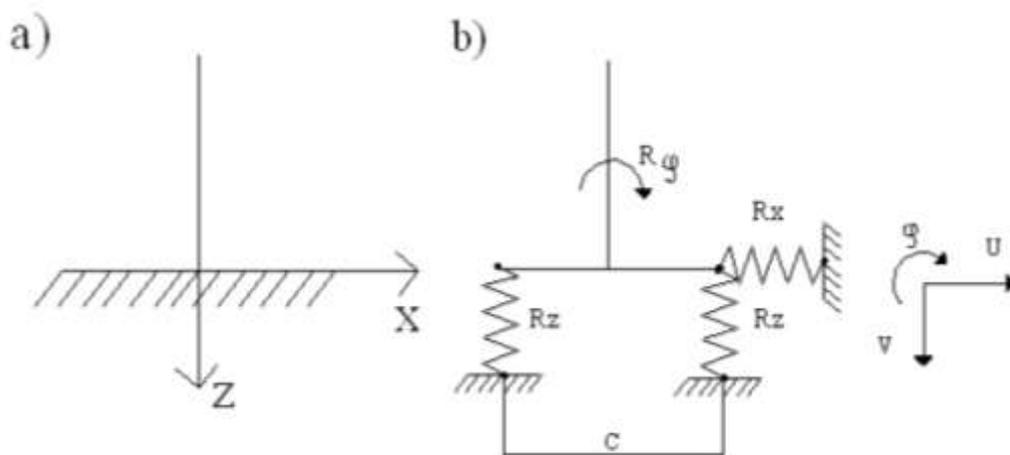
el programa ETABS 16.1, donde se analizó las variantes, con una base empotrada y otro modelo considerando la interacción suelo-estructura, teniendo como resultado, variaciones en el periodo de vibración como en desplazamientos y derivas, así como en fuerzas cortantes, axiales; llegando a la conclusión de que la altura tiene mucha influencia cuando se analizan las edificaciones sobre suelo blando, además de tener un comportamiento mas real considerando la interacción suelo-estructura.

A su vez, se cuenta con tambien a LÓPEZ et al. (2022), que en su artículo de investigación presenta como objetivo principal efectuar el diseño estructura de una construcción de 6 niveles y compararla respuesta sísmica cuando se considera interacción suelo- estructura y cuando se realiza de forma tradicional, según su metodología realizó el diseño de los cimientos considerandolos como resortes equivalentes, seguidamente se comparó la respuesta sísmica en un rango lineal, obteniendo como resultado incrementos del periodo así como cuantías de acero en vigas, columnas tanto en acero de refuerzo principal como en estribos, reducción de fuerzas cortantes basales; llegando a la conclusión de que existen variaciones en el diseño de una estructura si se implementa la interacción suelo estructura.

Finalmente se tiene a VILLARREAL, CERNA, & ESPINOZA (2021), en su artículo presentan como objetivo calcular estructuras con muros de ductibilidad limitada, considerando flexible la base de fundación, su metodología se rige en el empleo de distintos modelos de interacción del suelo y la estructura adecuados a su trabajo de investigación y se procedio a la modelación del edificio mediante el software SAP2000, comparando el analisis y diseño de la estructura con la normativa peruana E.030, teniendo como resultado una ampliación de periodos de viibración, el ascenso de desplazamientos laterales, disminuyen las fuerzas axiales al igual que las fuerxas cortantes y el momento flector, concluyendo así que al tener en cuenta la flexibilidad de la base se impacta de forma directa en los parámetros de cálculo, obteniendo una respuesta más real ante un sismo.

Adicionalmente se presentan las bases teóricas respecto a las variables que se estudian en la presente investigación y sus respectivas dimensiones e indicadores, de la variable independiente: **Interacción suelo-estructura**, “se define como un conjunto de efectos cinemáticos e inerciales producidos en la estructura y el suelo como resultado de la flexibilidad presente en éste último ante solicitaciones dinámicas”<sup>6</sup>, además, se señala lo siguiente: “se dice que existe interacción suelo-estructura cuando el movimiento que se genera en cualquier punto de la frontera entre el suelo y la estructura es diferente del que se daría si este último no estuviese presente”<sup>7</sup>, ya que normalmente se realiza el análisis de estructuras considerando la base perfectamente empotrada, es decir, no se contemplan desplazamientos ni rotaciones ya que se asume al suelo suficientemente rígido, lo que podría ocasionar tener una respuesta sísmica alejada de la realidad, debido a que no se considera la flexibilidad del suelo de fundación. Por ello, se muestran a continuación dos esquemas, en donde se representa con mayor detalle lo anteriormente descrito, (a) Esquema considerando rígida la base de fundación y (b) Esquema contemplando flexible la base de fundación.

Figura 1: Esquema de condiciones de fijación



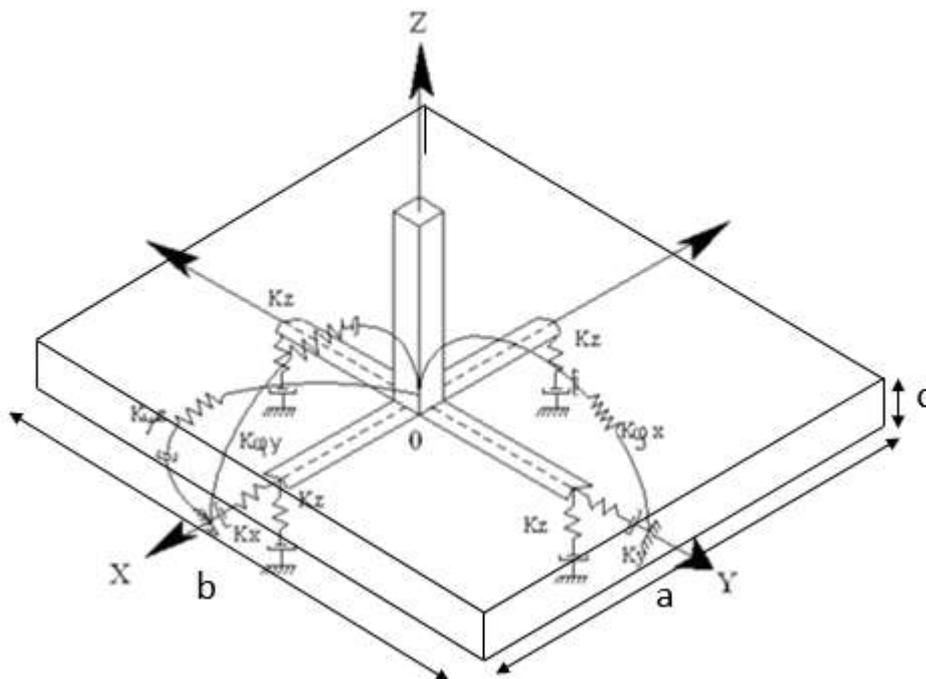
Fuente: (VILLAREAL, 2009)

<sup>6</sup> (AVILES, 1999)

<sup>7</sup> (BAZÁN & MELI, 2004, p. 133)

En el sistema de interacción suelo-estructura considera la participación del suelo haciendolo parte del análisis estructural, debido a ello, se contemplan diversos modelos, unos que asignan una rigidez en sentido vertical y otros aún más complicados que le asignan 5 y 6 rigideces al suelo, así como los modelos dinamicos D.D. Barkan – O.A. Savinov y el de la Norma Rusa, siendo de gran importancia, debido a que, mediante estos modelos se consideran las propiedades elásticas de los suelos ya que éste no es infinitamente rígido. Por otro lado, “la flexibilidad de la base de fundación; radica en la determinación de los coeficientes de rigidez, ya que la flexibilidad en la base queda reemplazada por tales coeficientes”<sup>8</sup>

Figura 2: Esquema espacial de interacción suelo-estructura



Fuente: Adaptado de VILLAREAL (2009)

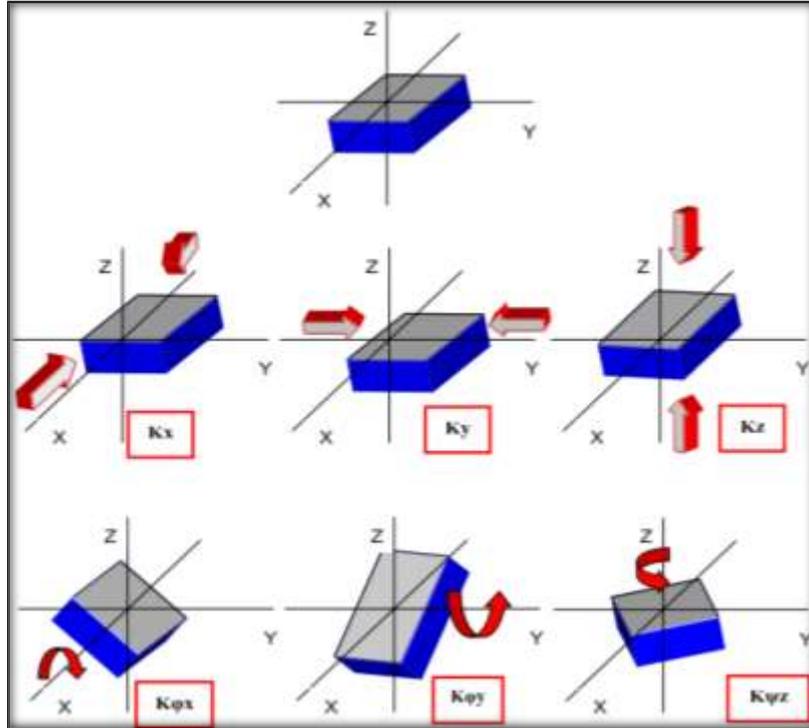
$K_Z, (K_{\phi x}; K_{\phi y})$  - Coef. de rigidez de compresión elástica uniforme y no uniforme

$K_{\psi z}$  - Coef. de rigidez de desplazamiento no uniforme

$K_x; K_y$  - Coef. de rigidez de desplazamiento uniforme

<sup>8</sup> (VILLAREAL, 2009)

Figura 3: Esquema de grados de libertad



Fuente: (VILLAREAL, 2009)

Por otro lado; “en el sistema dinámico suelo-estructura, la cimentación debe ser tomada como una masa puntual actuando en el centroide de la zapata aislada, y como acción externa actúa el efecto sísmico”<sup>9</sup>, las masas traslacionales y rotacionales actuando en dicho punto.

Masas traslacionales:

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \left[ \frac{P \text{ zapata}}{g} \right]$$

Masas rotacionales:

$$M_{\phi x} = M_t(c/2)^2 + \frac{M_t(b^2 + c^2)}{12}$$

$$M_{\phi y} = M_t(c/2)^2 + \frac{M_t(a^2 + c^2)}{12}$$

$$M_{\psi z} = \frac{M_t(a^2 + b^2)}{12}$$

<sup>9</sup> (VILLAREAL, 2009 p. 28)

**Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87**; aquí se contemplan seis grados de libertad de la ISE (Interacción suelo-estructura), se hacen uso de las siguientes ecuaciones.

$$K_x = C_x \times A$$

$$K_y = C_y \times A$$

$$K_z = C_z \times A$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} \times I_x$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} \times I_y$$

$$K_{\psi z} = C_{\psi z} \times I_z$$

$C_z$  y  $C_{\varphi x; y}$  - Coef. de compresión elástica uniforme y no uniforme ( $tn/m^3$ )

$C_x$  y  $C_y$  - Coef. de desplazamiento elástico uniforme ( $tn/m^3$ )

$C_{\psi z}$  - Coef. de desplazamiento elástico no uniforme ( $tn/m^3$ )

$I_{x; y; z}$  - Momentos de inercia respecto al eje ( $m^4$ )

$A$  - Superficie de base de la cimentación ( $m^2$ )

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

$$C_x = C_y = 0.7 \times C_z$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 \times C_z$$

$$C_{\psi} = C_z$$

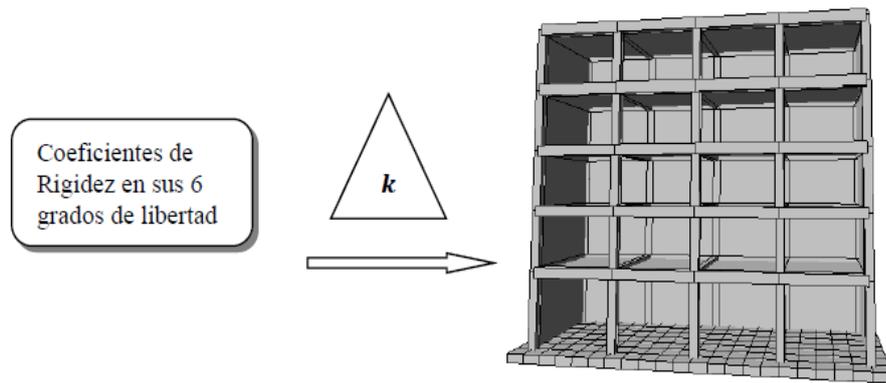
$E$  - Módulo de deformación del suelo ( $tn/m^2$ )

$A_{10}$  - Asumido como  $10m^2$

$b_0$  - ( $m^{-1}$ )

{	Suelo arenoso (1)
{	Arenas arcillosas (1,2)
{	Arenas densas, grava (1,5)

Figura 4: Modelo de Norma Rusa



Fuente: (VILLARREAL, CERNA, & ESPINOZA, 2021)

Para el calculo en base al **Modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov**, para la determinación de las rigideces de las cimentaciones se presentan las ecuaciones; calculándose solo 5 coeficientes de rigidez ya que no se admite el giro en el eje “z”.

$$K_X = C_X \times A$$

$$K_Y = C_Y \times A$$

$$K_Z = C_Z \times A$$

$$K_{\varphi X} = C_{\varphi X} \times I_X$$

$$K_{\varphi Y} = C_{\varphi Y} \times I_Y$$

$C_Z$  y  $C_{\varphi}$  - Coef. de compresión elástica uniforme y no uniforme ( $tn/m^3$ )

$C_X$  y  $C_Y$  - Coef. de desplazamiento elástico uniforme ( $tn/m^3$ )

$I_X$  y  $I_Y$  - Momentos de inercia respecto al eje ( $m^4$ )

$A$  - Superficie de base de la cimentación ( $m^2$ )

$$C_Z = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta.A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$C_X = C_Y = D_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta.A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$C_{\varphi X} = C_{\varphi Y} = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta.A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$\rho = \frac{\text{Peso zapata} + \text{Peso tributario de zapata}}{Azapata}$$

$\rho$  - Presión estática que transfiere la zapata a la base

a y b - Medidas de la zapata observadas en el plano

$\Delta$  - Coef. empírico ( $\Delta = 1m^{-1}$ )

$C_0$  y  $D_0$  - Coef. hallados a travez de experiementos

Siendo ( $D_0$ ), dependiente del coeficiente de poisson ( $\mu$ ) , pudiendose calcular de la siguiente manera:

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{(1 - 0.5\mu)} \times C_0$$

$Y(C_0)$ , cuando  $\rho_0 = \frac{0.2kg}{cm^2}$ ; sus valores dependen de las característica del suelo de fundación.

Tabla 1. Valores para el coeficiente  $C_0$  en base al tipo de suelo

Característica de la base de fundación		$C_0$ (kg/cm <sup>3</sup> )
Roca o suelos muy rígidos	Arcilla y arena arcillosa dura ( $I_L < 0$ )	3,0
	Arena compacta ( $I_L < 0$ )	2,2
	Cascajo; arena densa; grava y canto rodado	2,6
Suelos intermedios	Arcilla y arena arcillosa plástica ( $0,25 < I_L < 0,5$ )	2,0
	Arena plástica ( $0 < I_L < 0,5$ )	1,6
	Arena polvorosa medio densa y densa ( $e \leq 0,80$ )	1,4
	Arenas de grano fino, mediano y grueso independientes de su densidad y humedad	1,8
Suelos flexibles	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ( $0,5 < I_L \leq 0,75$ )	0,8
	Arena plástica ( $0,75 < I_L \leq 1,0$ )	1,0
	Arenas polvorosa, saturada, porosa ( $e > 0,80$ )	1,2
Condiciones especiales	Arcilla y arena arcillosa muy blanda ( $I_L > 0,75$ )	0,6
	Arena movediza ( $I_L > 1$ )	0,6

Fuente: (VILLAREAL, 2009)

De acuerdo con la variable dependiente: **Comportamiento sísmico de una edificación**, se puede señalar lo siguiente: “Es la respuesta de una edificación ante sollicitaciones sísmicas, dimensionada a través del análisis sísmico, ya que éste tiene como objetivo efectuar una apreciación de la respuesta de una estructura ante la ocurrencia de un evento sísmico”<sup>10</sup>. La norma E.030 admite dos formas de análisis considerando al sistema estructural con conducta lineal elástica frente a sollicitaciones sísmicas, los cuales son, estático y dinámico modal espectral. “En un método dinámico se permite efectuar el análisis sísmico de estructuras a partir de las ecuaciones de movimiento, por ello, además de las características de rigidez que se emplean en un análisis estático, incluyen las propiedades inerciales y de amortiguamiento”<sup>11</sup>

Teniendo como dimensión de la variable dependiente anteriormente descrita el **análisis dinámico modal espectral**; el cual se refiere a dos análisis en forma conjunta, que es el análisis modal y el análisis espectral, el primero tiene vibración libre de la estructura, por lo que existe una interacción entre la masa que inducirá al movimiento y la rigidez de la estructura, aquí se determina el periodo de vibración y la cantidad de modos donde se sobrepase el 90% de masa participativa; en el segundo análisis se utiliza el espectro de respuesta que simula la acción de un sismo, el que va a diferir de acuerdo al tipo de suelo, obteniendo el desplazamiento lateral, las fuerzas internas de diseño por sismo, las cuales vienen a ser la fuerza axial, la fuerza cortante y momento flector, así mismo “El análisis espectral se funda en la máxima respuesta que originará un temblor futuro, debido a que no es posible pronosticar acelerogramas de sismos que se presenten a futuro, es habitual que los reglamentos prescriban la intensidad sísmica de diseño mediante espectros suavizados que suministran la pseudoaceleración máxima para cada periodo”<sup>12</sup>.

Del mismo modo, la dimensión queda determinada por sus indicadores, el **periodo de vibración**; “se define como el determinado tiempo que tarda un ciclo de oscilación completo”<sup>13</sup>, del mismo modo se puede señalar que “la determinación

---

<sup>10</sup> (GALVEZ, y otros, 2007 parr. 2)

<sup>11</sup> (BAZÁN & MELI, 2004, p. 237)

<sup>12</sup> (BAZÁN & MELI, 2004, p. 241)

<sup>13</sup> (BAZÁN & MELI, 2004, p. 102)

del periodo de la estructura es el resultado dinámico de la misma, además, los periodos de vibrar de una estructura se cuantifican en base a los valores de las masas y rigideces de la misma”<sup>14</sup>

El **desplazamiento lateral**, como segundo indicador, puntualizando lo siguiente: “Los desplazamientos laterales de piso representan los desplazamientos horizontales medidos en correspondencia con los entresijos, techo u otros puntos característicos de la estructura”<sup>15</sup>, el desplazamiento lateral que se da en una edificación, ya sea por acción del viento o sismos, es de gran importancia debido a que se relaciona con la estabilidad estructural.

La **distorsión de entrepiso**, está definido por la diferencia entre los desplazamientos de dos pisos consecutivos entre la altura del mismo, en la N.T.E. E.030 se disponen límites de acuerdo al material preponderante en la estructura.

*Tabla 2. Valores máximos para la distorsión de entrepiso*

<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

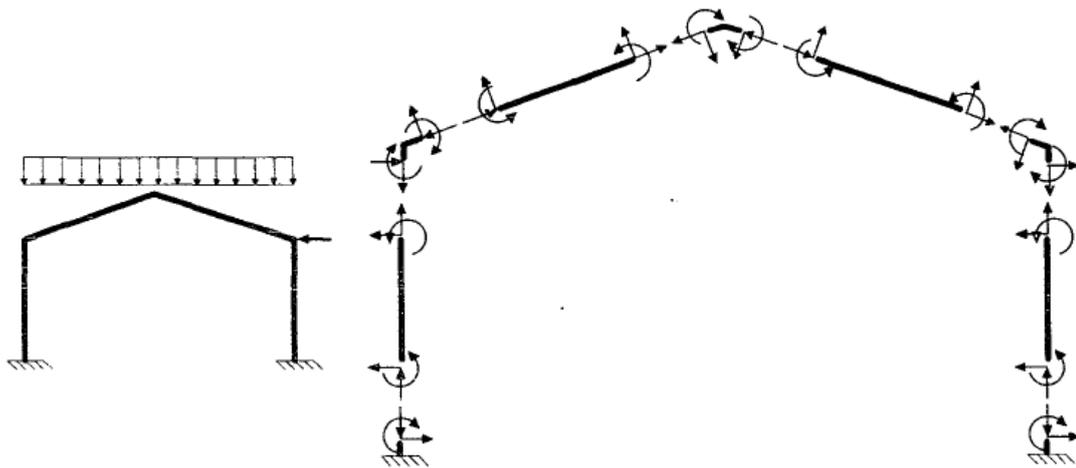
*Fuente: (NORMA E.030, 2020; NORMA E.020, 2020)*

Finalmente, de las **fuerzas internas máximas**, se puede indicar lo siguiente: Si realizamos un análisis de cualquier estructura, ya sea que adoptemos cualquier método, siempre se encontraran desplazamientos de los nudos y también fuerzas internas en los elementos, si se efectúa un diagrama de cuerpo libre de los elementos, hallamos todos poseen en sus extremos fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores, las cuales deben mantenerse en equilibrio con las fuerzas externas que actúan sobre el elemento.

<sup>14</sup> (BAZÁN & MELI, 2004, p. 148)

<sup>15</sup> (CRISAFULLI, 2018, p. 56)

Figura 5: Fuerzas externas e internas en una estructura



Fuente: (GARCÍA, 1998, p. 242)

Como enfoques conceptuales se tiene, **suelos blandos**; son suelos con una textura muy fina, con una estructura muy suelta, cuesta mucho trabajo que el agua circule por los espacios vacíos presentes, por lo que se concluye que tienen baja permeabilidad, aquí van considerados los limos y las arcillas. **Suelos muy rígidos**; son suelos que poseen elevada resistencia a la compresión, aquí se considera a la arena muy densa como también la grava arenosa. **Perfil de suelo**; es un corte vertical generado para observar las capas a diversas profundidades que presentan características o cualidades particulares, permitiendo así clasificarlos.

**características geotécnicas del suelo**, “en base a estudios realizados al suelo se puede conocer el comportamiento que tendrá ante la acción de cargas pues se fundamenta en sus características que son propias de cada tipo de suelo” <sup>16</sup>, por otro lado, “desde hace mucho la mecánica de suelos ha estado desarrollado métodos de clasificación de los mismos, cada uno su campo de aplicación según

---

<sup>16</sup> (CRESPO, 2004 p. 41)

la necesidad y uso que los haya fundamentado cualquier clasificación debe estar basada en las propiedades mecánicas de los suelos <sup>17</sup>. Por otro lado, la norma E.030 admite cinco perfiles de suelo (roca dura; suelos muy rígidos; suelos intermedios; suelos blandos y finalmente otros suelos en donde existen condiciones especiales de flexibilidad, así como también condiciones geológicas y topográficas), por lo que para cada proyecto es importante definir el tipo de perfil y conocer sus características mediante ensayos de laboratorio.

**Estudio de mecánica de suelos**, consiste en una exploración de campo, para luego realizar ensayos en el laboratorio, cuyo objetivo principal es obtener las características del suelo y el comportamiento del mismo ante una edificación considerando el estudio para fines de cimentación.

**Suelo de fundación**, es la masa de suelo donde irá apoyada una estructura, soportando cargas y disipándolas.

**Grado de libertad**, se define como cualquier desplazamiento o movimiento considerado posible de un nodo en una dirección que no se encuentra restringida.

---

<sup>17</sup> (CRESPO, 2004 p. 87)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación** “Este tipo de investigación busca generar conocimiento con aplicación directa a los problemas reales de la sociedad, para así obtener soluciones”<sup>18</sup>

Debido a lo mencionado la investigación es de **tipo aplicada**, pues se plantea resolver un problema en específico poniendo en práctica conocimientos ya establecidos, de esta manera, buscar y consolidar nuevo conocimiento, logrado así contribuir con el tema de investigación.

**Diseño de investigación:** “En un diseño cuasi-experimental se manipula al menos una variable, con el fin de observar su efecto sobre otra u otras variables, diferenciándose de los experimentos (puros) en el grado de seguridad que se tiene sobre la equivalencia inicial de los grupos”<sup>19</sup>

En el presente trabajo de investigación se emplea el **diseño cuasi experimental**, ya que se manipula la variable interacción suelo-estructura a fin de determinar su influencia en la variable dependiente, observando los fenómenos ocurridos de manera natural al considerarlo como parte del análisis.

**Nivel de investigación:** “En una investigación de nivel explicativo se pretende encontrar el porqué de los hechos estableciendo relaciones causales, además de responder las preguntas: ¿Qué efecto tiene?, ¿Cuál es su influencia?”<sup>20</sup>

La presente investigación es de nivel **explicativo**, debido a que se relaciona la variable independiente con la variable dependiente con el fin de establecer la influencia que tiene sobre este último interpretando los resultados que se obtendrán, contrastando así las hipótesis establecidas mediante tablas y gráficas comparativas.

---

<sup>18</sup> (LOZADA, 2014)

<sup>19</sup> (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ, & BAPTISTA, 2014, p. 151)

<sup>20</sup> (ARIAS, 2012, p. 26)

**Enfoque de investigación:** “El enfoque cuantitativo es aquel que se apoya en la medición numérica para el análisis de datos, comúnmente en el campo de la estadística”<sup>21</sup>

La investigación presenta enfoque **cuantitativo**, debido a que se pretende demostrar las hipótesis haciendo uso de medición numérica y estadística, es decir, se compararán datos numéricos.

### 3.2 Variables y operacionalización

**Variables de estudio:**

**Variable independiente:** Interacción suelo – estructura

**Definición conceptual:** “Fenómeno ocasionado por cargas dinámicas sísmicas, llegando a concretarse por medio de la cimentación, estableciendo una relación entre la edificación, la cimentación y las condiciones geotécnicas del suelo de fundación”<sup>22</sup>

**Definición operacional:** La variable independiente, interacción suelo-estructura, se operacionaliza mediante los modelos dinámicos D.D. Barkan - O.A. Savinov y el de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, con sus respectivos indicadores.

**Dimensión:** Modelo dinámico D.D. Barkan - O.A. Savinov y el Modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

**Indicadores:** Coeficientes de rigidez  $K_x \left(\frac{tn}{m}\right)$  ;  $K_y \left(\frac{tn}{m}\right)$  ;  $K_z \left(\frac{tn}{m}\right)$ ; y  $K_{\varphi x}(tn. m)$ ;  $K_{\varphi y}(tn. m)$   $K_{\psi z}(tn. m)$  para el modelo de Norma Rusa y Coeficientes de rigidez  $K_x \left(\frac{tn}{m}\right)$ ;  $K_y \left(\frac{tn}{m}\right)$ ;  $K_z \left(\frac{tn}{m}\right)$ ;  $K_{\varphi x}(tn. m)$  ;  $K_{\varphi y}(tn. m)$  para el modelo de Barkan.

**Escala de medición:** De razón

**Variable dependiente:** Comportamiento sísmico de una edificación

**Definición conceptual:** “Es la respuesta de una estructura ante el acontecimiento de un evento sísmico, siendo objetivo del análisis sísmico de estructuras, que es una disciplina que se enmarca en el campo del Análisis Estructural”<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> (ORTEGA, 2018)

<sup>22</sup> (VILLANUEVA, 2018)

<sup>23</sup> (GALVEZ & MSC. ADGABI y Asociados SAC, 2007)

**Definición operacional:** La variable dependiente se operacionaliza mediante el análisis dinámico modal espectral por medio de sus indicadores, como el periodo de vibración, los desplazamientos laterales, la distorsión de entrepiso y fuerzas internas máximas de acuerdo con la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Dimensión:** Análisis dinámico modal espectral

**Indicadores:** Periodos de vibración, desplazamientos laterales, distorsión de entrepiso y fuerzas internas máximas.

**Escala de medición:** De razón

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### Población

“La población, o en términos más puntuales, población objetivo, es un grupo finito o infinito de elementos con particularidades o cualidades comunes en base a los requerimientos de una investigación”<sup>24</sup>

La población de la presente investigación es considerada un conjunto finito, pues se constituye de todas las edificaciones esenciales en el distrito de Santiago en la provincia y departamento de Ica.

- **Criterios de inclusión:** Se consideran las edificaciones de concreto armado y albañilería confinada.
- **Criterios de exclusión:** Se consideran todas las estructuras metálicas.

#### Muestra

“La muestra es considerada un subconjunto del universo o una parte representativa, peculiar o característica de la población de estudio”<sup>25</sup>

La muestra de estudio de la presente investigación es la Institución Educativa Secundaria Sebastián Barranca, ubicada en la carretera Panamericana Sur, en el distrito de Santiago, en la provincia y departamento de Ica.

---

<sup>24</sup> (ARIAS, 2012, p. 81)

<sup>25</sup> (HERNANDEZ & CARPIO, 2019, p. 76)

## **Muestreo**

“En el muestreo no probabilístico intencional los elementos de la población son escogidos por criterios preestablecidos por el investigador, es decir, cumplen ciertas características consideradas de interés para la investigación y son escogidos intencionalmente”<sup>26</sup>

En referencia a lo establecido en el párrafo anterior, en la presente investigación se realizó el muestreo no probabilístico intencional.

## **Unidad de análisis**

“La unidad de análisis es el elemento objeto de estudio, que se asiste del muestreo como herramienta de la investigación”<sup>27</sup>

Por lo expuesto, se considera para la presente investigación que la unidad de análisis es la Institución Educativa Sebastián Barranca, ubicada en el distrito de Santiago, en la provincia y departamento de Ica, en donde se aplicarán los indicadores de medición.

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

#### **Técnica de investigación**

“Se entiende por técnica de investigación, el procedimiento, la manera o el medio en particular de conseguir datos o información”<sup>28</sup>

En la presente investigación, la técnica a utilizar es la observación directa, debido a que se va a visualizar de forma sistemática tanto en la recolección y procesamiento de datos como en los resultados obtenidos en el análisis sísmico.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

“Se considera como instrumento de recolección de datos a cualquier recurso, dispositivo o formato, utilizado o requerido para obtener, registrar o almacenar información”<sup>29</sup>

---

<sup>26</sup> (HERNANDEZ & CARPIO , 2019, p. 78)

<sup>27</sup> (HERNANDEZ & CARPIO , 2019, p. 76)

<sup>28</sup> (ARIAS, 2012, p. 67)

<sup>29</sup> (ARIAS, 2012, p. 68)

Para la presente investigación se emplearán fichas de registro de datos, en donde se va a consignar la información más relevante e importante.

### **Validez**

“La validez alude al grado en que un instrumento evidencia un dominio determinado del contenido de lo que se mide, interpretándose como el grado en el que la medición representa al concepto o variable medida”<sup>30</sup>

Por tal motivo, se contará con la participación de 3 ingenieros civiles, expertos en el área de estructuras, quienes desde su punto de vista deberán validar los instrumentos de recolección de datos de la presente investigación, donde el grado de validez será el promedio de las tres puntuaciones.

*Tabla 3. Validez de contenido del instrumento de recolección de datos*

Profesional	Nombres y apellidos	CIP	Validación	validez
1	Franklin Cirilo Cuba Huamani	168764	4,70	4.62
2	Luis Enrique Mina Aparicio	44685	4,65	
3	Ángel Rosan Huanca Borda	53304	4,50	

*Fuente: Propiedad del investigador*

**Confiabilidad:** “La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que éste produce resultados iguales en cada aplicación que se realice sobre un mismo individuo u objeto”<sup>31</sup>

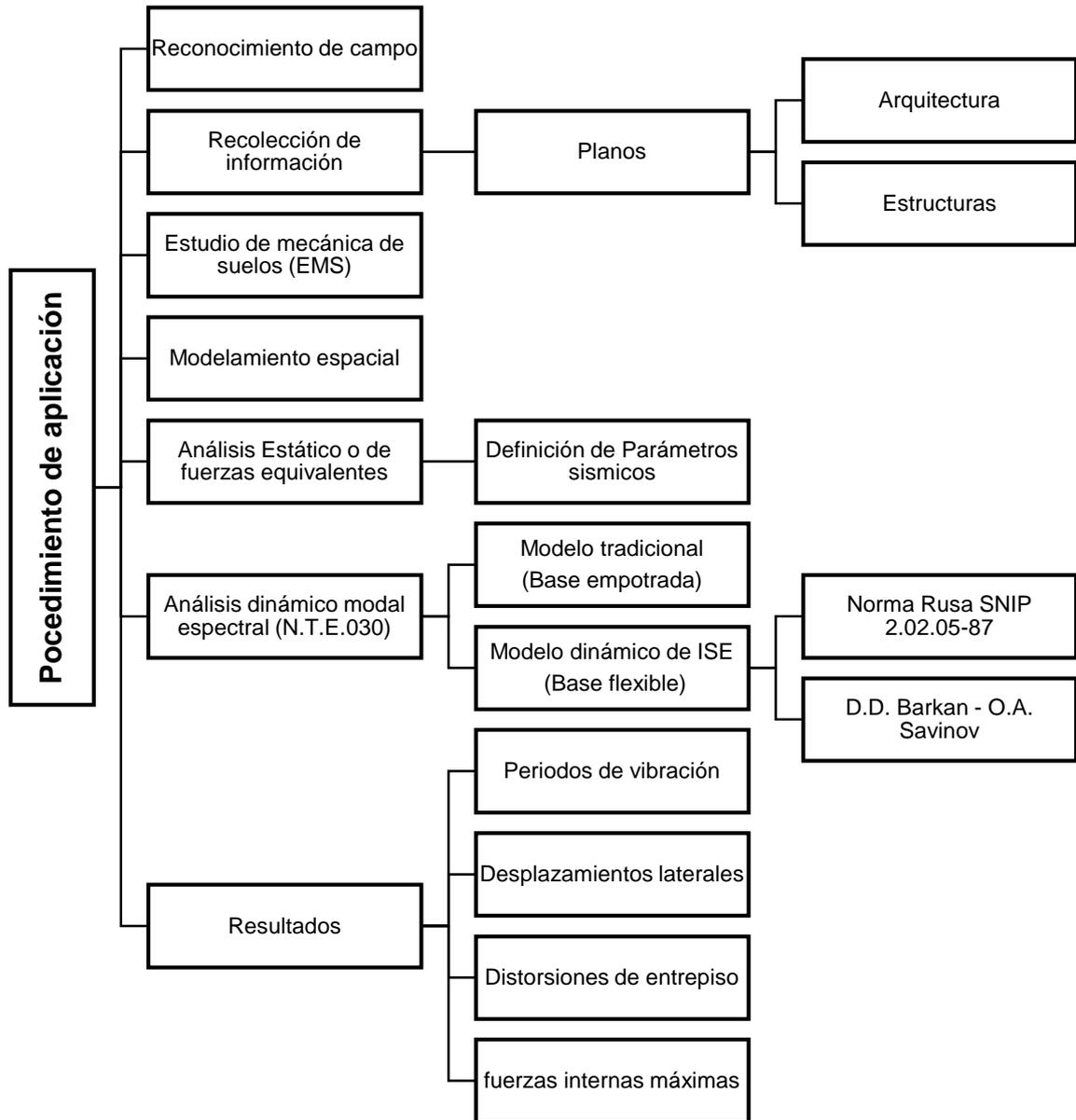
La confiabilidad se encuentra amparada en el software tecnológicamente avanzado Etabs v.19, especializado en análisis estructural, usado a nivel internacional, además de la certificación adecuada del laboratorio donde se llevará a cabo el EMS para la obtención de datos necesarios para el cálculo de los coeficientes de rigidez.

<sup>30</sup> (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ , & BAPTISTA, 2014, p. 234)

<sup>31</sup> (HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ , & BAPTISTA, 2014, p. 233)

### 3.5. Procedimientos

Figura 6: Cuadro de procedimiento del proyecto



Fuente: Propiedad del investigador

### a) Reconocimiento de campo

El primer paso fue el reconocimiento de la zona en donde se encuentra la estructura de análisis, ubicándonos en el distrito de Santiago, en la carretera Panamericana Sur N° 317, en donde se considera una edificación esencial, la Institución Educativa Sebastián Barranca, la misma que fue tomada para llevar a cabo la presente investigación.

### b) Recolección de información

De los planos de arquitectura y estructuras correspondientes a la institución, se obtuvo la configuración arquitectónica, dimensiones de elementos estructurales, especificaciones técnicas en general necesarias para el modelamiento y análisis de la edificación.

La institución educativa está constituida por sectores, para el modelamiento y posterior análisis se consideró tomar un pabellón de tres niveles.

*Tabla 4. Descripción arquitectónica de la edificación*

Primer nivel	01 aula 01 sala de profesores 01 oficina del director 01 secretaría Sala de espera Vereda de circulación
Segundo nivel	01 aula 01 biblioteca Corredor
Tercer nivel	01 aula 01 almacén de libros Corredor

*Fuente: Plano de distribución, I.E.S Sebastián Barranca*

La edificación presenta dos sistemas estructurales, en la dirección “x” presenta una estructura de concreto armado constituida por pórticos, con columnas en forma rectangular, en T y L, además de vigas peraltadas, con una losa aligerada de 20cm de espesor, mientras que en la dirección “Y” los elementos sismorresistentes son muros de ladrillo, por lo que el sistema estructural es de albañilería.

Presenta, además, cimentaciones superficiales constituidas por zapatas aisladas unidas por vigas de cimentación y cimiento corrido.

De acuerdo a lo especificado en los planos se definieron las propiedades de los materiales.

Tabla 5. Propiedades de los materiales

<b>Concreto armado</b>		
Resistencia a la compresión	Zapatas	$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$
	Columnas	$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (1° y 2° nivel)
		$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (3° nivel)
	Losas	$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (1° y 2° nivel)
		$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (3° nivel)
	Vigas	$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (1° y 2° nivel)
$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (3° nivel)		
Módulo de elasticidad	$E_c$	$15000\sqrt{f'c}$
Peso específico	$\gamma_c$	$2400 \text{ kg/cm}^3$
Módulo de poisson	$\mu$	0.2
<b>Acero de refuerzo</b>		
Resistencia nominal ASTM-G60	$f_y$	$4200 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E_s$	$2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
<b>Albañilería</b>		

Resistencia a la compresión del muro	f'm	65 kg/cm <sup>2</sup>
--------------------------------------	-----	-----------------------

*Fuente: Estudio de suelos, I.E.S Sebastián Barranca*

### c) Estudio de mecánica de suelos (EMS)

Se obtuvieron los parámetros geotécnicos del suelo de fundación de la institución, con el fin de incrementar la confiabilidad de la investigación, definiendo así el tipo de suelo S3 correspondiente a un suelo blando.

*Tabla 6. Características del suelo de fundación*

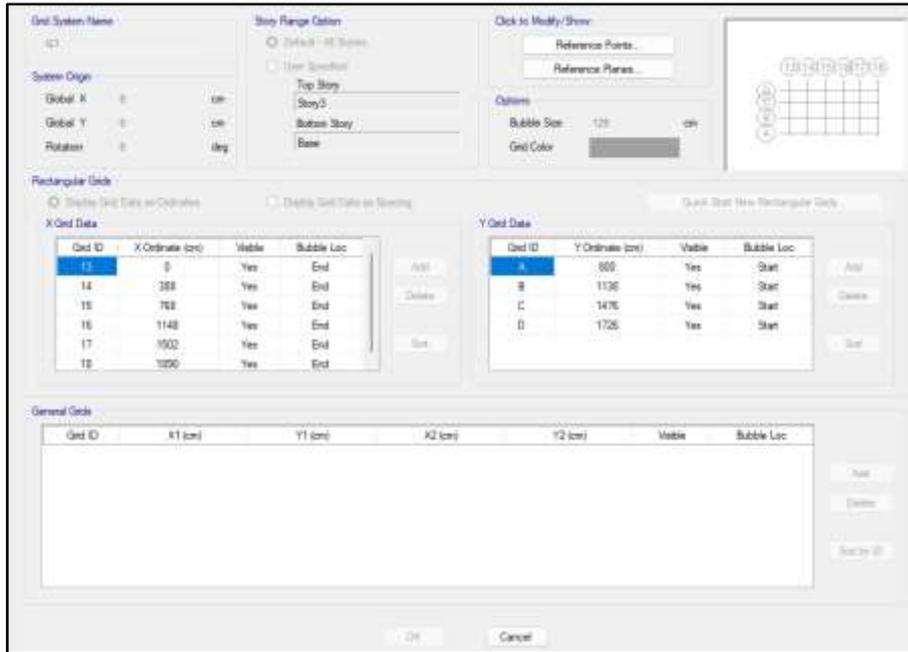
Clasificación del suelo	Arena limosa	SM
Contenido de humedad	1.10	%
Peso específico	1.67	gr/cm <sup>3</sup>
Angulo de fricción interna	31	°
Capacidad portante	1.50	Kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad	2200	tn/m <sup>2</sup>
Módulo de poisson	$\mu$	0.25

*Fuente: Plano de estructuras, I.E.S Sebastián Barranca*

### d) Modelamiento espacial

En esta fase se realizó el modelamiento de la estructura en el programa Etabs v.19 en base a la configuración arquitectónica, empezando el grillado definiendo la separación entre ejes, para luego definir propiedades de los materiales y dimensiones de los elementos estructurales tales como las columnas, vigas, muros, losas aligeradas, procediendo con el dibujo en el programa.

Figura 7. Conformación de la grilla



Fuente: Propiedad del investigador

**Definición de las propiedades de los materiales en Etabs v.19:** Se insertó en el programa las propiedades de los diferentes materiales en base a lo especificado en los planos, del concreto para la resistencia a la compresión de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , las propiedades del acero de refuerzo y de la albañilería.

Figura 8. Definición de propiedades del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

The dialog box is titled with several sections:

- General Data:**
  - Material Name: fe=210kg/cm2
  - Material Type: Concrete
  - Directional Symmetry Type: Isotropic
  - Material Display Color: Red (with Change... button)
  - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Material Weight and Mass:**
  - Specify Weight Density (selected) / Specify Mass Density
  - Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm<sup>3</sup>
  - Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>
- Mechanical Property Data:**
  - Modulus of Elasticity, E: 217370.65S kgf/cm<sup>2</sup>
  - Poisson's Ratio, U: 0.2
  - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
  - Shear Modulus, G: 90571.1 kgf/cm<sup>2</sup>
- Design Property Data:**
  - Modify/Show Material Property Design Data...
- Advanced Material Property Data:**
  - Nonlinear Material Data...
  - Material Damping Properties...
  - Time Dependent Properties...
- Modulus of Rupture for Cracked Deflections:**
  - Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) (selected)
  - User Specified

Buttons: OK, Cancel

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 9. Definición de las propiedades del acero de refuerzo

General Data	
Material Name	fy=4200kg/cm2
Material Type	Rebar
Directional Symmetry Type	Uniaxial
Material Display Color	Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	0.00785 kgf/cm <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	0.000008 kgf-s <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup>

Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	2000000 kgf/cm <sup>2</sup>
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000117 1/C

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

Advanced Material Property Data	
Nonlinear Material Data...	Material Damping Properties...
Time Dependent Properties...	

OK Cancel

Fuente: Propiedad del investigador

**Definición de las secciones de los elementos estructurales en Etabs v.19:** De igual manera que las propiedades de los materiales, se definen las dimensiones de los elementos estructurales tales como los distintos tipos de vigas, columnas en T, L y rectangulares, la losa aligerada y los muros, para luego proceder con su dibujo como indica en los planos. Se realiza además la aplicación de brazos rígidos a los elementos, así como también los diafragmas rígidos en cada piso y finalmente se aplica la restricción en la base, para ello se consideró una base perfectamente empotrada.

Figura 10. Definición de las dimensiones de las columnas

General Data

Property Name:

Material:

National Size Data:

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape:

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Total Depth:  cm

Total Width:  cm

Horizontal Leg Thickness:  cm

Vertical Leg Thickness At Corner:  cm

Vertical Leg Thickness At Tip:  cm

Ignore Range for Area, Weight and Mass

Property Modifiers

Currently Default

Reinforcement

Mirror

Mirror About Local 2-Axis

Mirror About Local 3-Axis

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 11. Definición de las dimensiones de las vigas

General Data

Property Name:

Material:

National Size Data:

Display Color:

Notes:

Shape

Section Shape:

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth:  cm

Width:  cm

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Property Modifiers

Currently Default

Reinforcement

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 12. Definición de las dimensiones de la losa aligerada

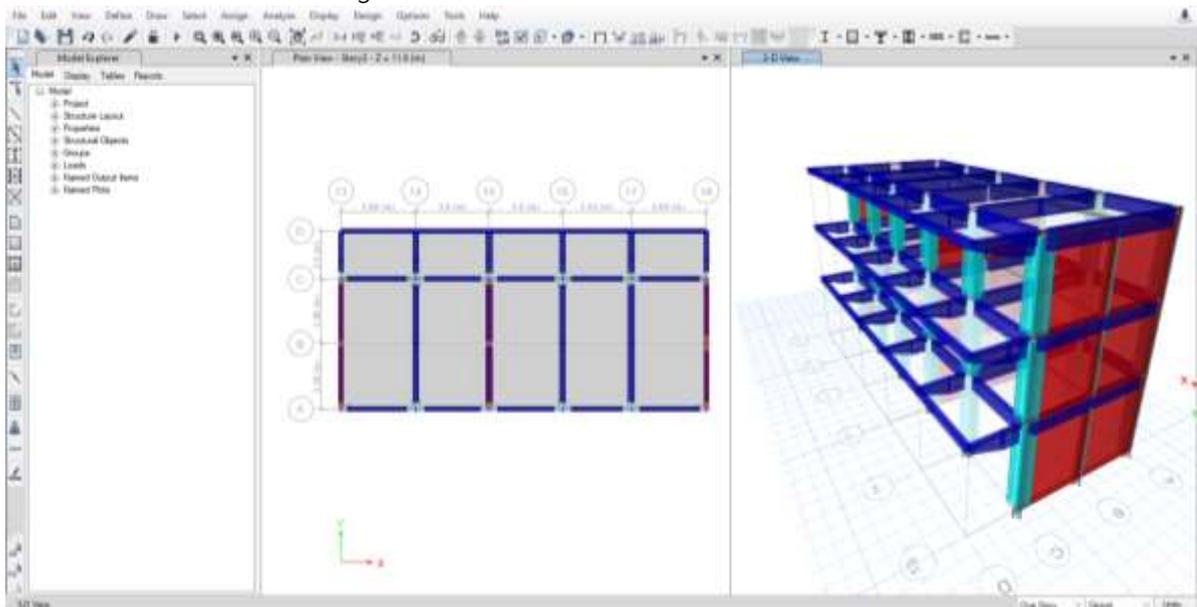
General Data	
Property Name	LOSA ALIGERADA 0.20
Slab Material	fe=280 kg/cm2
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data	
Type	Ribbed
Overall Depth	20 cm
Slab Thickness	5 cm
Stem Width at Top	10 cm
Stem Width at Bottom	10 cm
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	40 cm
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 13. Modelo tridimensional



Fuente: Propiedad del investigador

## Definición y asignación de cargas

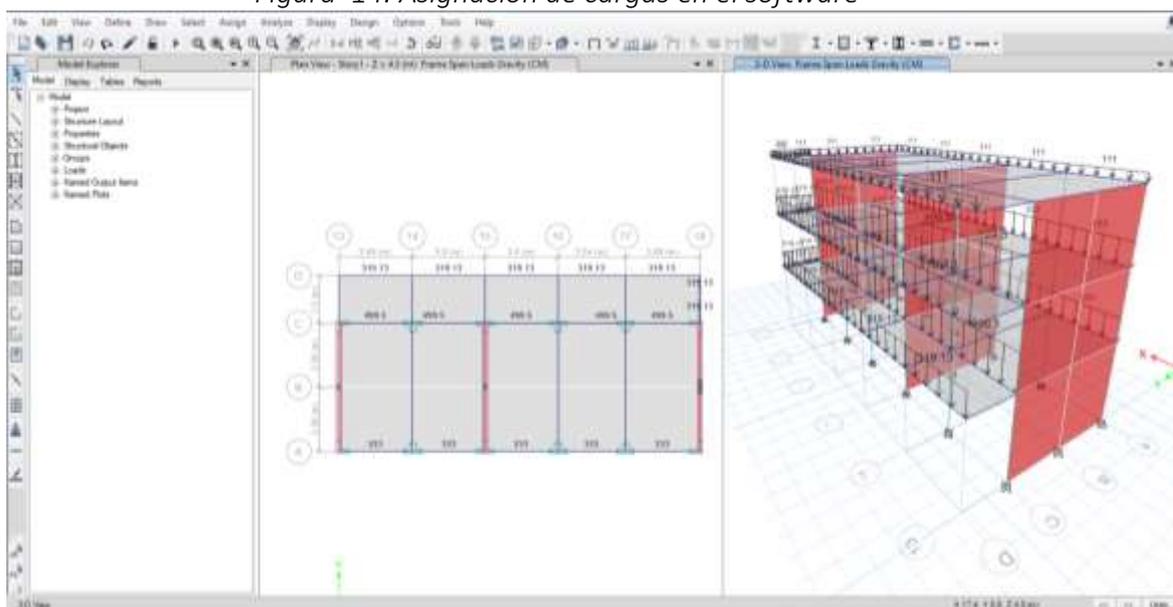
Una vez definido el modelo se procedió con la asignación de cargas, en base al uso que se les da a los ambientes de la edificación, adicionalmente se considera una carga viva de techo de 100 kg/m<sup>2</sup> aplicada en el último nivel, apoyándose en lo especificado en la Norma Técnica E.020 Cargas.

Tabla 7. Cargas de entrepiso

Carga muerta CM (kg/m <sup>2</sup> )				
	Aulas	Biblioteca	Almacén de libros	Corredores
<b>CM-Bloques</b>	90	90	90	90
<b>CM-Acabados</b>	100	100	100	100
<b>Total</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>190</b>
Carga viva CV (kg/m <sup>2</sup> )				
<b>CV-Entrepiso</b>	250	350	750	400
<b>Total</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>750</b>	<b>400</b>

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 14. Asignación de cargas en el software

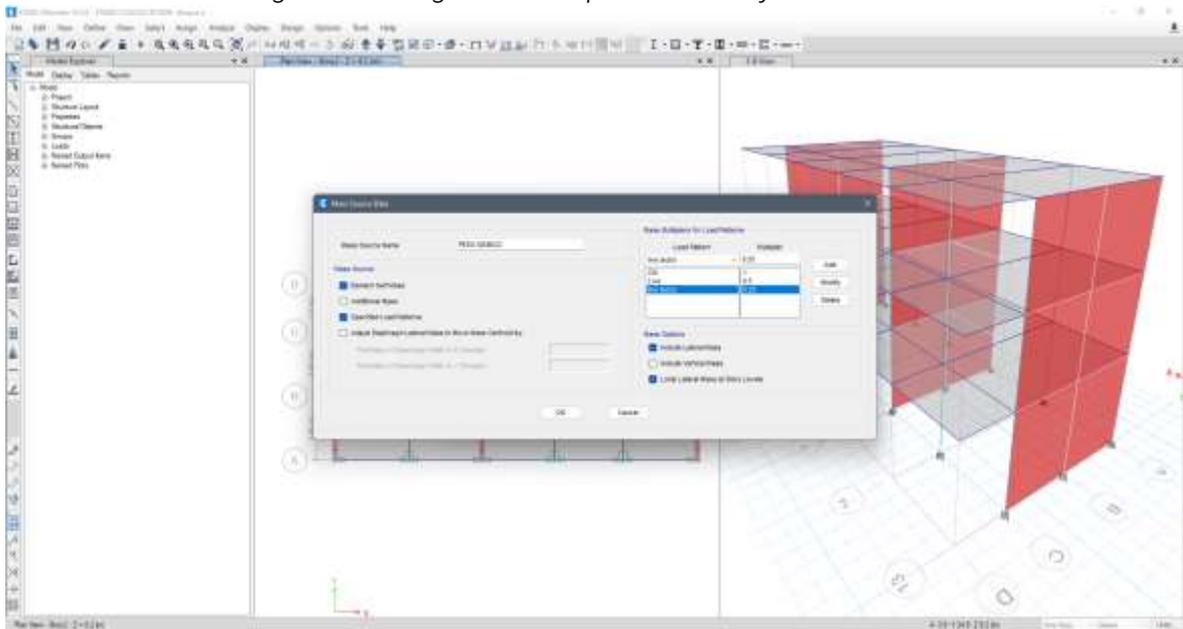


Fuente: Propiedad del investigador

## Estimación del peso de la edificación (P)

El peso de la edificación se determinó mediante la suma del 100% de CM más el 50% de CV ya que en referencia a la N.T E.030 “Diseño sismorresistente” es el porcentaje asignado ya que la edificación pertenece a la categoría A, y de madera general se considera además el 25 % de la carga viva de techo.

Figura 15. Asignación del peso de la edificación



Fuente: Propiedad del investigador

## e) Análisis sísmico estático o de fuerzas equivalentes

Se llevó a cabo el análisis estático con el fin de realizar una verificación de la fuerza cortante mínima, pues según se indica en la Norma Técnica E.030, la fuerza cortante dinámica obtenida debe ser mayor que el 80% del valor de la fuerza cortante estática para edificaciones regulares, y del 90% para estructuras irregulares, para ello se analizó la estructura considerando la base empotrada.

## Definición de parámetros sísmicos

Se realizó en base a lo contemplado en la Norma Técnica E.030-2020 “Diseño sismorresistente”

Tabla 8. Parámetros sísmicos

<b>Zona sísmica (Z4)</b>		
Factor de zona	Z	0.45
Factor de suelo	S	1.10
Factor de uso	U	1.5
Categoría de la edificación	Edificación esencial	A
Periodo fundamental del suelo	Tp	1.0
Periodo límite de comportamiento inelástico	TL	1.6
Coeficiente básico de reducción	Rox	8
	Roy	3

Fuente: Propiedad del investigador

### Determinación del factor de irregularidad en altura “Ia”

Se determinó a partir de lo especificado en la N.T.E.030 realizando la verificación para cada dirección.

- ✓ **Irregularidad de Rigidez-piso blando:** No existe

Tabla 9. Verificación de irregularidad de piso blando-dirección X

piso	Output Case	Fuerza cortante de entrepiso	Drift	Rigidez Lateral	Condición	Irregularidad de Piso blando
		tonf	cm	tonf/cm	ki/ki+1	ki<0.7ki+1
Piso 3	SX+	59.9945	0.2205	272.110	-	-
Piso 2	SX+	118.8115	0.36	330.019	1.213	No existe
Piso 1	SX+	150.3179	0.4241	354.407	1.074	No existe
Piso 3	SX-	59.9945	0.2196	273.188	-	-
Piso 2	SX-	118.8115	0.3588	331.115	1.212	No existe
Piso 1	SX-	150.3179	0.4242	354.334	1.070	No existe

Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 10. Verificación de irregularidad de piso blando -dirección Y

Piso	Output Case	Shear Y	Drift Y	Stiff Y	Condición	Irregularidad de Piso blando
		tonf	cm	tonf/cm	ki/ki+1	ki<0.7ki+1
Piso 3	SY+	159.9854	0.1622	986.636	-	-
Piso 2	SY+	316.8307	0.2181	1452.680	1.472	No existe
Piso 1	SY+	400.8477	0.2492	1608.674	1.107	No existe
Piso 3	SY-	159.9854	0.16	1000.213	-	-
Piso 2	SY-	316.8307	0.2155	1470.220	1.470	No existe
Piso 1	SY-	400.8477	0.2467	1624.990	1.105	No existe

Fuente: Propiedad del investigador

✓ Irregularidad extrema de Rigidez: No existe

Tabla 11. Verificación de irregularidad extrema de piso blando-dirección X

piso	Output Case	Fuerza cortante de entrepiso X	Drift X	Rigidez Lateral X	Condición	Irregularidad extrema de piso blando
		tonf	cm	tonf/cm	ki/ki+1	ki<0.6ki+1
Piso 3	SX+	59.9945	0.2205	272.110	-	-
Piso 2	SX+	118.8115	0.36	330.019	1.213	No existe
Piso 1	SX+	150.3179	0.4241	354.407	1.074	No existe
Piso 3	SX-	59.9945	0.2196	273.188	-	-
Piso 2	SX-	118.8115	0.3588	331.115	1.212	No existe
Piso 1	SX-	150.3179	0.4242	354.334	1.070	No existe

Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 12. Verificación de irregularidad extrema de piso blando-dirección Y

Piso	Output Case	Shear Y	Drift Y	Stiff Y	Condición	Irregularidad extrema de piso blando
		tonf	cm	tonf/cm	ki/ki+1	ki<0.6ki+1
Piso 3	SY+	159.9854	0.1622	986.636		
Piso 2	SY+	316.8307	0.2181	1452.680	1.472	No existe
Piso 1	SY+	400.8477	0.2492	1608.674	1.107	No existe
Piso 3	SY-	159.9854	0.16	1000.213	-	-
Piso 2	SY-	316.8307	0.2155	1470.220	1.470	No existe
Piso 1	SY-	400.8477	0.2467	1624.990	1.105	No existe

Fuente: Propiedad del investigador

✓ Irregularidad de masa o peso: No existe

Tabla 13. Verificación de irregularidad en masa-dirección X

Piso	Mass X	Condición	Irregularidad de masa	Condición	Irregularidad de masa
	tonf-s <sup>2</sup> /m	ki/k(i+1)	ki > 1.5k(i+1)	ki/k(i-1)	ki > 1.5k(i-1)
Piso 1	20.24397	0.939	No existe	-	-
Piso 2	21.56246	-	-	1.065	No existe
Piso 3	14.23558	-	-	-	-

Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 14. Verificación de irregularidad en masa-dirección Y

Piso	Mass Y	Condición	Irregularidad de masa	Condición	Irregularidad de masa
	tonf-s <sup>2</sup> /m	ki/k(i+1)	ki > 1.5k(i+1)	ki/k(i-1)	ki > 1.5k(i-1)
Piso 1	20.24397	0.939	No existe	-	-
Piso 1	21.56246	-	-	1.065	No existe
Piso 3	14.23558	-	-	-	-

Fuente: Propiedad del investigador

✓ Irregularidad de geometría vertical: No existe

Tabla 15. Verificación de irregularidad de geometría vertical-dirección X

Piso	Dimensión en planta (m)	Condición	Irregularidad de geometría vertical	Condición	Irregularidad de geometría vertical
		$k_i/k_{(i+1)}$	$k_i > 1.3k_{(i+1)}$	$k_i/k_{(i-1)}$	$k_i > 1.3k_{(i-1)}$
Piso 1	18.9	1	No existe	-	-
Piso 2	18.9	-	-	1	No existe
Piso 3	18.9	-	-	-	-

Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 16. Verificación de irregularidad de geometría vertical-dirección Y

Piso	Dimensión en planta (m)	Condición	Irregularidad de geometría vertical	Condición	Irregularidad de geometría vertical
		$k_i/k_{(i+1)}$	$k_i > 1.3k_{(i+1)}$	$k_i/k_{(i-1)}$	$k_i > 1.3k_{(i-1)}$
Piso 1	9.26	1	No existe	-	-
Piso 2	9.26	-	-	1	No existe
Piso 3	9.26	-	-	-	-

Fuente: Propiedad del investigador

$l_a = 1$

### Determinación del factor de irregularidad en planta “ $l_p$ ”

Asimismo, se verificaron las siguientes irregularidades tanto en la dirección “X” como en la dirección “Y”.

✓ **Irregularidad torsional:** No existe

Tabla 17. Verificación de irregularidad torsional-dirección X

Piso	Output Case	Deriva max.	Deriva prom.	50%(0.007)	Deriva Max/Deriva Prom	Irregularidad torsional
Piso 3	Drift stat x	0.003623	0.003568	0.0035	1.015	No Existe
Piso 2	Drift stat x	0.005904	0.005828	0.0035	1.013	No Existe
Piso 1	Drift stat x	0.005712	0.005656	0.0035	1.010	No Existe

Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 18. Verificación de irregularidad torsional-dirección Y

Piso	Output Case	Deriva max.	Deriva prom.	50%(0.007)	Deriva Max/Deriva Prom	Irregularidad torsional
Piso 3	Drift stat y	0.001067	0.000979	0.0035	1.090	No Existe
Piso 2	Drift stat y	0.001436	0.001318	0.0035	1.090	No Existe
Piso 1	Drift stat y	0.001335	0.00124	0.0035	1.077	No Existe

Fuente: Propiedad del investigador

✓ **Esquinas entrantes:** No existe, debido a que la estructura no presenta esquinas entrantes.

Tabla 19. Verificación de irregularidad por esquinas entrantes-dirección X

Piso	Esquina entrante (a)	Dimensión en planta (A)	Condición	Irregularidad por esquinas entrantes
			a/A	a > 0.2A
Piso 1	0	18.9	-	No existe
Piso 2	0	18.9	-	No existe
Piso 3	0	18.9	-	No existe

Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 20. Verificación de irregularidad por esquinas entrantes-dirección Y

Piso	Esquina entrante (a)	Dimensión en planta (A)	Condición	Irregularidad por esquinas entrantes
			a/A	a > 0.2A
Piso 1	0	9.26	-	No existe
Piso 2	0	9.26	-	No existe
Piso 3	0	9.26	-	No existe

Fuente: Propiedad del investigador

- ✓ **Discontinuidad del diafragma:** No existe, debido a que no se presentan aberturas en el área de la planta.

$$I_p = 1$$

#### Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas "R"

$$R = R_o * I_a * I_p$$

$$R_x = R_{ox} * I_a * I_p$$

$$R_x = 8 * 1 * 1$$

$$R_x = 8$$

$$R_y = R_{oy} * I_a * I_p$$

$$R_y = 3 * 1 * 1$$

$$R_y = 3$$

#### Cálculo de la fuerza cortante en la base

$$V = \frac{Z_x U_x C_x S}{R} \times P$$

### Dirección X

V D	132.0923
-----	----------

Z =	0.45
U =	1.50
S =	1.10
Rx =	8.00
C =	2.50
P =	668.03
VE =	155.00
0.8*VE	124.00336

$$VD > 0.8 * VE$$

$$132.092 > 124.003$$

### Dirección Y

V D	333.089
-----	---------

Z =	0.45
U =	1.50
S =	1.10
Ry =	3.00
P =	668.03
VE =	413.34
0.8*VE	330.67562

$$VD > 0.8 * VE$$

$$333.089 > 330.676$$

## f) Análisis sísmico dinámico modal espectral

### f.1) Modelo tradicional con base empotrada (N.T.E.030)

En primer lugar, se realizó el análisis en el software Etabs v.19 teniendo en cuenta el método tradicional (base empotrada), para luego realizar el mismo análisis al incluir la interacción suelo estructura (base flexible) mediante los coeficientes de rigidez de los modelos D.D. Barkan - O.A. Savinov y Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, considerando para ello un amortiguamiento del concreto de 5%.

Se determinó manualmente el espectro de pseudo aceleraciones para luego insertarlo en el programa Etabs.

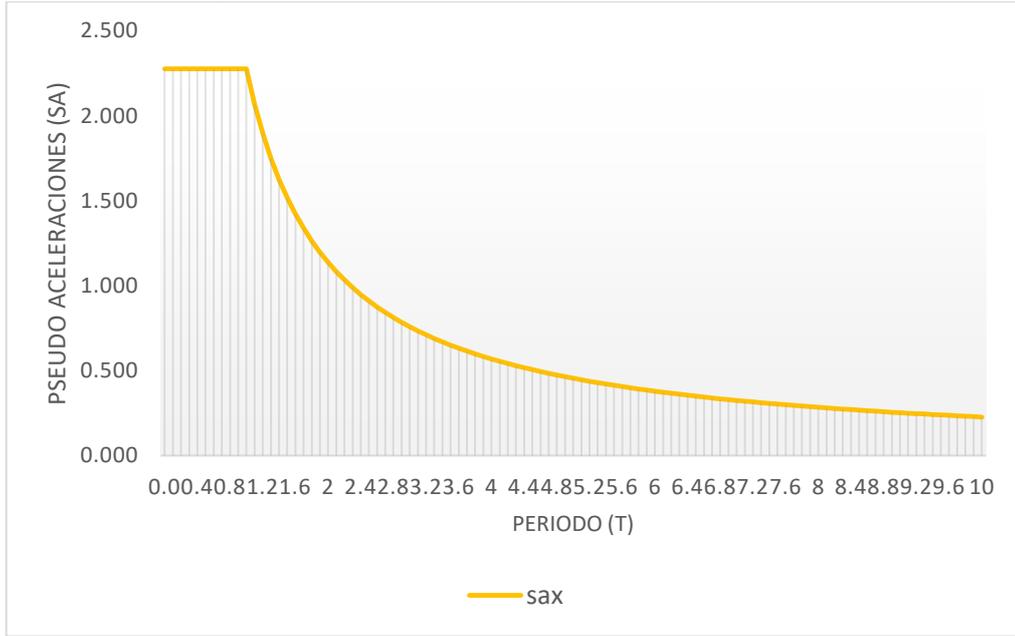
$$S_a = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times g$$

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$C \leq 2.5$$

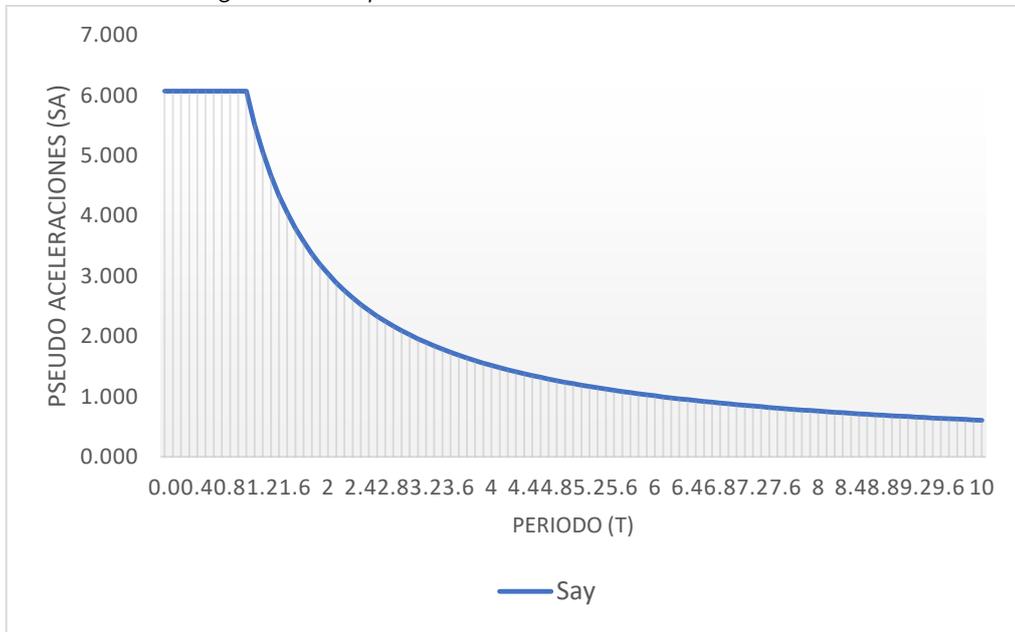
Z =	0.45	(Zona 4)
U =	1.5	(Categoría A)
S =	1.1	(S3- suelo blando)
Rx =	8	(Porticos)
Ry =	3	(Albañilería)
g =	9.81	m/s <sup>2</sup>
Tp =	1	
Sax =	0.910490625	* C
Say =	2.427975	* C

Figura 16. Espectro de Pseudo aceleraciones X-X



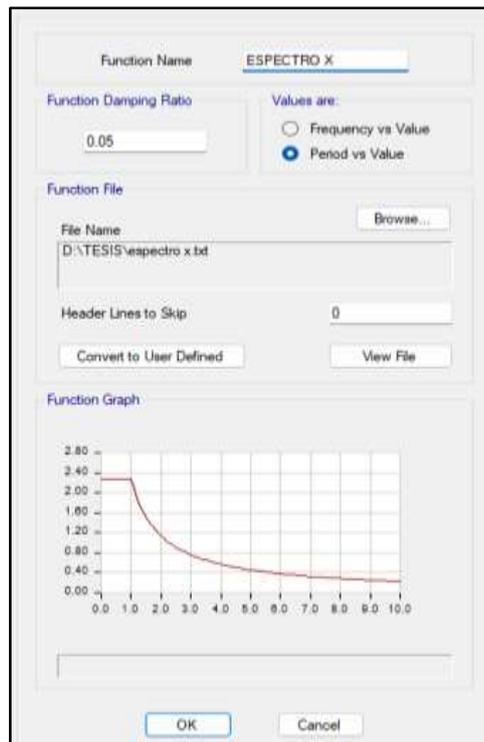
Fuente: Propiedad del investigador

Figura 17. Espectro de Pseudo aceleraciones Y-Y



Fuente: Propiedad del investigador

Figura 18. Incorporación del Espectro de respuesta X-X, Etabs v.19



Fuente: Propiedad del investigador

Figura 19. Incorporación del Espectro de respuesta Y-Y, Etabs v.19



Fuente: Propiedad del investigador

Se estima la respuesta elástica máxima esperada para las direcciones “X” y “Y” teniendo como base la Norma Técnica E.030 “Diseño sismorresistente” del Reglamento Nacional de edificaciones, donde “r” va a representar las respuestas modales, se usa un modelo de masas concentradas considerando tres grados de libertad por diafragma.

Figura 20. Definición de la respuesta máxima elástica esperada (X.X)

Load Name	Scale Factor
SRSSXX	0.75
ABSXX	0.25

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 21. Asignación del número de modos

The image shows a software dialog box with the following fields and options:

- General**
  - Load Case Name: Modal
  - Load Case Type/Subtype: Modal (dropdown), Eigen (dropdown)
  - Mass Source: PESO SISMICO
  - Analysis Model: Default
- P-Delta/Nonlinear Stiffness**
  - Use Preset P-Delta Settings: None
  - Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)
  - Nonlinear Case: (empty text box)
- Loads Applied**
  - Advanced Load Data Does NOT Exist
  - Advanced
- Other Parameters**
  - Maximum Number of Modes: 9
  - Minimum Number of Modes: 1
  - Frequency Shift (Center): 0 cyc/sec
  - Cutoff Frequency (Radius): 0 cyc/sec
  - Convergence Tolerance: 1E-09
  - Allow Auto Frequency Shifting

Buttons: Design..., Notes..., Modify/Show..., OK, Cancel

Fuente: Propiedad del investigador

## f.2) Modelo dinámico con interacción suelo estructura

Se efectuó el análisis considerando la base flexible, para realizar los cálculos para los modelos dinámicos, debemos tener en cuenta ciertas características del suelo de fundación ya establecidas partir del EMS, así como también características de la cimentación ya definidas que para Villareal (2009) son las siguientes.

- ✓ Módulo de elasticidad ( $E$  cimentación =  $9 \cdot 10^8 \text{ Tn/m}^2$ )
- ✓ Coeficiente de Poisson ( $\mu$  cimentación = 0.05)

Figura 22. Definición de las propiedades de la zapata

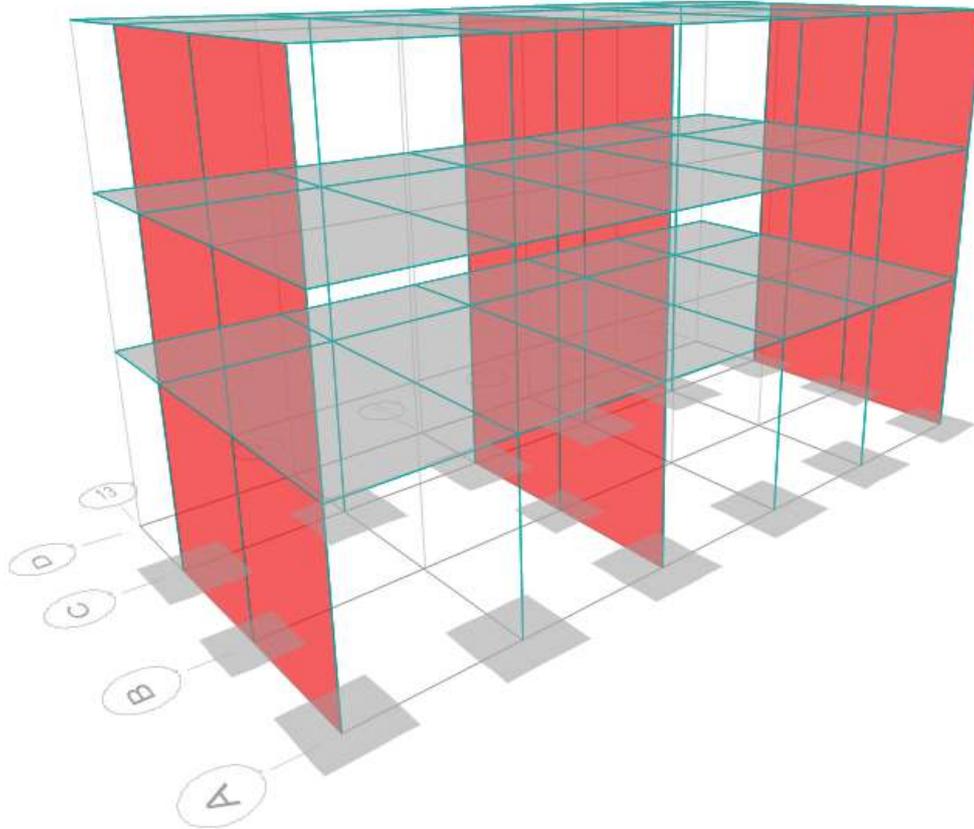
The dialog box is titled 'Definición de las propiedades de la zapata' and is organized into several sections:

- General Data:** Material Name (zapata), Material Type (Other), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (green), and Material Notes (Modify/Show Notes...).
- Material Weight and Mass:** Radio buttons for 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'. Input fields for Weight per Unit Volume (0 tonf/m<sup>3</sup>) and Mass per Unit Volume (0 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>).
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E (900000000 tonf/m<sup>2</sup>), Poisson's Ratio, U (0.05), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000099 1/C), and Shear Modulus, G (428571428.57 tonf/m<sup>2</sup>).
- Design Property Data:** A button labeled 'Modify/Show Material Property Design Data...'
- Advanced Material Property Data:** Buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'

At the bottom of the dialog are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 23. Dibujo de las zapatas aisladas



Fuente: Propiedad del investigador

❖ **Cálculo de masas en el centroide de la zapata**

Se efectuó el dimensionamiento de las masas rotacionales y traslacionales respecto a los ejes X, Y, Z y se asigna los valores encontrados en el centroide de los distintos tipos de zapatas, considerando tanto sus dimensiones en el plano como su profundidad.

Tabla 21. Masas traslacionales actuantes en el centroide de las zapatas

ZAPATA	a	b	Mx	My	Mz
	m	m	T.s2/m	T.s2/m	T.s2/m
<b>Z-1</b>	2	2	0.685	0.685	0.685
<b>Z-2</b>	1.8	1.8	0.555	0.555	0.555
<b>Z-3</b>	1.5	1.5	0.385	0.385	0.385
<b>Z-4</b>	2	1.4	0.48	0.48	0.48

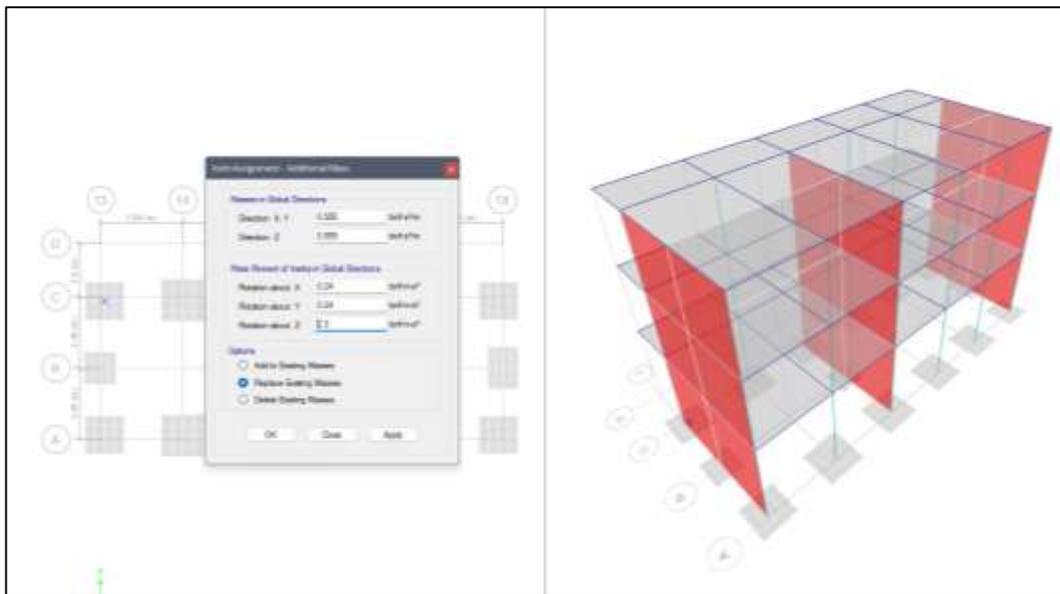
Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 22. Masas rotacionales actuantes en el centroide de las zapatas

ZAPATA	a	b	$M\phi_x$	$M\phi_y$	$M\psi_z$
	m	m	T.s2/m	T.s2/m	T.s2/m
<b>z-1</b>	2	2	0.340	0.340	0.457
<b>Z-2</b>	1.8	1.8	0.240	0.240	0.300
<b>Z-3</b>	1.5	1.5	0.135	0.135	0.144
<b>Z-4</b>	2	1.4	0.157	0.238	0.238

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 24. Definición de masas actuantes en el centroide de las zapatas



Fuente: Propiedad del investigador

❖ **Cálculo de coeficientes de rigidez- Modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87**

Tabla 23. Coeficientes de compresión y desplazamiento elástico del modelo Norma Rusa

ZAPATA	$C_x$	$C_y$	$C_z$	$C\phi_x$	$C\phi_y$	$C\psi$
	t/m3	t/m3	t/m3	t/m3	t/m3	t/m3
<b>z-1</b>	4863.91	4863.91	6948.45	13896.89	13896.89	6948.45
<b>Z-2</b>	4329.14	4329.14	6184.49	12368.97	12368.97	6184.49
<b>Z-3</b>	4880.90	4880.90	6972.72	13945.43	13945.43	6972.72
<b>Z-4</b>	4538.00	4538.00	6482.85	12965.71	12965.71	6482.85

Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 24. Coeficientes de rigidez del modelo Norma Rusa, actuantes en el centroide de las zapatas

ZAPATA	Kx	Ky	Kz	Kφx	Kφy	Kφz
	t/m	t/m	t/m	t.m	t.m	t.m
<b>z-1</b>	19455.65	19455.65	27793.79	18529.19	18529.19	18529.19
<b>Z-2</b>	14026.42	14026.42	20037.74	10820.38	10820.38	10820.38
<b>Z-3</b>	10982.03	10982.03	15688.61	5883.23	5883.23	5883.23
<b>Z-4</b>	12706.39	12706.39	18151.99	5929.65	12101.33	9015.49

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 25. Definición de los coeficientes de rigidez – Modelo Norma Rusa

General Data

Property Name: NORMA RUSA Z-1

Display Color: ■ Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Spring Stiffness Options

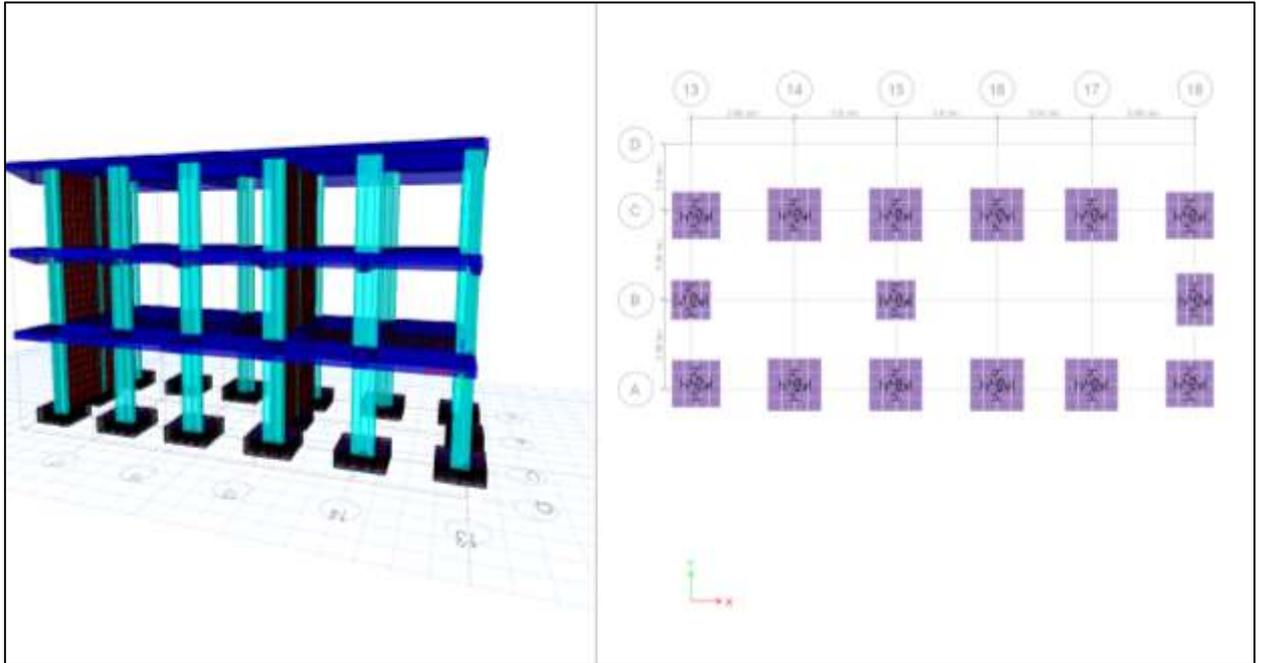
User Specified/Link Properties  Based on Soil Profile and Footing Dimensions

Simple Spring Stiffness in Global Directions

Translation X	19455.65	tonf/m
Translation Y	19455.65	tonf/m
Translation Z	27793.786	tonf/m
Rotation about X-Axis	18529.19	tonf-m/rad
Rotation about Y-Axis	18529.19	tonf-m/rad
Rotation about Z-Axis	18529.19	tonf-m/rad

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 26. Discretización de zapatas – Modelo Norma Rusa



Fuente: Propiedad del investigador

- ❖ **Cálculo de coeficientes de rigidez del Modelo de D. D Barkan-O.A. Savinov**

Tabla 25. Coeficientes de compresión y desplazamiento elástico del modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov

ZAPATA		Cx	Cy	Cz	Cφx	Cφy
		t/m3	t/m3	t/m3	t/m3	t/m3
z-1	14A	7381.95	7381.95	8612.27	12303.3	12303.3
	15A	6859.02	6859.02	8002.19	11431.7	11431.7
	16A	7923.38	7923.38	9243.94	13205.6	13205.6
	17A	7973.29	7973.3	9302.18	13288.8	13288.8
	14C	9796.81	9796.81	11429.6	16328	16328
	14C	9631.24	9631.24	11236.4	16052.1	16052.1
	16C	9983.43	9983.43	11647.3	16639.1	16639.1
	17C	10155.8	10155.8	11848.4	16926.3	16926.3
Z-2	13A	6225.09	6225.09	7262.61	10518.3	10518.3
	18A	6015.64	6015.64	7018.24	10164.4	10164.4
	13C	9247.57	9247.57	10788.8	15625.2	15625.2
	18C	9447.06	9447.06	11021.6	15962.3	15962.3
Z-3	13B	7003.71	7003.71	8170.99	12097.3	12097.3
	15B	8069.39	8069.39	9414.29	13938	13938
Z-4	18B	8311.28	8311.28	9696.49	13159.5	13159.5

Fuente: Propiedad del investigador

Tabla 26. Coeficientes de rigidez del modelo D.D. Barkan-O.A. Savinov, actuantes en el centroide de las zapatas

ZAPATA		Kx	Ky	Kz	K $\phi$ x	K $\phi$ y
		t/m	t/m	t/m	t.m	t.m
z-1	14A	29527.8	29528	34449	16404	16404
	15A	27436.1	27436	32009	15242	15242
	16A	31693.5	31694	36976	17608	17608
	17A	31893.2	31893	37209	17718	17718
	14C	39187.3	39187	45718	21771	21771
	14C	38524.9	38525	44946	21403	21403
	16C	39933.7	39934	46589	22185	22185
	17C	40623	40623	47394	22568	22568
Z-2	13A	20169.3	20169	23531	9201.4	9201.4
	18A	19490.7	19491	22739	8891.8	8891.8
	13C	29962.1	29962	34956	13669	13669
	18C	30608.5	30608	35710	13964	13964
Z-3	13B	15758.3	15758	18385	5103.6	5103.6
	15B	18156.1	18156	21182	5880.1	5880.1
Z-4	18B	23271.6	23272	27150	6018.3	12282

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 27. Definición de coeficientes de rigidez – Modelo de Barkan

**General Data**

Property Name:

Display Color:

Property Notes:

**Spring Stiffness Options**

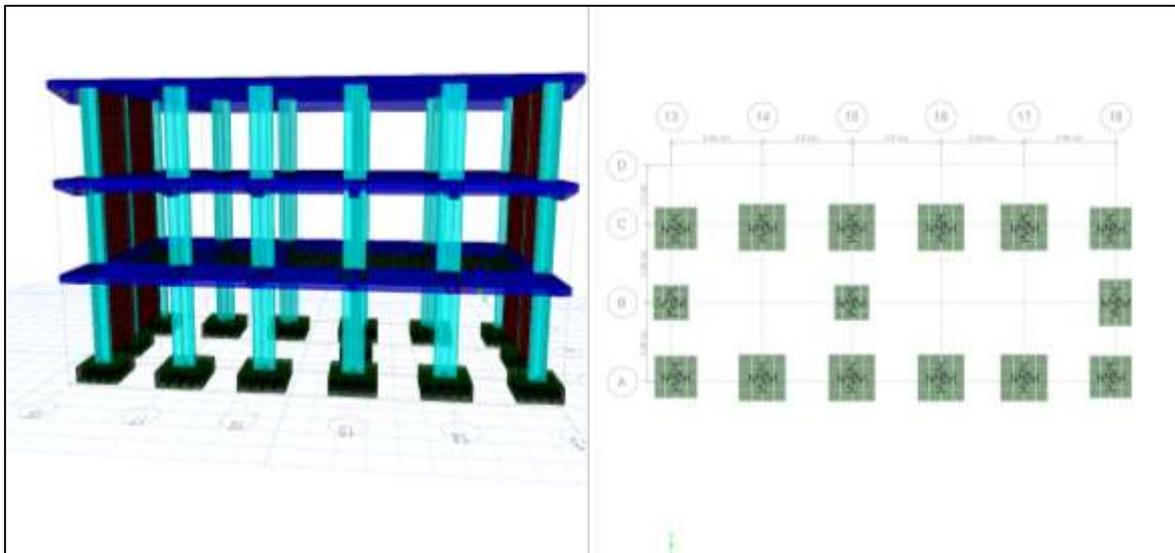
User Specified/Link Properties  Based on Soil Profile and Footing Dimensions

**Simple Spring Stiffness in Global Directions**

Translation X	<input type="text" value="29527.794"/>	tonf/m
Translation Y	<input type="text" value="29527.79"/>	tonf/m
Translation Z	<input type="text" value="34449.093"/>	tonf/m
Rotation about X-Axis	<input type="text" value="16404.33"/>	tonf-m/rad
Rotation about Y-Axis	<input type="text" value="16404.33"/>	tonf-m/rad
Rotation about Z-Axis	<input type="text" value="0"/>	tonf-m/rad

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 28. Discretización de zapatas – Modelo de Barkan



Fuente: Propiedad del investigador

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

Con el fin de determinar la influencia de la interacción suelo-estructura en el análisis sísmico de la estructura de estudio, se analizaron los resultados obtenidos a partir de tablas y gráficos comparativos.

Haciendo uso de la hoja de cálculo Microsoft Excel, se compararon e interpretaron los resultados obtenidos a partir del análisis sísmico en el software Etabs v.19, esto debido a que la presente investigación presenta enfoque cuantitativo.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación cumple con el concepto de autenticidad y veracidad, respetando en todo momento la propiedad literaria en cada cita realizada sobre los conceptos y teorías redactadas, haciendo uso de la normativa ISO 690 (2010), además de ello, se basa en investigaciones parecidas para lograr conseguir un adecuado desarrollo.

#### IV. RESULTADOS

##### Ubicación de la zona de estudio

##### Título de tesis

“Comportamiento sísmico de una edificación esencial considerando la Interacción suelo – estructura en el distrito de Santiago, Ica - 2022”

##### Ubicación política

La presente investigación fue llevada a cabo en el distrito de Santiago, provincia de Ica y departamento de Ica.

*Figura 29: Mapa político del Perú*



*Fuente: Propiedad del investigador*

Figura 30: Mapa de la región Ica



Fuente: Propiedad del investigador

Figura 31: Mapa de distritos de la Provincia de Ica



Fuente: Propiedad del investigador

## Limites

- Norte : Limita con el distrito de Yauca del Rosario
- Sur : Limita con el Océano Pacífico
- Este : Limita con las provincias de Palpa y Nazca
- Oeste : Limita con el distrito de Ocucaje

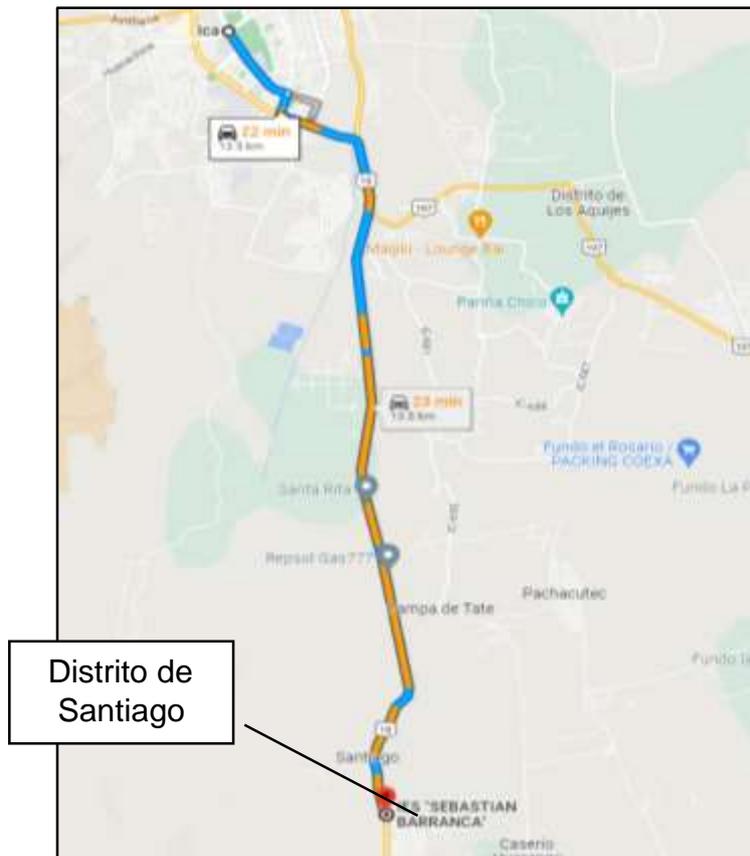
## Ubicación geográfica

El distrito de Santiago presenta las siguientes coordenadas geográficas 14°08'57" latitud sur y 75°42'18" longitud oeste

## Accesibilidad

Se puede llegar al distrito de Santiago, partiendo desde la ciudad de Ica, siguiendo por la carretera Panamericana Sur, recorriendo aproximadamente 13.5km.

Figura 32. Accesibilidad al Distrito de Santiago



Fuente: Propiedad del investigador

## Clima

El clima del distrito de Santiago se caracteriza por ser caluroso, el invierno es en su mayoría despejado, durante el año la temperatura del ambiente varía entre los 16°C a 29°C, llegando a incrementar hasta 31°C en verano, presentándose las temperaturas más altas en el mes de febrero y las más bajas en el mes de agosto, muy raras veces la temperatura desciende a menos de 15°C. En general presenta un clima desértico sin presencia de lluvias.

**Objetivo específico 1:** Determinar la alteración de los periodos de vibración, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022.

Se efectuó el análisis dinámico modal espectral para el modelo tradicional con base empotrada apoyándonos en la Norma Técnica E.030 “Diseño sismorresistente”, y para los modelos dinámicos de interacción suelo estructura, obteniendo los periodos de vibración para las direcciones de análisis.

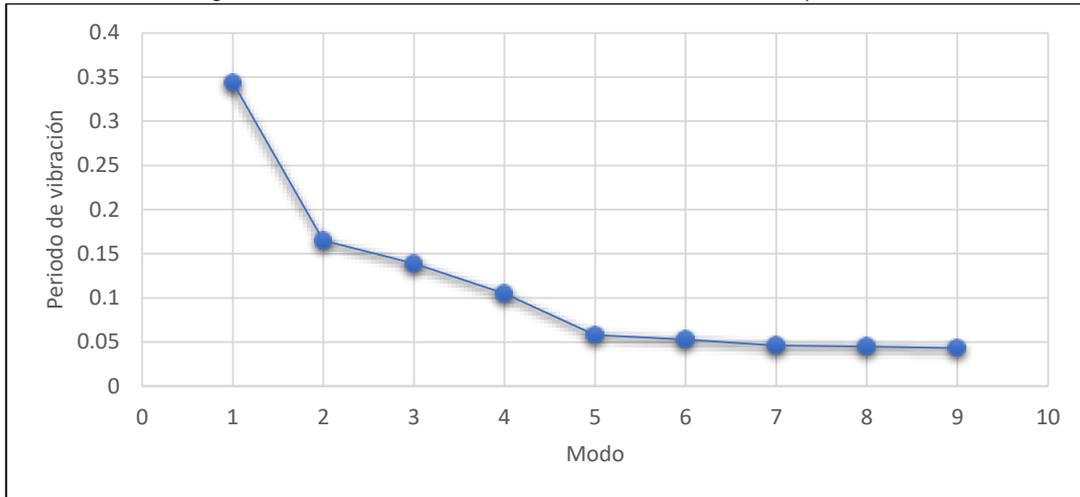
### a) Modelo empotrado (NTE E.030-2020)

Tabla 27. Periodos de vibración del Modelo empotrado

Modo	Periodo	UX	UY	RZ
1	0.344	0.8805	0.0000	0.0009
2	0.165	0.0001	0.8295	0.0405
3	0.139	0.0005	0.0401	0.8205
4	0.105	0.0812	0.0000	0.0002
5	0.058	0.0199	0.0000	0.0000
6	0.053	0.0000	0.0983	0.0025
7	0.046	0.0011	0.0000	0.0005
8	0.045	0.0002	0.0030	0.0989
9	0.043	0.0014	0.0000	0.0001
Masa participativa		98.49%	97.09%	96.41%

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 33. Periodos de vibración del Modelo empotrado



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se observan los periodos de vibración para cada modo considerando la base perfectamente empotrada, de esta forma, se puede definir el periodo de vibración en la dirección “X”, en donde prevalece el modo 1, por lo que  $T_x=0.334$  seg, así también en la dirección “Y”, donde  $T_y=0.165$ seg, en donde prevalece el modo 2.

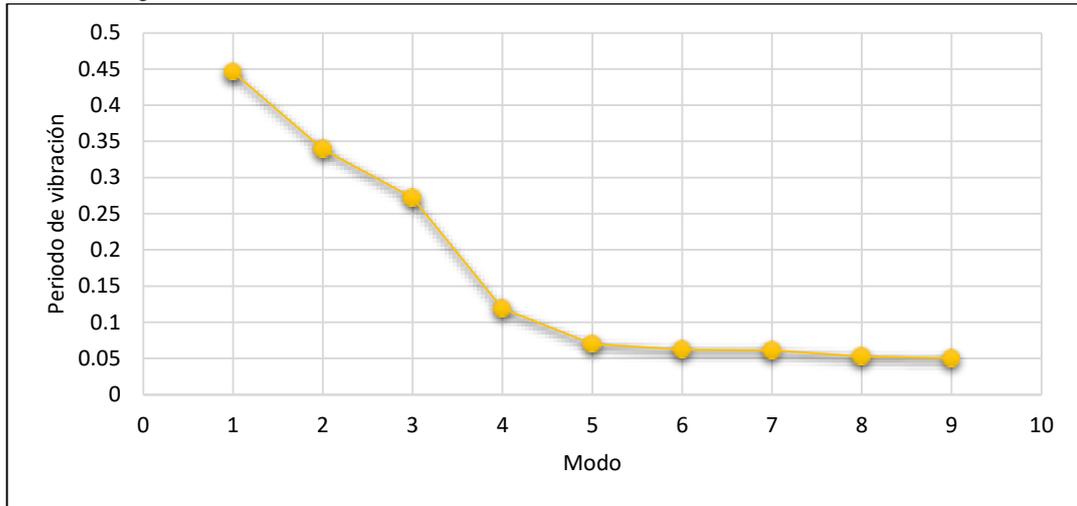
**b) Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87**

Tabla 28. Periodos de vibración del Modelo dinámico Norma Rusa

Modo	Periodo	UX	UY	RZ
1	<b>0.446</b>	0.8968	0.0002	0.0058
2	<b>0.339</b>	0.0006	0.8539	0.0200
3	0.272	0.0047	0.0198	0.8525
4	0.119	0.0480	0.0000	0.0004
5	0.07	0.0000	0.0987	0.0026
6	0.062	0.0010	0.0030	0.0770
7	0.061	0.0107	0.0006	0.0185
8	0.053	0.0004	0.0000	0.0000
9	0.05	0.0011	0.0000	0.0000
Masa participativa		96.33%	97.62%	97.68%

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 34. Periodos de vibración del Modelo dinámico Norma Rusa



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se observan los periodos de vibración para cada modo considerando la flexibilidad en la base con el Modelo dinámico de interacción suelo estructura Norma Rusa, además, se puede definir el periodo de vibración en la dirección “X”, en donde prevalece el modo 1, por lo que  $T_x=0.446$  seg, así también en la dirección “Y”, donde  $T_y=0.339$ seg, en donde prevalece el modo 2.

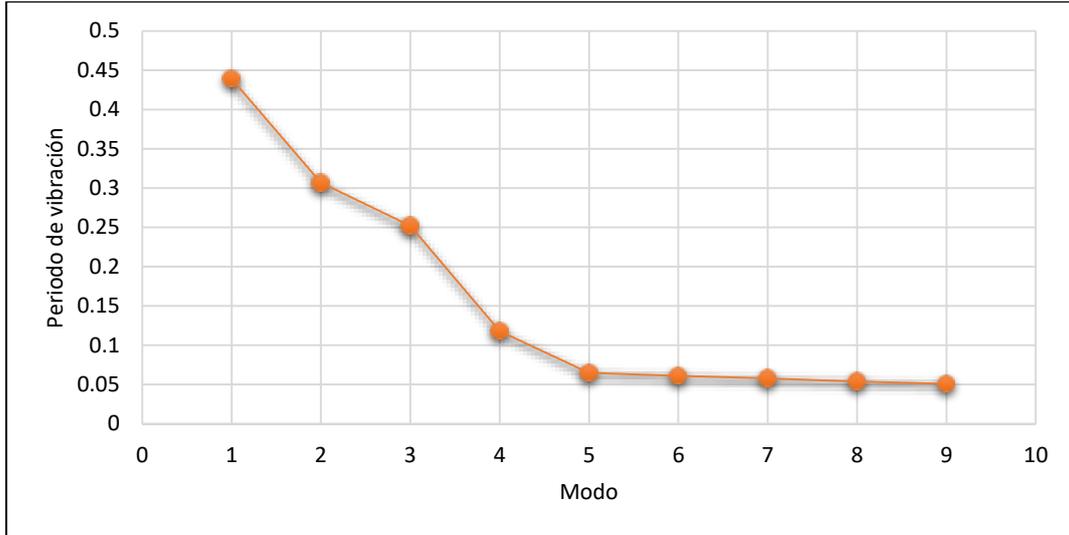
### c) Modelo dinámico D.D. Barkan- O.A. Savinov

Tabla 29. Periodos de vibración del Modelo dinámico D.D Barkan-O. A Savinov

Modo	Periodo	UX	UY	RZ
1	<b>0.439</b>	0.8946	0.0001	0.0050
2	<b>0.307</b>	0.0005	0.8429	0.0257
3	0.252	0.0045	0.0257	0.8406
4	0.118	0.0472	0.0000	0.0009
5	0.065	0.0000	0.0955	0.0016
6	0.061	0.0113	0.0000	0.0000
7	0.058	0.0003	0.0017	0.0816
8	0.054	0.0003	0.0000	0.0001
9	0.051	0.0016	0.0000	0.0000
Masa participativa		96.03%	96.59%	95.55%

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 35. Periodos de vibración del Modelo dinámico D.D Barkan-O.A Savinov



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se observan los periodos de vibración para cada modo considerando la flexibilidad en la base con el Modelo dinámico de interacción suelo estructura D.D. Barkan – O.A. Savinov, además, se puede definir el periodo de vibración en la dirección “X”, en donde prevalece el modo 1, por lo que  $T_x=0.439$  seg, así también en la dirección “Y”, donde  $T_y=0.307$ seg, en donde prevalece el modo 2.

#### d) Variación de los periodos de vibración

Tabla 30. Variación de los periodos de vibración de los modelos de análisis (X-X, Y-Y)

Modelo de análisis	Periodo de vibración		%Δx	%Δy
	Tx	Ty		
Norma peruana E.030-2020	0.334	0.165	-	-
Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	0.446	0.339	33.53	105.45
D.D Barkan-O. A Savinov	0.439	0.307	31.44	86.06

Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se visualiza el ascenso del periodo de vibración al tener en cuenta en el análisis la interacción suelo estructura en las direcciones X e Y de 33.53% y 105.45% respectivamente con el Modelo de la Norma rusa, y de 31.44% y 86.06% con el Modelo de Barkan respecto a los valores obtenidos de la Norma peruana E.030-2020.

**Objetivo específico 2:** Determinar la variación de los desplazamientos laterales, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022

Se efectuó el análisis dinámico modal espectral para el modelo tradicional con base empotrada apoyándonos en la Norma Técnica E.030 “Diseño sismorresistente”, y para los modelos dinámicos de interacción suelo estructura, obteniendo los desplazamientos absolutos y relativos presentados en cada nivel de la edificación, así como en ambas direcciones de análisis.

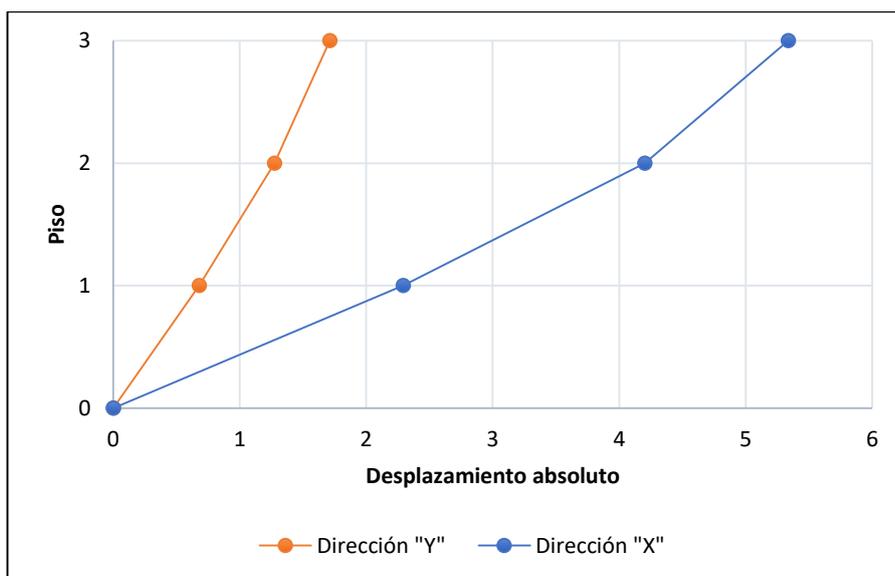
**a) Modelo empotrado (Norma peruana E.030-2020)**

Tabla 31. Desplazamientos laterales máx. del Modelo empotrado (Norma peruana E.030)

Piso	Dirección	Despl. Absoluto (cm)	Despl. Relativo (cm)	Dirección	Despl. Absoluto (cm)	Despl. Relativo (cm)
Piso 3	Máx X	5.34	1.14	Máx Y	1.71	0.13
Piso 2		4.20	1.91		1.28	0.60
Piso 1		2.29	2.29		0.68	0.68

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 36. Desplazamientos laterales máx. del Modelo empotrado (Norma peruana E.030)



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En base a lo presentado se puede observar los desplazamientos máximos absolutos y relativos para cada nivel al considerar la base empotrada, encontrándose que para las direcciones X e Y los desplazamientos relativos más altos corresponden al piso 1 con valores de 2.29cm y 0.68cm respectivamente, no estando muy alejado de los desplazamientos relativos presentes en el piso 2.

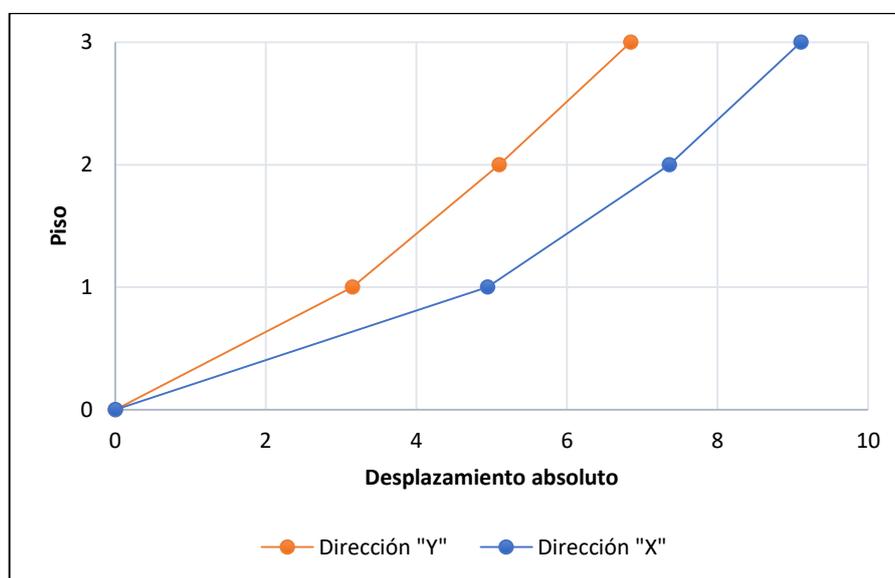
**b) Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87**

*Tabla 32. Desplazamientos laterales máx. del Modelo dinámico Norma Rusa*

Piso	Dirección	Despl. Absoluto (cm)	Despl. Relativo (cm)	Dirección	Despl. Absoluto (cm)	Despl. Relativo (cm)
Piso 3	Máx X	9.11	1.75	Máx Y	6.84	1.75
Piso 2		7.36	2.41		5.10	1.95
Piso 1		4.95	4.95		3.15	3.15

*Fuente: Propiedad del investigador*

*Figura 37. Desplazamientos laterales máx. del Modelo dinámico Norma Rusa*



*Fuente: Propiedad del investigador*

**Interpretación:** En base a lo presentado se puede observar los desplazamientos máximos absolutos y relativos para cada nivel al considerar la base flexible mediante el Modelo dinámico Norma Rusa, encontrándose que para las direcciones

X e Y los desplazamientos relativos significativamente más altos corresponden al piso 1 con valores de 4.95cm y 3.15cm respectivamente.

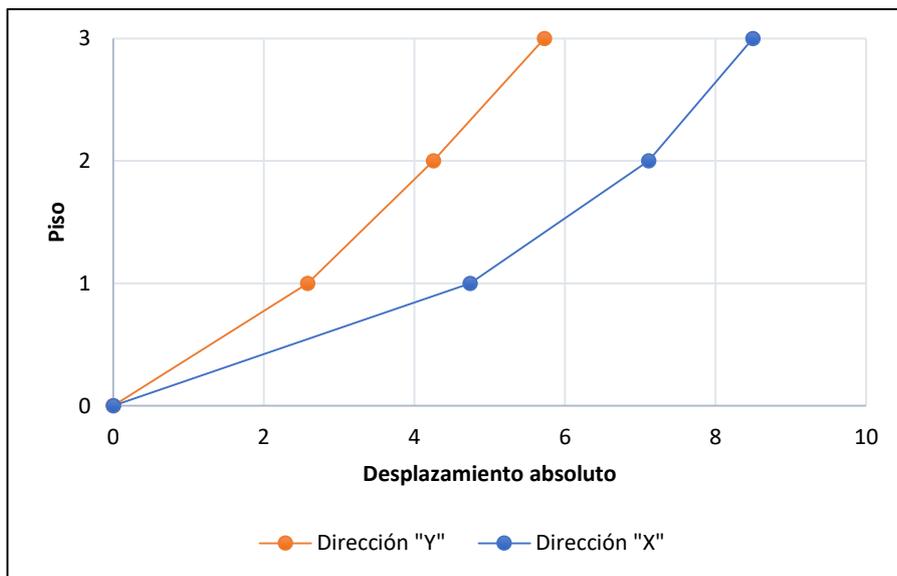
**c) Modelo dinámico D.D Barkan – O.A Savinov**

Tabla 33. Desplazamientos laterales máx. del Modelo dinámico D.D Barkan-O. A Savinov

Piso	Dirección	Despl. Absoluto (cm)	Despl. Relativo (cm)	Dirección	Despl. Absoluto (cm)	Despl. Relativo (cm)
Piso 3	Máx X	8.50	1.39	Máx Y	5.73	1.48
Piso 2		7.11	2.37		4.25	1.67
Piso 1		4.74	4.74		2.58	2.58

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 38. Desplazamientos laterales máx. del Modelo dinámico D.D Barkan-O. A Savinov



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En base a lo presentado se puede observar los desplazamientos máximos absolutos y relativos para cada nivel al considerar la base flexible mediante el Modelo dinámico D.D. Barkan-O.A. Savinov, encontrándose que para las direcciones X e Y los desplazamientos relativos significativamente más altos corresponden al piso 1 con valores de 4.74cm y 2.58cm respectivamente.

#### d) Variación de los desplazamientos absolutos

Tabla 34. Variación de los desplazamientos absolutos de los modelos de análisis (X-X, Y-Y)

Piso	Norma peruana E.030-2020		Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87		Modelo dinámico D.D Barkan - O.A Savinov	
	Despl.x	Despl.y	% $\Delta$ x	% $\Delta$ y	% $\Delta$ x	% $\Delta$ y
Piso 1	2.29	0.68	116.16	363.24	106.99	279.41
Piso 2	4.20	1.28	75.24	298.44	69.29	232.03
Piso 3	5.34	1.71	70.60	299.95	59.18	235.09
$\Delta$ promedio			87.23	320.54	78.48	248.84

Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se visualiza el incremento de los desplazamientos absolutos al considerar en el análisis la interacción suelo estructura, en promedio, los valores obtenidos en las direcciones X e Y son 87.23% y 320.54% respectivamente con el Modelo de la Norma rusa, y de 78.48% y 248.84% con el Modelo de Barkan respecto a los valores obtenidos de la Norma peruana E.030-2020.

**Objetivo específico 3:** Determinar la modificación de las distorsiones de entrepiso, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022

Se efectuó el análisis dinámico modal espectral para el modelo tradicional con base empotrada apoyándonos en la Norma Técnica E.030 “Diseño sismorresistente”, y para los modelos dinámicos de interacción suelo estructura, obteniendo las máximas distorsiones de entrepiso presentadas tanto en la dirección “X” como en la dirección “y”, verificando si cumplen o no con los márgenes especificados en la norma peruana en base al material predominante en cada dirección.

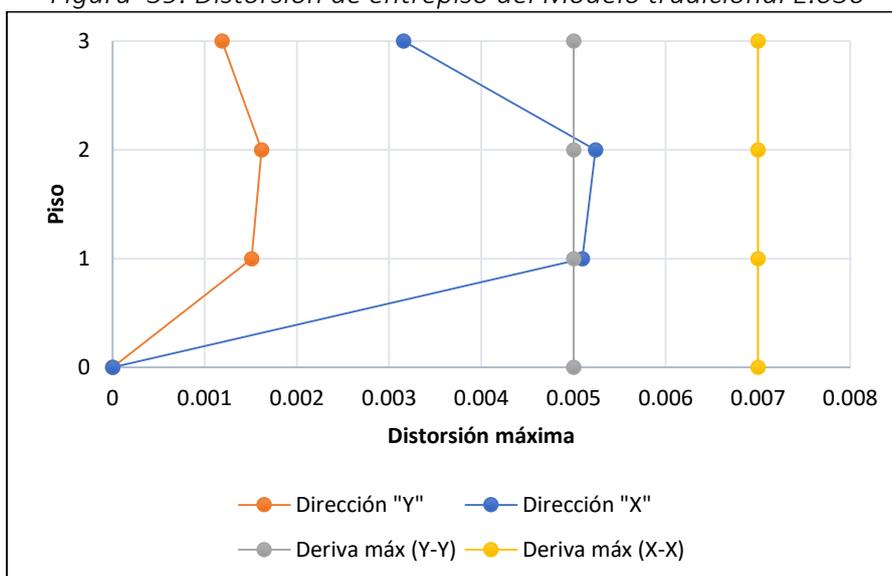
**a) Modelo empotrado (NTE E.030-2020)**

Tabla 35. Distorsiones de entrepiso del Modelo empotrado (Norma peruana E.030 – 2020)

Piso	Dirección	Deriva	0.75*RX	Deriva Límite	Cumple
Piso 3	Máx X	0.00053	0.00316	0.007	si
Piso 2		0.00087	0.00524	0.007	si
Piso 1		0.00085	0.00509	0.007	si
Piso	Dirección	Deriva	0.75*RY	Deriva Límite	Cumple
Piso 3	Máx Y	0.00053	0.00119	0.005	si
Piso 2		0.00072	0.00162	0.005	si
Piso 1		0.00067	0.00151	0.005	si

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 39. Distorsión de entrepiso del Modelo tradicional E.030



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En la ilustración se muestran los resultados obtenidos para cada nivel y en ambas direcciones, observándose que la distorsión máxima obtenida tanto en la dirección "X" como en la dirección "Y" se encuentran en el piso 2 con valores de 0.00524 y 0.00162 respectivamente, cumpliendo con el límite para distorsiones de entrepiso que en la dirección "x" tiene un valor de 0.007 y en la dirección "y", un valor de 0.005.

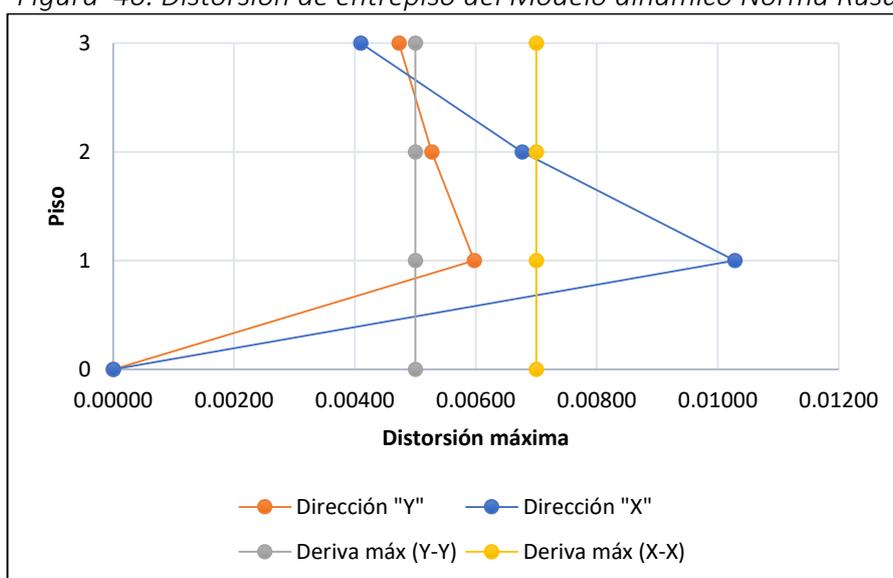
## b) Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Tabla 36. Distorsiones de entrepiso del Modelo dinámico Norma Rusa

Piso	Dirección	Deriva	0.75*RX	Deriva Límite	Cumple
Piso 3	Máx X	0.00068	0.00409	0.007	si
Piso 2		0.00113	0.00677	0.007	si
Piso 1		0.00171	0.01028	0.007	no
Piso	Dirección	Deriva	0.75*RY	Deriva Límite	Cumple
Piso 3	Máx Y	0.0021	0.00473	0.005	si
Piso 2		0.00234	0.00527	0.005	no
Piso 1		0.00266	0.00597	0.005	no

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 40. Distorsión de entrepiso del Modelo dinámico Norma Rusa



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** en la ilustración se muestran los resultados obtenidos para cada nivel y en ambas direcciones, observándose que la distorsión máxima obtenida tanto en la dirección "X" como en la dirección "Y" se encuentran en el piso 1 con valores de 0.01028 y 0.00597 respectivamente, sobrepasando el límite para distorsiones de entrepiso que en la dirección "X" tiene un valor de 0.007 y en la dirección "Y", un valor de 0.005, al igual que el piso 2 en la dirección "Y".

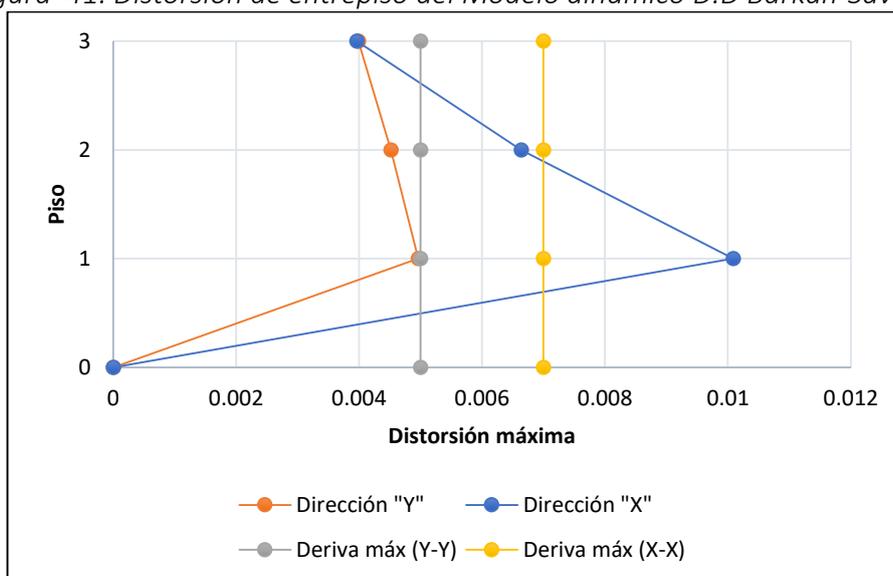
### c) Modelo dinámico D.D Barkan- O.A Savinov

Tabla 37. Distorsiones de entrepiso del Modelo dinámico D.D Barkan-Savinov

Piso	Dirección	Deriva	0.75*RX	Deriva Límite	Cumple
Piso 3	Máx X	0.000661	0.00397	0.007	si
Piso 2		0.001106	0.00664	0.007	si
Piso 1		0.001681	0.01009	0.007	no
Piso	Dirección	Deriva	0.75*RY	Deriva Límite	Cumple
Piso 3	Máx Y	0.001774	0.00399	0.005	si
Piso 2		0.002008	0.00452	0.005	si
Piso 1		0.002206	0.00496	0.005	si

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 41. Distorsión de entrepiso del Modelo dinámico D.D Barkan-Savinov



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En la ilustración se muestran los resultados obtenidos para cada nivel y en ambas direcciones, observándose que la distorsión máxima obtenida tanto en la dirección "X" como en la dirección "Y" se encuentran en el piso 1 con un valor de 0.01009 y 0.00496 respectivamente, observándose que el valor en la dirección "X" sobrepasa el límite para distorsiones de entrepiso que tiene un valor de 0.007, mientras que en la dirección "Y" se cumple lo especificado en la norma.

#### d) Variación de la distorsión de entrepiso

Tabla 38. Variación de la distorsión de entrepiso de los modelos de análisis (X-X, Y-Y)

Piso	Norma peruana E.030-2020		Norma Rusa SNIP 2.02.05-87		D.D Barkan - O.A Savinov	
	$\Delta x$	$\Delta y$	$\% \Delta x$	$\% \Delta y$	$\% \Delta x$	$\% \Delta y$
piso 1	0.0051	0.0015	101.96	295.36	98.23	228.48
piso 2	0.0052	0.0016	29.20	225.31	26.72	179.01
piso 3	0.0032	0.0012	29.43	297.48	25.63	235.29
$\Delta$ promedio			53.53	272.72	50.19	214.26

Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se visualiza un incremento de la distorsión de entrepiso en cada nivel al considerar en el análisis la interacción suelo estructura, en promedio, los valores obtenidos en las direcciones X e Y son 53.53% y 272.72% respectivamente con el Modelo de la Norma rusa, y de 50.19% y 214.26% con el Modelo de Barkan respecto a los valores obtenidos de la Norma peruana E.030-2020.

**Objetivo específico 4:** Determinar la variación de las fuerzas internas máximas, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022.

Se efectuó el análisis dinámico modal espectral para el modelo tradicional con base empotrada apoyándonos en la Norma Técnica E.030 "Diseño sismorresistente", y para los modelos dinámicos de interacción suelo estructura, obteniendo las máximas fuerzas internas generadas en cada nivel y dirección de análisis del sismo.

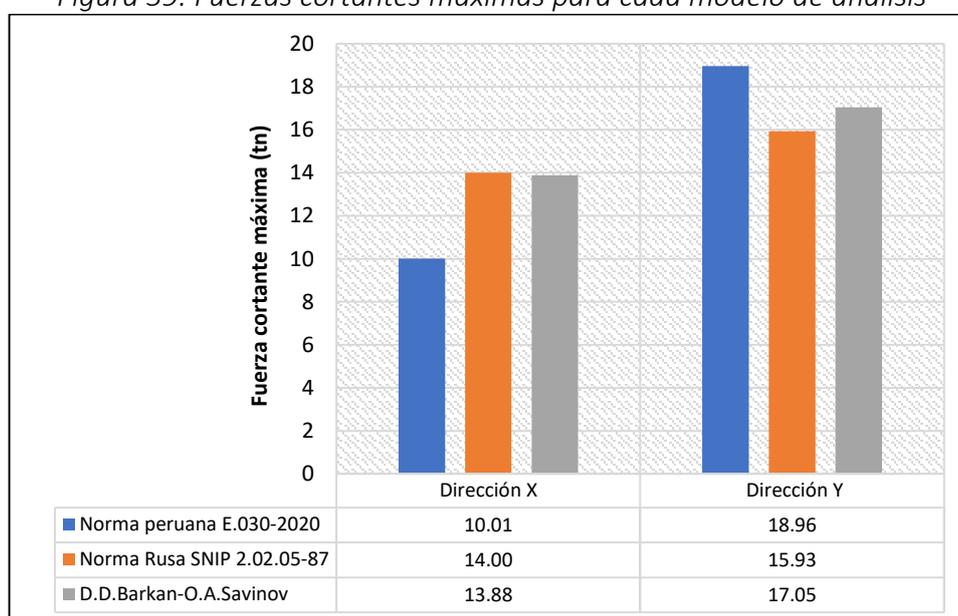
### a) Fuerzas cortantes máximas $V_{m\acute{a}x}$ (ton)

Tabla 39. Fuerzas cortantes máximas para cada modelo de análisis

Dirección	Norma peruana RNE E.030-2020	Norma Rusa SNIP 2.02.05-87		D.D Barkan - O.A Savinov		$\Delta$ Prom.
	$V_{m\acute{a}x}$	$V_{m\acute{a}x}$	$\Delta\%$	$V_{m\acute{a}x}$	$\Delta\%$	
S X-X	10.01	14.00	39.86	13.88	38.66	39.26
S Y-Y	18.96	15.93	-15.98	17.05	-10.07	-13.03

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 39. Fuerzas cortantes máximas para cada modelo de análisis



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se visualiza el incremento de la fuerza cortante al analizar el sismo en la dirección X, como una disminución en la dirección Y, de 39.86% y -15.98% respectivamente con el Modelo de la Norma rusa, y de 38.66% y -10.07% con el Modelo de Barkan respecto a los valores obtenidos de la Norma peruana RNE E.030-2020.

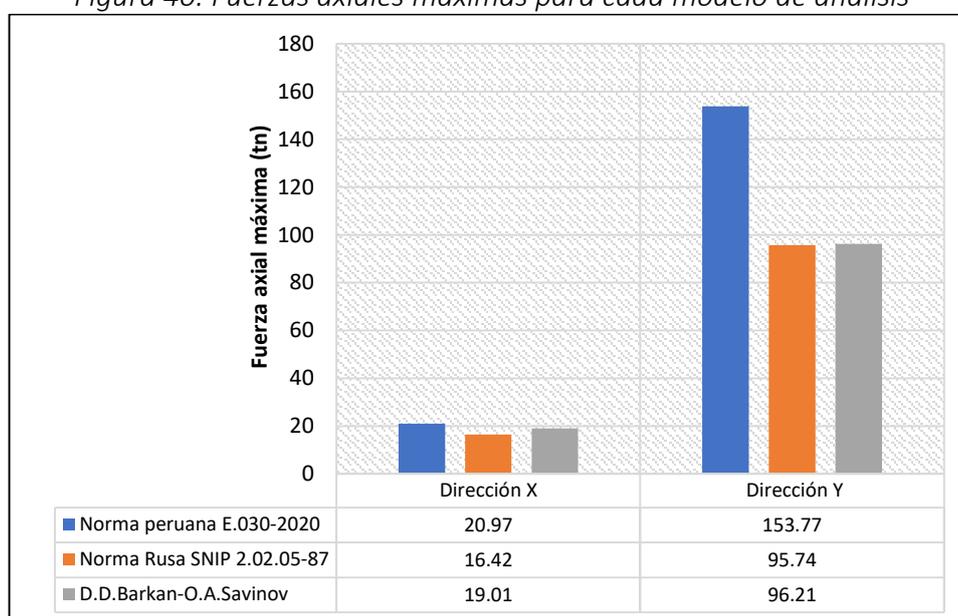
## b) Fuerzas axiales máximas $N_{m\acute{a}x}$ (ton)

Tabla 40. Fuerzas axiales máximas para cada modelo de análisis

Dirección	Norma peruana RNE E.030-2020	Norma Rusa SNIP 2.02.05-87		D.D Barkan - O.A Savinov		$\Delta$ Prom.
	$N_{m\acute{a}x}$	$N_{m\acute{a}x}$	$\Delta\%$	$N_{m\acute{a}x}$	$\Delta\%$	
S X-X	20.97	16.42	-21.70	19.01	-9.35	-15.52
S Y-Y	153.77	95.74	-37.74	96.21	-37.43	-37.59

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 40. Fuerzas axiales máximas para cada modelo de análisis



Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se visualiza la disminución de la fuerza axial máxima al considerar la interacción suelo estructura, con una reducción en las direcciones de análisis X y Y de -21.70% y -37.74% respectivamente con el Modelo de la Norma rusa, y de -9.35 % y -37.43% con el Modelo de Barkan respecto a los valores obtenidos de la Norma peruana E.030-2020.

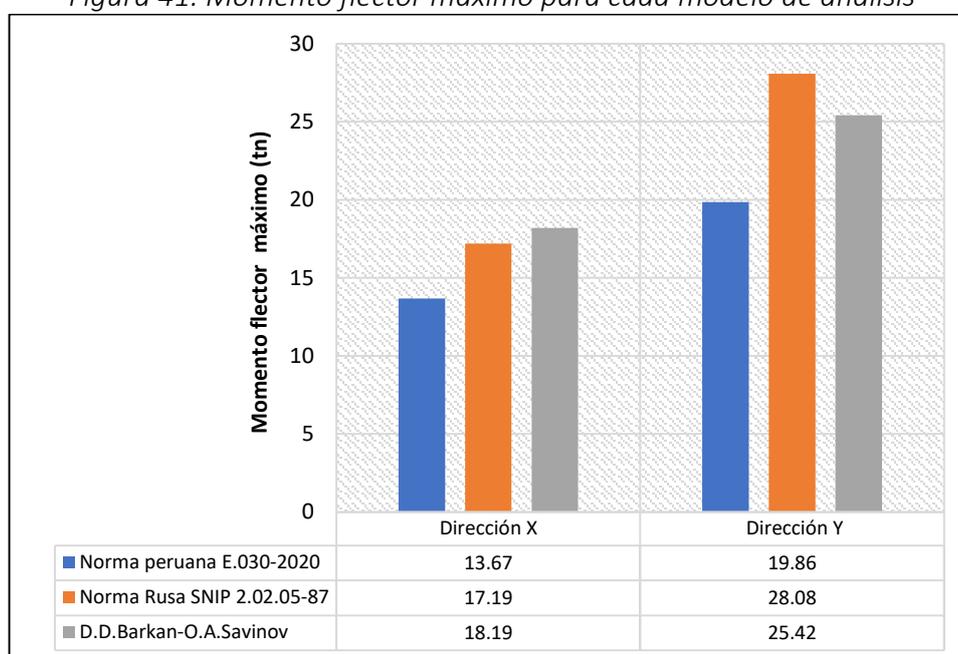
### c) Momentos flectores máximos $M_{m\acute{a}x}$ (ton.m)

Tabla 41. Momento flector máximo para cada modelo de análisis

Dirección	Norma peruana E.030-2020	Norma Rusa SNIP 2.02.05-87		D.D Barkan - O.A Savinov		$\Delta$ Prom.
	$M_{m\acute{a}x}$	$M_{m\acute{a}x}$	$\Delta\%$	$M_{m\acute{a}x}$	$\Delta\%$	
S X-X	13.67	17.19	25.75	18.19	33.07	29.41
S Y-Y	19.86	28.08	41.39	25.42	134.07	34.69

Fuente: Propiedad del investigador

Figura 41. Momento flector máximo para cada modelo de análisis



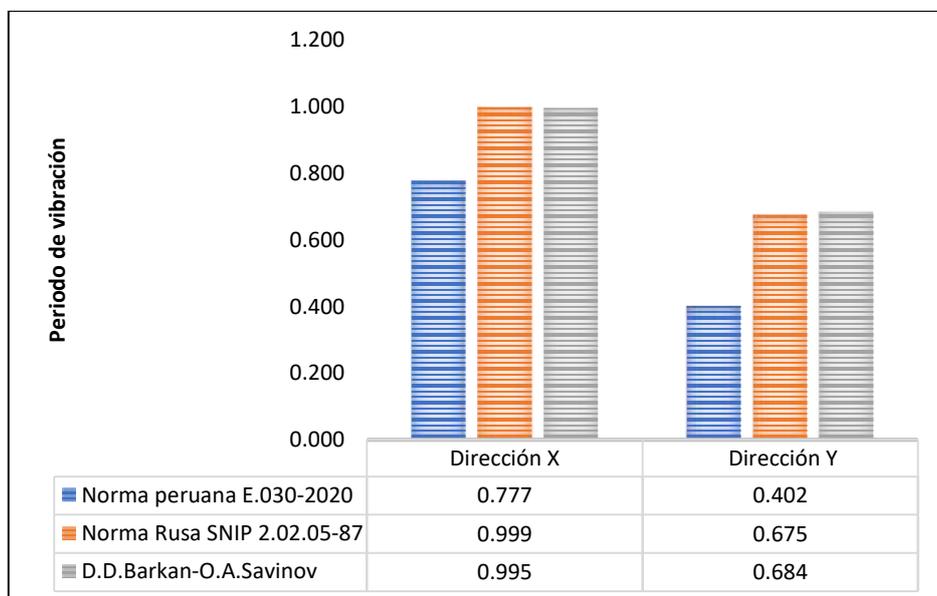
Fuente: Propiedad del investigador

**Interpretación:** En el cuadro se visualiza el incremento del momento flector máximo obtenido al considerar la interacción suelo estructura, el aumento analizando el sismo en la dirección X es de 25.75%, mientras que en la dirección Y es de 41.39% con el Modelo de la Norma rusa, y de 33.07 % y 28% respectivamente con el Modelo de Barkan respecto a los valores obtenidos de la Norma peruana RNE E.030-2020.

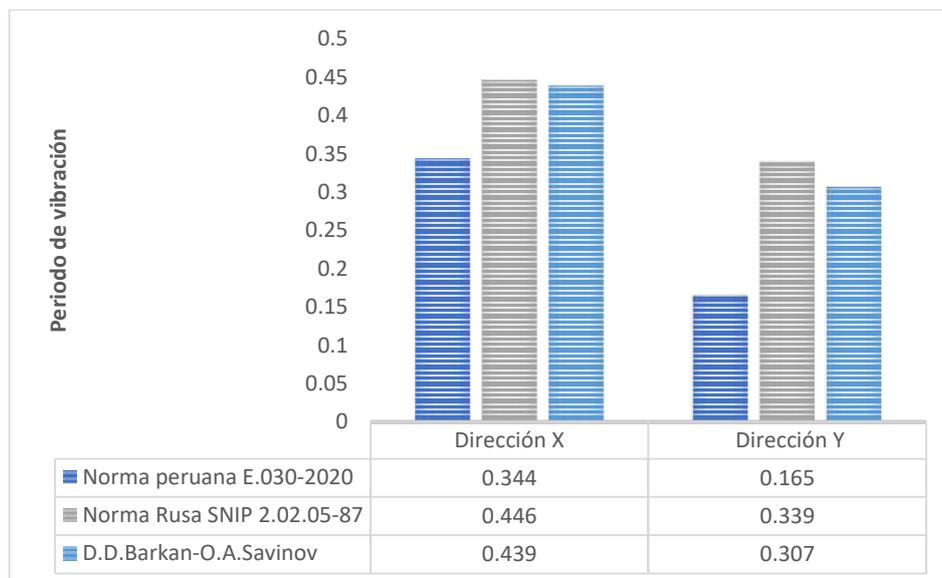
## V. DISCUSIÓN

**Objetivo específico 1:** Determinar la alteración de los periodos de vibración, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022.

Para Franco & Gálvez (2021), en los resultados de su trabajo de investigación, obtuvieron un incremento de los periodos de vibración al considerar la interacción suelo estructura de 28% y 70.26% en las direcciones "X" e "Y" respectivamente con el modelo dinámico D.D.Barkan-O.A.Savinov, así como un incremento de 28% y 68% con el modelo dinámico Norma Rusa, respecto al modelo tradicional con base empotrada, los valores de los periodos obtenidos al realizar el análisis se muestran a continuación.(ver grafico)



En la presente investigación se obtuvo un periodo de vibración de 0.334 en la dirección "X" y de 0.165 en la dirección "Y" con el modelo tradicional con base empotrada, así como 0.446 y 0.339 con el modelo dinámico Norma Rusa significando un incremento de 33.53% y 105.45% respectivamente, y de 0.439 y 0.307 con el modelo dinámico D.D. Barkan -O.A. Savinov incrementando en 31.44% y 86.06% respectivamente. (ver gráfico)



Para Franco & Gálvez (2021), en promedio se obtuvo un incremento de 28.23% en “X” y de 69.19% en “Y” al considerar la interacción suelo estructura, mientras que en la presente investigación se tuvo un ascenso de 32.49% en la dirección “X” y de 95.76% en la dirección “Y”.

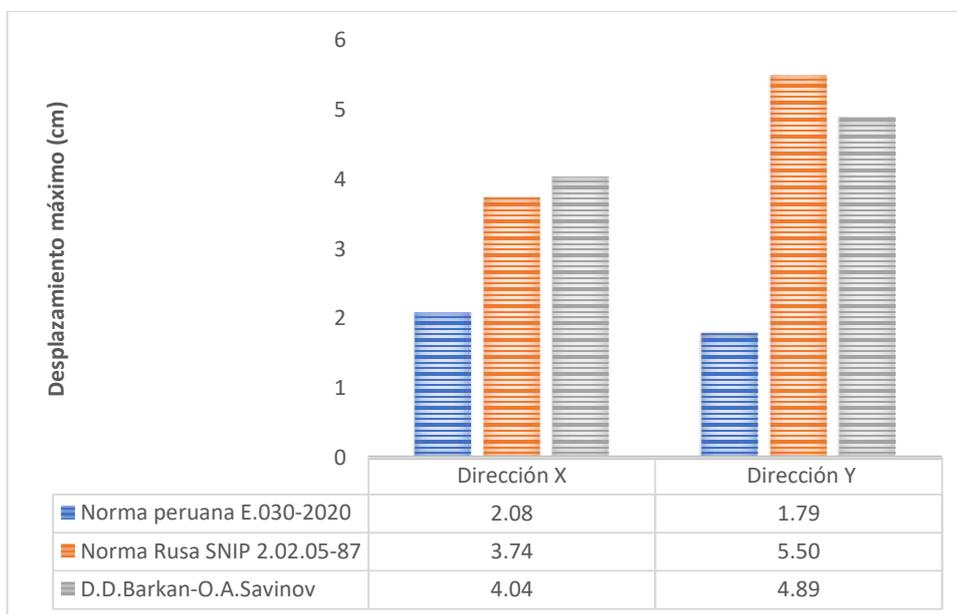
Los resultados de Franco & Gálvez no se asemejan al cálculo manual de acuerdo a la Norma técnica E.030-2020; en la presente investigación los resultados obtenidos del programa al realizar el análisis con el modelo empotrado son cercanos a los obtenidos en el cálculo manual, sin embargo al considerar la interacción suelo estructura, los periodos sobrepasan lo especificado.

El análisis es adecuado ya que al considerar el modelo empotrado, los periodos se asemejan a los resultados obtenidos del cálculo manual en base a la norma técnica E.030-2020.

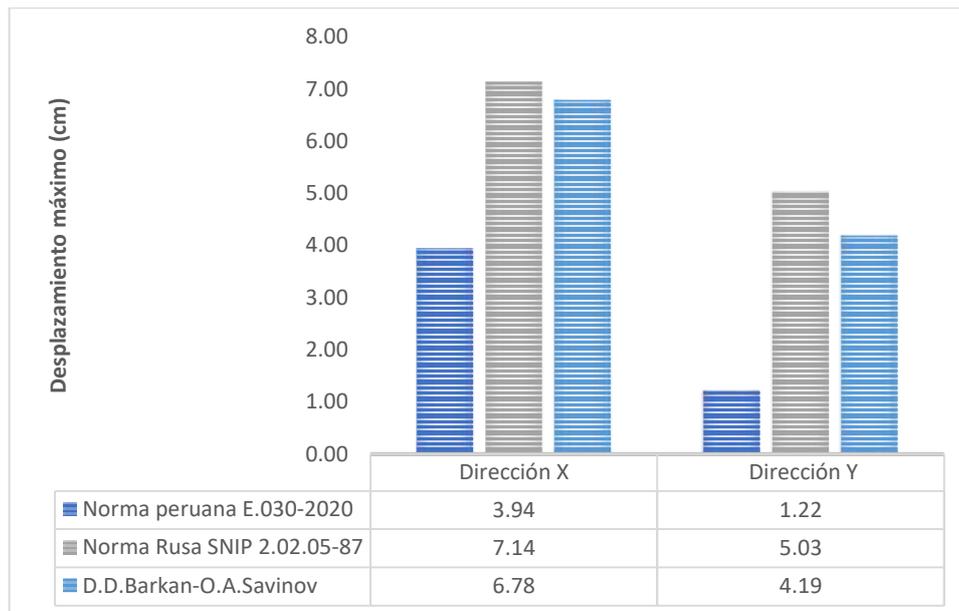
**Objetivo específico 2:** Determinar la variación de los desplazamientos laterales, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022.

Para Franco & Gálvez (2021), en los resultados de su trabajo de investigación, se obtuvo un aumento promedio de los desplazamientos laterales máximos al considerar la interacción suelo estructura de 79.81% y 206.98% en las direcciones “X” e “Y” respectivamente con el modelo dinámico D.D.Barkan-O.A.Savinov, así como un incremento de 95.23% y 172.91% con el modelo dinámico Norma Rusa

respecto al modelo tradicional con base empotrada, los promedios de los desplazamientos laterales máximos se observan a continuación .(ver grafico)



En el presente trabajo de investigación se tuvo un ascenso promedio de los desplazamientos laterales máximos presentados en cada nivel de 3.94cm en la dirección "X" y de 1.22 cm en la dirección "Y" con el modelo tradicional, así como 7.14cm y 5.03cm con el modelo dinámico Norma Rusa significando un incremento de 87.33% y 320.56% respectivamente, y de 6.78cm y 4.19cm con el modelo dinámico D.D. Barkan -O.A. Savinov incrementando en 78.48% y 248.84% respectivamente. (ver gráfico)



Para Franco & Gálvez (2021), en promedio se obtuvo un incremento de 87.02% en “X” y de 189.94% en “Y” al considerar la interacción suelo estructura, mientras que en la presente investigación se tuvo un ascenso de 82.90% en “X” y de 284.70% en la dirección “Y”.

El análisis es adecuado ya que existe aumento de los desplazamientos laterales en todos los niveles, acentuándose más en el modelo dinámico Norma Rusa, es consistente ya que existe un aumento del periodo de vibración.

**Objetivo específico 3:** Determinar la modificación de las distorsiones de entrepiso, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022

Para Franco & Gálvez (2021), en los resultados de su trabajo de investigación, se consiguió una ampliación promedio de la distorsión de entrepiso al considerar la interacción suelo estructura de 37.5% y 12.5% en las direcciones “X” e ”Y” respectivamente con el modelo dinámico D.D.Barkan-O.A.Savinov, así como un incremento de 37.5% y 25% con el modelo dinámico Norma Rusa respecto al modelo tradicional con base empotrada.

En el presente trabajo de investigación se tuvo un ascenso promedio de la distorsión de entrepiso de 50.19% en la dirección “X” y de 214.26% en la dirección “Y” con el modelo dinámico D.D. Barkan -O. A, mientras que con el modelo dinámico

Norma Rusa se obtiene un incremento de 53.53% en la dirección "X" y de 272.72% en la dirección "Y" respecto a los valores obtenidos con el modelo empotrado.

Para Franco & Gálvez (2021), en promedio se obtuvo un incremento de 37.5% en "X" y de 18.75% en "Y" al considerar la interacción suelo estructura, mientras que en la presente investigación se tuvo un ascenso de 51.86% en "X" y de 243.49% en la dirección "Y".

Los resultados de Franco & Gálvez cumplen con la distorsión máxima establecida en la Norma Técnica E.030 al considerar el empotramiento en la base, sin embargo al realizar el análisis con la base flexible, las distorsiones aumentan sobrepasando el límite establecido en el primer nivel en la dirección "x" con el modelo de Barkan y en el segundo nivel en ambas direcciones con el modelo de la Norma Rusa; por otro lado, en la presente investigación la distorsión de entrepiso es menor que el límite establecido en la norma con el modelo empotrado, mientras que se sobrepasa la distorsión límite en el primer nivel en la dirección "X" con el modelo de Barkan, como también en el primer nivel en ambas direcciones y en el segundo nivel en la dirección "Y" con el modelo de la Norma Rusa.

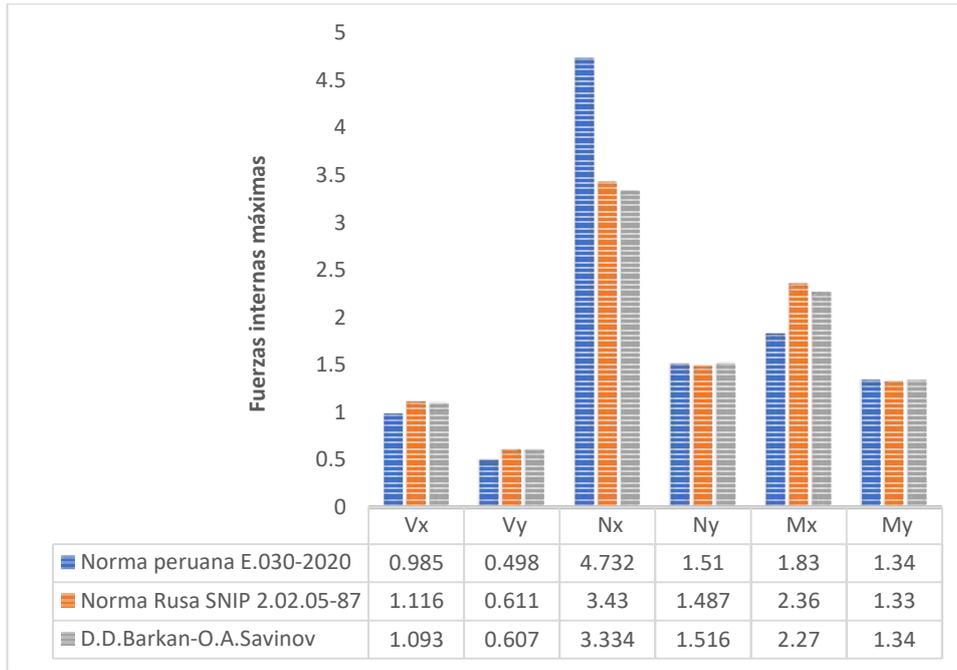
El análisis empleado es adecuado, debido a que existe consistencia en los resultados obtenidos, permitiendo determinar y comparar los valores al considerar la interacción suelo estructura respecto al modelo empotado.

**Objetivo específico 4:** Determinar la variación de las fuerzas internas máximas, considerando la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022.

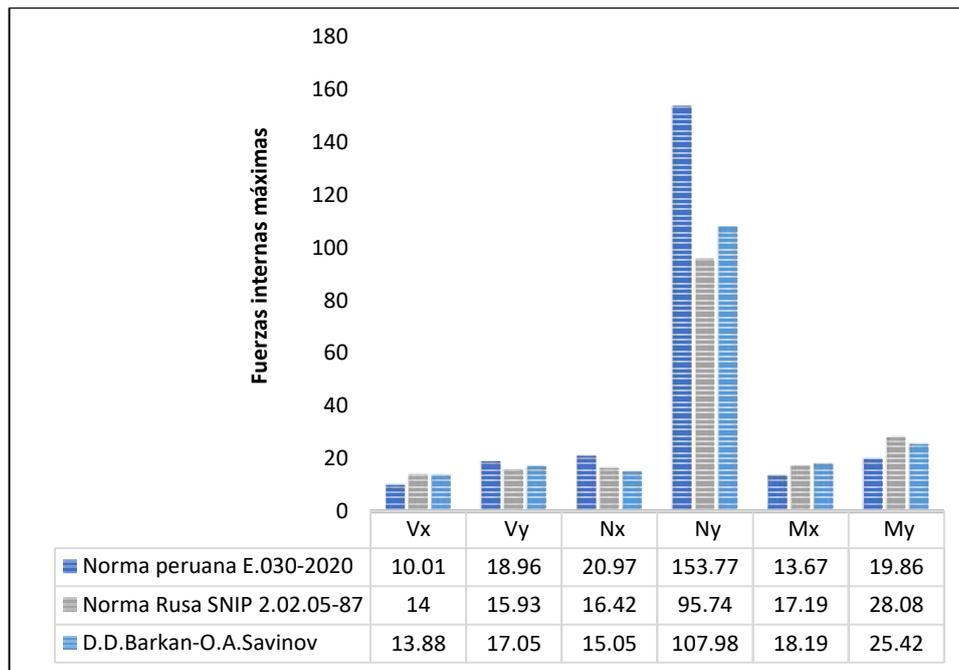
Para Franco & Gálvez (2021), en los resultados de su trabajo de investigación, se obtuvo una reducción importante de las fuerzas internas máximas al tener en cuenta la interacción suelo estructura, de -23.34% y -21.08% en las direcciones "X" e "Y" respectivamente de la fuerza cortante, -12.94% y -8.24% de la fuerza axial y de -36.61% y -37.35% del momento flector con el modelo dinámico D.D.Barkan-O.A.Savinov, así como una disminución de -25.14% y -27.71% en las direcciones "X" e "Y" respectivamente de la fuerza cortante, -23.98% y -15.49% de la fuerza axial y de -42.72% y -38.25% del momento flector con el modelo dinámico Norma Rusa respecto al modelo tradicional con base empotrada. (ver gráfico)



Por otro lado Ocas y Lopez (2021), en su trabajo de investigación obtuvieron un aumento de las fuerzas cortantes tanto para el sismo en X como para Y, de 10.86% y 21.89% con el modelo dinámico de Barkan, mientras que de 13.30% y 22.69% con el modelo dinámico Norma Rusa, además de una reducción de las fuerzas axiales de -29.54% analizando el sismo en la dirección X, mientras que un aumento de 0.40% analizando el sismo en la dirección Y con el modelo dinámico de Barkan, mientras que con el modelo dinámico Norma Rusa se obtuvo una reducción de -27.51% y -1.52% en las direcciones de análisis X y Y. Finalmente obtuvieron un incremento del momento flector de 24.04% con el sismo en X, mientras que con el sismo en la dirección Y el momento flector se mantuvo estable con el modelo de Barkan, y con el modelo Norma Rusa se presentó un incremento de 28.96% con el sismo en X, y una reducción de -0.75% con el sismo en Y. (ver gráfico)



En la presente investigación se obtuvo el incremento de la fuerza cortante máxima al considerar la interacción suelo estructura analizando el sismo en X, así como su reducción en la dirección Y de 38.66% y -10.07% respectivamente, se obtuvo además una disminución de -9.35% y -37.43% de la fuerza axial y un aumento de 33.07% y 28.00% del momento flector con el modelo dinámico D.D.Barkan-O.A.Savinov, además de ello, se obtuvo un incremento de 39.86% como una reducción de -15.98% en las direcciones "X" e "Y" respectivamente de la fuerza cortante, una disminución de -21.70% y -37.74% de la fuerza axial así como un aumento de 25.75% y 41.39% del momento flector con el modelo dinámico Norma Rusa respecto al modelo tradicional con base empotrada. (ver gráfico)



Para Franco & Gálvez (2021), en promedio se obtuvo una reducción de las fuerzas cortantes de -24.24% en la dirección “X” y de -24.40% en la dirección “Y”, una disminución de las fuerxas axiales de -18.46% en la dirección “X” y de -11.87% en la dirección “Y” y una reducción del momento flector de -39.67% en la dirección “X” y de -37.80% en la dirección “Y” al considerar la interacción suelo estructura, mientras que en la presente investigación se tuvo un ascenso de las fuerzas cortantes de 39.26% en la dirección “X” y un desenso de -13.03% en la dirección “Y”, una disminución de las fuerxas axiales de -15.52% en la dirección “X” y de -37.59% en la dirección “Y” y un aumento del momento flector de 29.41% en la dirección “X” y de 34.69% en la dirección “Y” respecto a los valores obtenidos del modelo empotrado.

## VI. CONCLUSIONES

1. La consideración de la interacción suelo estructura influye significativamente en el comportamiento sísmico de la edificación evaluada, con un incremento promedio en la dirección X de 36.73%, y en la dirección Y de 101.34%.
2. Respecto al periodo de vibración obtenido a partir del análisis sísmico se tiene lo siguiente:
  - El periodo de vibración incrementa más con la aplicación del modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, en el que se tuvo un incremento promedio de 33.53% en la dirección "X" y de 105.45% en la dirección "Y", mientras que con la aplicación del modelo dinámico D.D.Barkan-O.A.Savinov se tuvo una ampliación de 31.44% en la dirección "X" y de 86.06% en la dirección "Y".
  - Al considerar la interacción suelo estructura se observa un incremento de hasta 32.49% en la dirección "X" y de 95.76% en la dirección "Y" respecto al modelo empotrado, por lo que se acepta que existe una alteración significativa del periodo de vibración.
3. De los desplazamientos laterales obtenidos al realizar el análisis sísmico de la edificación esencial se concluye que:
  - Existe un incremento, siendo superior con la aplicación del modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, en el que se tuvo una variación promedio de 87.33% en la dirección "X" y de 320.56% en la dirección "Y", mientras que con la aplicación del modelo dinámico D.D.Barkan-O.A.Savinov se tuvo una ampliación de 78.48% en la dirección "X" y de 248.84% en la dirección "Y", valores por debajo de los obtenidos con el modelo anterior.
  - Al considerar la interacción suelo estructura se presenta un incremento de hasta 82.90% en la dirección "X" y de 284.70% en la dirección "Y" respecto al modelo empotrado, concluyendo así, que existe una variación notable en los desplazamientos laterales.
4. De las distorsiones de entrepiso máximas obtenidas a partir del análisis sísmico de la edificación esencial se tiene que:
  - Se da un incremento promedio de 53.53% en la dirección "X" y de 272.72% en la dirección "Y" teniendo en cuenta el modelo dinámico Norma Rusa con respecto a los valores obtenidos del modelo empotrado, mientras que de 50.19% en la dirección "X" y de 214.26% en la dirección "Y" con el modelo D.D

Barkan-O.A Savinov, siendo más notoria la variación en el primer nivel donde se sobrepasan las las derivas máximas especificadas en el RNE E.030, concluyendo además que se presentan mayores valores al considerar el modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.06-87.

- Al considerar la interacción suelo estructura se presenta un incremento de hasta 51.86% en la dirección “X” y de 243.49% en la dirección “Y” respecto al modelo empotrado, por lo que se acepta que la modificación de la distorsión de entrepiso es notoria.
5. Respecto a las fuerzas internas máximas generadas a partir de análisis sísmico de la edificación esencial se presenta lo siguiente:
- Al considerar la interacción suelo estructura mediante los modelos dinámicos, se tuvo en promedio un incremento de la fuerza cortante en la dirección de análisis X de 39.26%, mientras que en la dirección Y se presento una reducción de -13.03%, por otro lado, respecto a la fuerza axial máxima, se tuvo una reducción promedio de -15.52% y -37.59% en las direcciones de análisis X y Y respectivamente, finalmente se obtuvo el aumento del momento flector máximo presentado de 29.41% y 34.69% en las direcciones de análisis X y Y respectivamente, concluyendo así que efectivamente existe una variación relevante con respecto a los valores obtenidos del modelo empotrado.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar el estudio de mecánica de suelos, de esta forma determinar los valores requeridos para llevar a cabo el análisis con la incorporación de la interacción suelo estructura, ya que ambos modelos utilizados consideran características geotécnicas del suelo de fundación.
2. Incorporar en el análisis de futuras edificaciones el trabajo conjunto entre el suelo y la superestructura evitando aislarla rigidizando la base, pudiéndose reestructurar el proyecto debido a que ofrece un comportamiento cercano a la realidad, haciéndose más indispensable ante la presencia de suelos blando e intermedios debido a que las ondas sísmicas se intensifican en tales condiciones, encontrándonos ante la inminente llegada de un sismo de gran magnitud a la costa peruana.
3. Se recomienda realizar investigaciones considerando diversos modelos dinámicos con el fin de determinar a detalle el modelo que presenta mejores resultados y el que más se asemeja con la realidad a fin de que se vaya implementando en la Norma E.030 "Diseño sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones.
4. Se recomienda ampliar las investigaciones para diferentes tipos de cimentación, pues es muy interesante la incorporación de la interacción suelo estructura para cimentaciones profundas como para diferentes tipos de zapatas ya que esta investigación se llevó a cabo para zapatas aisladas.

## REFERENCIAS

- ARANCIBIA , D. A. (2020). *Estudio del efecto de la interacción suelo-estructura en edificios bajos de albañilería*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177340>
- ARIAS, F. (2012). *El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica* (sexta ed.). Caracas, Venezuela : EPIESTEME, C.A.
- AVILES, J. (1999). Interacción suelo-estructura:Conceptos de diseño. *Revista de Ingeniería Sísmica*(61), 23-55. Obtenido de <https://smis.mx/index.php/RIS/article/download/243/181/>
- BAZÁN, E., & MELI, R. (2004). *Diseño sísmico de edificios* . LIMUSA .
- CAUAS, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. 2, 1-11.
- CORRATGÉ , Z., PHALA, J., COBELO, W., & MARTÍNEZ, J. (2020). Influencia de la altura en la respuesta estructural de una edificación considerando la interacción suelo-estructura . *Ciencia & Futuro*, 130-148.
- CRESPO, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (5° ed ed.). Mexico: LIMUSA.
- CRISAFULLI, F. (2018). *DISEÑO SISMORRESISTENTE DE CONSTRUCCIONES DE CAERO* (5° ed.). Mendoza , Argentina : alacero .
- ECHÉ VIDAL, L. E., & PÉREZ PÉREZ, G. F. (2018). *Análisis del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales aplicando la interacción suelo-estructura (Condominio Los Girasoles-Comas-Lima)*. Lima: Universidad San Martín de Porres.
- FRANCO, T., & GÁLVEZ, Z. D. (2021). *Análisis de la interacción suelo-estructura para cimentaciones superficiales de vivienda de dos pisos sobre relleno antrópico, Cieneguilla-Lima 2021*. Lima : Universidad César Vallejo .
- GALVEZ, A., & MSC. ADGABI y Asociados SAC . (2007). *El análisis no lineal dinámico y su aplicación en la simulación de respuestas estructurales*.

- Recuperado el 7 de 02 de 2019, de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2007/11/ANLD-y-Respuestas-Estructurales.pdf>
- GARCÍA , L. E. (1998 ). *DINÁMICA ESTRUCTURAL APLICADA AL DISEÑO SÍSMICO* . Bogotá, Colombia : Universidad de los Andes .
- HERNANDEZ , C. E., & CARPIO , N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Revista Alerta*, 2(1), 75-79. doi:<https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ , C., & BAPTISTA, P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Sexta ed.). Mexico: Mc Graw Hill Education.
- LÓPEZ, N., & et, a. (2022). A Structural Design Comparison Between Two Reinforced Concrete Regular 6-Level Buildings using Soil-Structure Interaction in Linear Range. *Ingeniería e Investigación*, vol. 42(No.1).
- LOZADA, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CienciaAmerica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamericana*, 34-39.
- MEJÍA , N. A. (2018). *Análisis de interacción suelo estructura en conjunto con un análisis push over en una edificación de 10 pisos en pórticos de concreto, en zonas lacustres de la microzonificación sísmica de Bogotá*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Grana. doi:<http://hdl.handle.net/10654/20633>
- NORABUENA, E. (22 de 03 de 2018). Investigación Científica y Movimientos Sísmicos. *coloquio CIENCIA Y SOCIEDAD*.
- NORMA E.020. (2020). *Cargas*. Lima: SENCICO. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- NORMA E.030. (2020). *Diseño sismorresistente*. Lima, Perú: SENCICO. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- NORMA E.060. (2020). *Concreto armado*. Lima: SENCICO. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

- NORMA E.070. (2020). *Albañilería*. Lima: SENCICO. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- OCAS, M., & LÓPEZ, W. (2021). *COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL AL INCORPORAR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA DE UNA EDIFICACIÓN DE CUATRO NIVELES EN LA MOLINA-CAJAMARCA*. Cajamarca : Universidad Privada del Norte .
- ORTEGA, A. (2018). *ENFOQUES DE INVESTIGACIÓN*. México : Universidad de Colima . Obtenido de <https://recursos.ucol.mx/tesis/index.php>
- PEÑAFIEL , L. S. (2019). *ANÁLISIS SÍSMICO COMPARATIVO DE UN EDIFICIO DE MEDIANA ALTURA CONSIDERANDO EL SISTEMA DE BASE FIJA VERSUS LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA*. Manabí: Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- TAVERA, H. (2014). *EVALUACIÓN DEL PELIGRO ASOCIADO A LOS SISMOS Y EFECTOS SECUNDARIOS EN PERÚ*. Lima: Instituto Geofísico del Perú. Obtenido de <https://www.gob.pe/igp>
- VILLANUEVA , H. (2018). *Influencia del suelo arenoso en el comportamiento estructural de una edificación de albañilería confinada de 5 pisos en Ventanilla, 2018*. Lima : Universidad Cesar Vallejo .
- VILLAREAL , G. (2009). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas* . Lima : ASAMBLEA NACIONAL DE RECTORES .
- VILLARREAL, G., CERNA, M., & ESPINOZA, C. (2021). SEISMIC INTERACTION OF SOIL-STRUCTURE IN BUILDINGS WITH LIMITED DUCTILITY WALLS ON FOUNDATION PLATES. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, vol. 26, 153-178.

## Anexo 1. Matriz de Consistencia

**TITULO:** "Comportamiento sísmico de una edificación esencial considerando la Interacción suelo estructura en el distrito de Santiago, Ica - 2022"

**AUTOR:** Br. Reynaga Fernández, Marycarmen

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>problema general</b> ¿Cómo influye la interacción suelo en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?	<b>Objetivo general</b> Evaluar la influencia de la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022	<b>Hipótesis general</b> La influencia de la interacción suelo estructura es notable en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022.	INDEPENDIENTE	Interacción suelo-estructura	Modelo dinámico de interacción D.D. Barkan - O.A. Savinov	Coefficientes de rigidez $K_x; K_y; K_z$ (t/m)	Planos EMS
<b>problemas específicos</b> ¿Qué tanto se alteran los periodos de vibración, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?	<b>Objetivos específicos</b> Determinar la alteración de los periodos de vibración, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022	<b>Hipótesis específicas</b> La alteración de los periodos de vibración, es significativa, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022				Coefficientes de rigidez $K_{\varphi x}; K_{\varphi y}$ (tn.m)	
<b>problemas específicos</b> ¿En cuánto varían los desplazamientos laterales, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?	<b>Objetivos específicos</b> Determinar la variación de los desplazamientos laterales, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022	<b>Hipótesis específicas</b> La variación de los desplazamientos laterales, es notable, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022				Coefficientes de rigidez $K_x; K_y; K_z$ (tn/m)	
<b>problemas específicos</b> ¿Qué tanto se modifican las distorsiones de entrepiso, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?	<b>Objetivos específicos</b> Determinar la modificación de las distorsiones de entrepiso, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022	<b>Hipótesis específicas</b> La modificación de las distorsiones de entrepiso, es notoria, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022			Coefficientes de rigidez $K_{\varphi x}; K_{\varphi y}; K_{\varphi z}$ (tn.m)		
<b>problemas específicos</b> ¿Cómo varían las fuerzas internas máximas, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022?	<b>Objetivos específicos</b> Determinar la variación de las fuerzas internas máximas, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022	<b>Hipótesis específicas</b> La variación de las fuerzas internas máximas, es relevante, considerando la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de una edificación esencial en el distrito de Santiago, Ica-2022			DEPENDIENTE	Comportamiento sísmico de una edificación	
						Desplazamiento lateral (m)	
						Distorsión de entrepiso (adim)	
						Fuerzas internas máximas (tn/tn.m)	

## Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables

**TITULO:** "Comportamiento sísmico de una edificación esencial considerando la Interacción suelo estructura en el distrito de Santiago, Ica - 2022"

**AUTOR:** Br. Reynaga Fernandez, Marycarmen

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Interacción suelo-estructura	Se define como un conjunto de efectos cinemáticos e inerciales producidos en la estructura y el suelo como resultado de la flexibilidad presente en éste último ante solicitaciones dinámicas	La variable se operacionaliza mediante dos modelos dinámicos de interacción, cada uno considera un modo de cálculo de los coeficientes de rigidez que actúan en el centroide de la zapata, considerando así las propiedades elásticas del suelo ya que este no es infinitamente rígido.	Modelo dinámico de interacción D.D. Barkan - O.A. Savinov	Coeficientes de rigidez $K_x; K_y; K_z$ (t/m)	De razón	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Explicativo.</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> Cuasi – Experimental.</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo.</p> <p><b>Población:</b> Edificaciones esenciales</p> <p><b>Muestra:</b> Institución Educativa Sebastian Barranca</p> <p><b>Muestreo:</b> Muestreo no probabilístico intencional</p> <p><b>Técnica:</b> <b>Instrumento de recolección de datos:</b> Fichas de recolección de datos</p>
			Modelo dinámico de interacción Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	Coeficientes de rigidez $K_{\varphi x}; K_{\varphi y}$ (tn.m)		
			Modelo dinámico de interacción Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	Coeficientes de rigidez $K_x; K_y; K_z$ (tn/m)		
			Modelo dinámico de interacción Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	Coeficientes de rigidez $K_{\varphi x}; K_{\varphi y}; K_{\psi z}$ (tn.m)		
Comportamiento sísmico de una edificación	Es la respuesta de una estructura en función de un evento sísmico, dimensionado a partir de un análisis sísmico dinámico, debido a que éste tiene como propósito efectuar una aproximación de dicha respuesta frente a ondas vibratorias.	La variable se operacionaliza a través del análisis dinámico modal espectral, para así llegar a observar las variaciones que se dan en los periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones y fuerzas internas.	Análisis dinámico modal espectral	Periodos de vibración	De razón	
				Desplazamiento lateral		
				Distorsión de entrepiso		
				Fuerzas internas máximas		

## Anexo 3. Validación del instrumento de recolección de datos

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: CUBA HUAMANI, FRANKLIN CIRILO

Nro. de registro CIP : 168764

Especialidad : INGENIERÍA CIVIL

Autor del instrumento: Br. Marycarmen Reynaga Fernandez

Instrumentos de evaluación: Ficha de recolección de datos

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (0,01-1,00)	DEFICIENTE (1,01-2,00)	ACEPTABLE (2,01-3,00)	BUENA (3,01-4,00)	EXCELENTE (4,01-4,99)	VALORACIÓN PERFECTA (5)
-------------------------------	---------------------------	--------------------------	----------------------	--------------------------	-------------------------------

CRITERIOS	INDICACIONES	PUNTAJE
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.	4
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: comportamiento sísmico de una edificación, en todas sus dimensiones e indicadores conceptuales y operacionales.	5
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: comportamiento sísmico de una edificación	5
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis problema y objetivos de la investigación	5
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y claridad acorde con la variable: comportamiento sísmico de una edificación, dimensiones e indicadores.	4
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.	5
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.	4
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: comportamiento sísmico de una edificación.	5
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.	5
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.	5
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>47</b>

Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando tiene un puntaje mínimo de 41, sin embargo, un puntaje menor al anterior considera al instrumento no válido ni aplicable.

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es aplicable y técnicamente suficiente la ficha de recolección de datos elaborada. Sin embargo se puede aprovechar también los resultados para evaluar el efecto de torsión en los elementos estructurales.

PROMEDIO DE VALORACIÓN

4.7

lca, 25 de febrero del 2022

FRANKLIN CIRILO  
CUBA HUAMANI  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 168764

**I. DATOS GENERALES**

**Apellidos y nombres del experto:** Angel Rosan Huanca Borda  
**Nro. de registro CIP** : 53304  
**Especialidad** : Ingeniero Civil  
**Autor del instrumento:** Br. Marycarmen Reynaga Fernandez  
**Instrumentos de evaluación:** Ficha de recolección de datos

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE** (0,01-1,00)    **DEFICIENTE** (1,01-2,00)    **ACEPTABLE** (2,01-3,00)    **BUENA** (3,01-4,00)    **EXCELENTE** (4,01-4,99)    **VALORACIÓN PERFECTA** (5)

CRITERIOS	INDICACIONES	PUNTAJE
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.	4
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: comportamiento sísmico de una edificación, en todas sus dimensiones e indicadores conceptuales y operacionales.	4
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: comportamiento sísmico de una edificación	4
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis problema y objetivos de la investigación	4,5
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y claridad acorde con la variable: comportamiento sísmico de una edificación, dimensiones e indicadores.	4,5
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.	4,5
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.	5
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: comportamiento sísmico de una edificación.	4,5
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.	5
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.	5
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>45</b>

Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando tiene un puntaje mínimo de 41, sin embargo, un puntaje menor al anterior considera al instrumento no válido ni aplicable.

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**PROMEDIO DE VALORACIÓN**

4,5

Ica, 25 de febrero del 2022

  
ANGEL ROSAN HUANCA BORDA  
Msc. INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 53304

**I. DATOS GENERALES**

**Apellidos y nombres del experto:** Luis Enrique Mina Aparicio  
**Nro. de registro CIP** : 44685  
**Especialidad** : Ingeniero Civil  
**Autor del instrumento:** Br. Marycarmen Reynaga Fernandez  
**Instrumentos de evaluación:** Ficha de recolección de datos

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

<b>MUY DEFICIENTE</b> (0,01-1,00)	<b>DEFICIENTE</b> (1,01-2,00)	<b>ACEPTABLE</b> (2,01-3,00)	<b>BUENA</b> (3,01-4,00)	<b>EXCELENTE</b> (4,01-4,99)	<b>VALORACIÓN PERFECTA</b> (5)
--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	---------------------------------	-----------------------------------

CRITERIOS	INDICACIONES	PUNTAJE
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.	5
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: comportamiento sísmico de una edificación, en todas sus dimensiones e indicadores conceptuales y operacionales.	4,5
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: comportamiento sísmico de una edificación	4,5
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis problema y objetivos de la investigación	5
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y claridad acorde con la variable: comportamiento sísmico de una edificación, dimensiones e indicadores.	4
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.	4,5
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.	4,5
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: comportamiento sísmico de una edificación.	4,5
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.	5
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.	5
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>46,5</b>

Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando tiene un puntaje mínimo de 41, sin embargo, un puntaje menor al anterior considera al instrumento no válido ni aplicable.

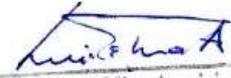
**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

-----  
-----  
-----

**PROMEDIO DE VALORACIÓN**

4,65

Ica, 25 de febrero del 2022

  
Luis Enrique Mina Aparicio  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 44685



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 177 - 2022

Página : 1 de 3

Expediente : 029-2022  
Fecha de emisión : 2022-03-02

1. Solicitante : ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNICO DE SUELOS S.A.C.  
Dirección : MZA. K LOTE. 16 P.J. ANDRES AVELINO CACERES - PARCONA - ICA

2. Descripción del Equipo : CELDA DE CARGA Y PESAS PARA CORTE DIRECTO

Marca de Corte Directo : PERUTEST  
Modelo de Corte Directo : PT-CD  
Serie de Corte Directo : 1035

Marca de Celda : MAVIN  
Modelo de Celda : NS1-500kg  
Serie de Celda : e8303038  
Capacidad de Celda : 500 kg

Marca de Indicador : PERUTEST  
Modelo de Indicador : NO INDICA  
Serie de Indicador : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración  
MZA. K LOTE. 16 P.J. ANDRES AVELINO CACERES - PARCONA - ICA  
01 - MARZO - 2022

4. Método de Calibración  
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

#### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0994 - 001 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

#### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	28,2	28,2
Humedad %	65	65

7. Resultados de la Medición  
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

#### 8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 177 - 2022

Página : 2 de 3

**TABLA N° 1**

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
25	24,80	24,85	0,80	0,60	24,83	0,70	-0,20
50	49,60	49,90	0,80	0,20	49,75	0,50	-0,60
75	74,70	74,80	0,40	0,27	74,75	0,33	-0,13
100	99,70	99,70	0,30	0,30	99,70	0,30	0,00
125	124,60	124,80	0,32	0,16	124,70	0,24	-0,16
150	149,70	149,70	0,20	0,20	149,70	0,20	0,00
175	174,80	174,80	0,11	0,11	174,80	0,11	0,00
200	199,50	199,70	0,25	0,15	199,60	0,20	-0,10

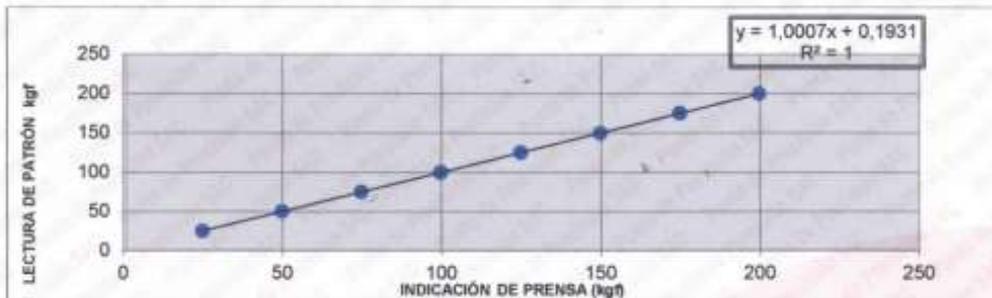
**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

- 1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
- 2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- 3.- Coeficiente Correlación :  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 1,0007x + 0,1931$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
 y : Fuerza promedio (kgf)



**GRÁFICO DE ERRORES**



Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 177 - 2022

Página : 3 de 3

## PESAS DE CORTE DIRECTO

IDENTIFICACIÓN	VALOR NOMINAL g	VALOR DETERMINADO g	CORRECCIÓN g
1	1500	1500	0,0
2	1500	1500	0,0
3	1500	1500	0,0
4	1500	1500	0,0
5	1500	1500	0,0
6	1500	1500	0,0
7	1500	1505	-5,0
8	1500	1505	-5,0

FIN DEL DOCUMENTO

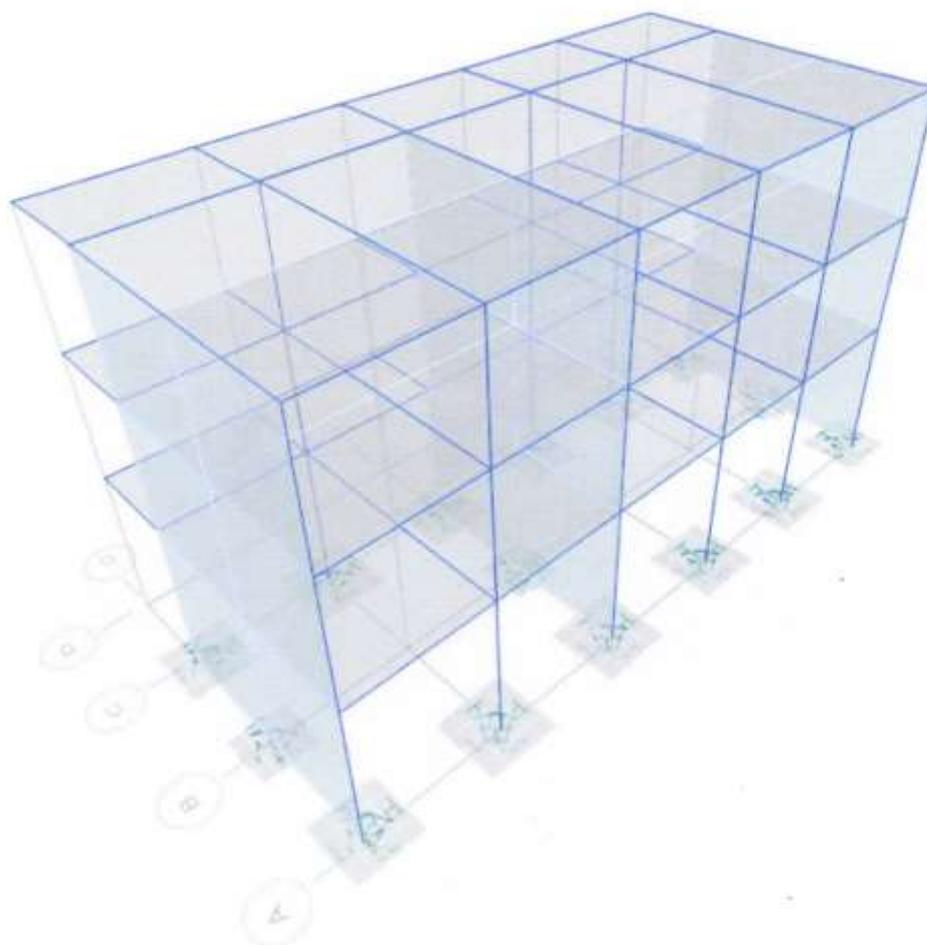


  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

**"COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL  
CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL  
DISTRITO DE SANTIAGO, ICA 2022"**



**Descripción del proyecto:**

Se presenta una edificación de planta regular de un pabellón de la Institución Educativa Sebastián Barranca, sin sótanos, posee tres niveles, el modelado esta realizado según lo especificado en los planos de arquitectura y estructuras correspondientes a la edificación y mediante el software Etabs V.19.

*Luis Enrique Mina Aparicio*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 44683

### Sistema estructural:

La modelación se define en base a lo especificado según la norma RNE E.030 (2020) "Diseño sismorresistente", presenta un sistema estructural de concreto armado (pórticos) en la dirección (XX) y un sistema estructural de albañilería confinada en la dirección (YY), correspondiéndole un valor de coeficiente básico de reducción de Fuerzas sísmicas de 8 y 3 respectivamente; es decir  $R_{ox}=8$  y  $R_{oy}=3$ .

Posee columnas en L, T y rectangulares, todas las vigas son rectangulares, posee además muros de 25cm de espesor y losa aligerada de 20cm de espesor. La estructura alcanza una altura de 11.90m, presenta tres plantas con un primer nivel de 4.5m y plantas típicas de 3.70m.

### Tipo de sistema de fundaciones:

Según lo especificado en los planos de estructurales, la cimentación está constituida por zapatas aisladas de 0.70m de espesor, con una profundidad de desplante de 1.60m conectadas con vigas de cimentación.

### Materiales utilizados:

- Concreto (primer y segundo nivel)  $f'c=280\text{kg/cm}^2$
- Concreto (tercer nivel)  $f'c=210\text{kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo (ASTM-G60)  $f_y=4200\text{kg/cm}^2$
- Albañilería confinada  $f'b=145\text{ kg/cm}^2$

### Normas para el análisis:

- RNE E.020 "Cargas"
- RNE E.030 "Diseño sismorresistente"
- RNE E.060 "Concreto armado"
- RNE E.070 "Albañilería"

### Acciones consideradas en la estructura:

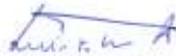
- Se consideran las cargas muertas adicionales y las cargas vivas, en función a la normativa vigente y especificaciones tomadas de los planos.

Carga muerta CM (kg/m2)				
	Aulas	Biblioteca	Almacén de libros	Corredores
CM-Bloques	90	90	90	90
CM-Acabados	100	100	100	100
Total	190	190	190	190
Carga viva CV (kg/m2)				
CV-Entrepiso	250	350	750	400
Total	250	350	750	400

  
Luis Enrique Mina Aparicio  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N° 44685

- Se consideran los parámetros sísmicos según la norma RNE E.030 y son los siguientes:

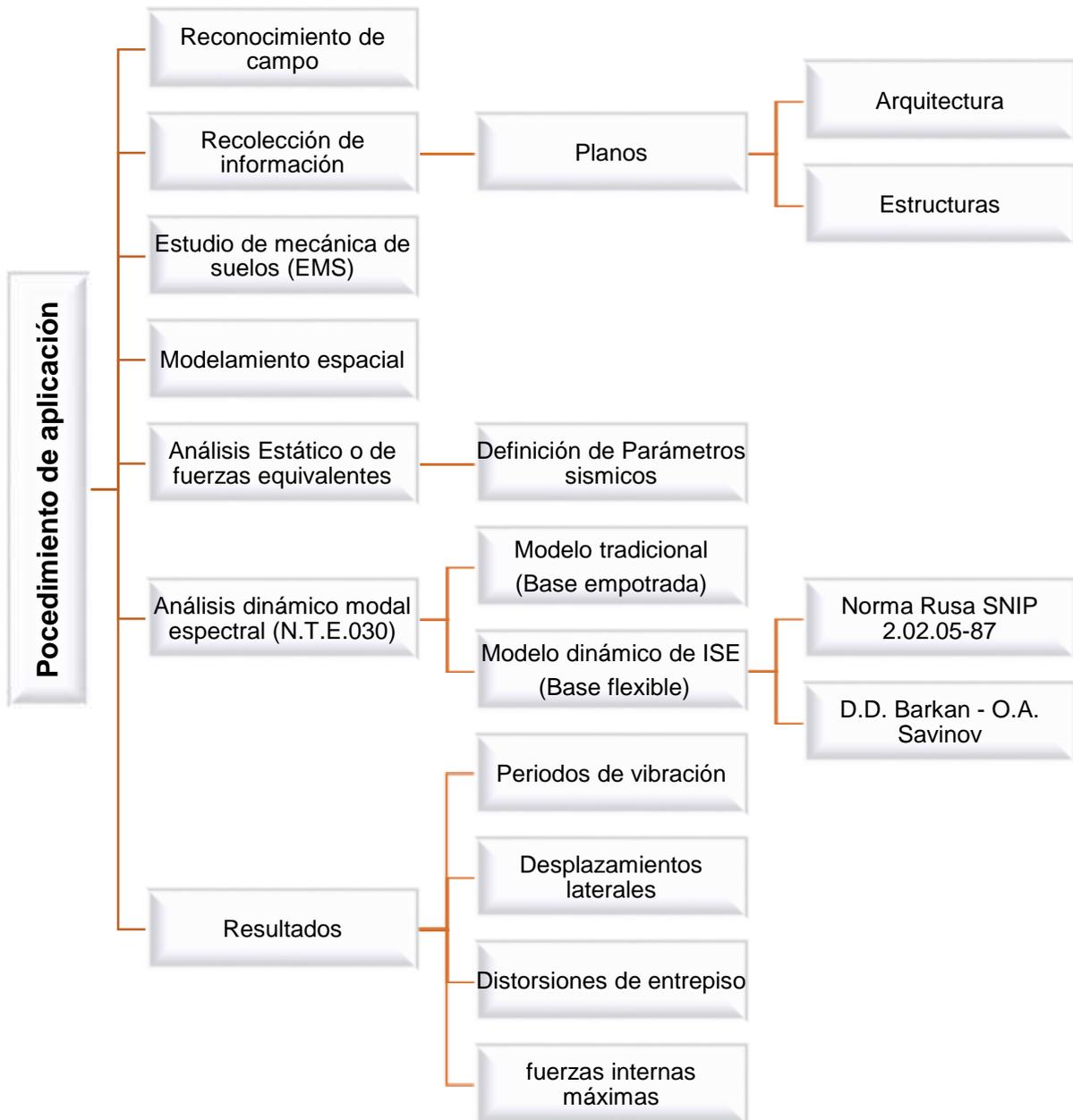
Zona sísmica (Z4)		
Factor de zona	Z	0.45
Factor de suelo	S	1.10
Factor de uso	U	1.5
Categoría de la edificación	Edificación esencial	A
Periodo fundamental del suelo	Tp	1.0
Periodo límite de comportamiento inelástico	TL	1.6
Irregularidad en altura	ninguna	1
Irregularidad en planta	ninguna	1

  
 Luis Enrique Mina Aparicio  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 44685

#### Anexo 4. Cuadro de dosificación y resultados de antecedentes

AUTOR	TITULO	AÑO	SOFTWARE	MODELO DINÁMICO	PERIODO DE VIBRACIÓN	DESPLAZAMIENTO LATERAL (mm)		DISTORSIÓN DE ENTREPISO		FUERZAS INTERNAS MÁXIMAS (tn/tn/tn.m)					
						X	Y	X	Y	V <sub>máx</sub> (X-X)	V <sub>máx</sub> (Y-Y)	N <sub>máx</sub> (X-X)	N <sub>máx</sub> (Y-Y)	M <sub>máx</sub> (X-X)	M <sub>máx</sub> (Y-Y)
Marleny OCAS LLANOS; Willan Omar LOPEZ CAMPOS	Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo-estructura en una edificación de cuatro niveles en La Molina-Cajamarca	2021	SAP2000	BARKAN	10.03%	16.96%	10.57%	20.00%	-40.00%	10.86%	21.89%	-29.54%	0.40%	24.04%	0.00%
				NORMA RUSA	8.24%	14.36%	8.38%	20.00%	-30.00%	13.30%	22.69%	-27.51%	-1.52%	28.96%	-0.75%
Tania Katherine FRANCO MALLMA; Zunnia Deborah GÁLVEZ CAMPOS	Análisis de la interacción suelo-estructura para cimentaciones superficiales de dos pisos sobre relleno antrópico Cieneguilla-Lima	2021	ETABS	BARKAN	28.06%	90.48%	140.19%	50.00%	0.00%	-23.34%	-21.08%	-12.94%	-8.24%	-36.61%	-37.35%
				NORMA RUSA	28.44%	44.32%	200.48%	50.00%	20.00%	-25.14%	-27.71%	-23.98%	-15.49%	-42.73%	-38.25%
Luis Enrique ECHE VIDAL; Giovanni Francescol PÉREZ PÉREZ	Análisis del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales aplicando la interacción suelo-estructura (Condominio Los Girasoles-Comas Lima)	2018	ETABS	BARKAN	43.14%	6.77%	40.90%	0.00%	28.57%	0.29%	-18.73%			-30.81%	-4.32%
				NORMA RUSA	27.70%	2.99%	27.20%	0.00%	28.57%	-1.90%	-14.66%			-23.09%	-3.47%

## Anexo 5. Procedimientos



## CÁLCULO DE PARAMETROS SÍSMICOS

### FACTOR DE ZONA (Z) :

Región : Ica  
 Provincia : Ica  
 Distrito : Santiago

Debido a que el colegio se encuentra ubicado dentro de la zona 4 le corresponde un factor de zona de **Z=0.45**

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.1



### FACTOR DE SUELO (S)

La edificación se encuentra en la zona 4 y en base a lo obtenido del Estudio de Mecánica de suelos se determinó que el perfil del suelo es de tipo S3 "suelos blandos" por lo que el factor de suelo es **S=1.10**

FACTOR DE SUELO "S"				
Zona	Suelo			
	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

### FACTOR DE USO (U)

La edificación considerada es una Institución Educativa, por lo que le corresponde la categoría A ya que se encuentra considerada como una edificación esencial y su factor de uso corresponde a **U=1.5**

CATEGORÍA		FACTOR U
A	Edificaciones esenciales	1.5
B	Edificaciones importantes	1.3
C	Edificaciones comunes	1.0
D	Edificaciones temporales	Nota

Nota: En estas edificaciones se provee de resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

**PARAMETROS DE SITIO**

PERIODO FUNDAMENTAL DEL SUELO	TP=1.0
PERIODO LIMITE DE COMPORTAMIENTO INELÁSTICO (TL)	TL=1.6

PERIODOS " TP " Y " TL "				
	PERFIL DEL SUELO			
	S0	S1	S2	S3
Tp (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

**FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA (C)**

El coeficiente se calcula mediante una de las tres estimaciones siguientes:

$T < T_p \quad C = 2.5$ $T_p < T < T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$ $T > T_L \quad C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$	$T = \frac{h_n}{C_t}$
---	-----------------------

- T : Periodo de vibración de la estructura
- hn : Altura total de la edificación

Ct = 35	Pórticos de concreto armado sin muros de corte
	Pórticos ductiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento
Ct = 45	Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras
	Pórticos de acero arriostrados
Ct = 60	Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales

PARA DIRECCIÓN "X"

Ct =	35
hn =	11.9

$$T_x = \frac{h_n}{C_t} \rightarrow T_x = \frac{11.90}{35} \rightarrow T_x = 0.340$$

PARA DIRECCIÓN "Y"

Ct =	60
hn =	11.9

$$T_x = \frac{h_n}{C_t} \rightarrow T_x = \frac{11.90}{60} \rightarrow T_y = 0.198$$

$$T_x < T_p \quad \rightarrow \quad C = 2.5$$

$$0.340 < 1$$

$$T_y < T_p \quad \rightarrow \quad C = 2.5$$

$$0.198 < 1$$

**COEFICIENTE BASICO DE REDUCCIÓN (RO)**

SISTEMAS ESTRUCTURALES		
SISTEMA ESTRUCTURAL	Ro	
CONCRETO ARMADO		
Pórticos	8	(Dirección X)
Dual	7	
De muros estructurales	6	
Muros de ductibilidad limitada	4	
ALBAÑILERIA ARMADA OCONFINADA	3	(Dirección Y)

$$R_{ox} = 8$$

$$R_{oy} = 3$$

## CALCULO DEL ESPECTRO PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO

T (Periodo)	sax	say
0.0	2.276	6.070
0.1	2.276	6.070
0.2	2.276	6.070
0.3	2.276	6.070
0.4	2.276	6.070
0.5	2.276	6.070
0.6	2.276	6.070
0.7	2.276	6.070
0.8	2.276	6.070
0.9	2.276	6.070
1	2.276	6.070
1.1	2.069	5.518
1.2	1.897	5.058
1.3	1.751	4.669
1.4	1.626	4.336
1.5	1.517	4.047
1.6	1.423	3.794
1.7	1.339	3.571
1.8	1.265	3.372
1.9	1.198	3.195
2	1.138	3.035
2.1	1.084	2.890
2.2	1.035	2.759
2.3	0.990	2.639
2.4	0.948	2.529
2.5	0.910	2.428
2.6	0.875	2.335
2.7	0.843	2.248
2.8	0.813	2.168
2.9	0.785	2.093
3	0.759	2.023
3.1	0.734	1.958
3.2	0.711	1.897
3.3	0.690	1.839
3.4	0.669	1.785
3.5	0.650	1.734
3.6	0.632	1.686
3.7	0.615	1.641
3.8	0.599	1.597
3.9	0.584	1.556
4	0.569	1.517
4.1	0.555	1.480
4.2	0.542	1.445
4.3	0.529	1.412
4.4	0.517	1.380
4.5	0.506	1.349
4.6	0.495	1.320
4.7	0.484	1.291

4.8	0.474	1.265
4.9	0.465	1.239
5	0.455	1.214
5.1	0.446	1.190
5.2	0.438	1.167
5.3	0.429	1.145
5.4	0.422	1.124
5.5	0.414	1.104
5.6	0.406	1.084
5.7	0.399	1.065
5.8	0.392	1.047
5.9	0.386	1.029
6	0.379	1.012
6.1	0.373	0.995
6.2	0.367	0.979
6.3	0.361	0.963
6.4	0.356	0.948
6.5	0.350	0.934
6.6	0.345	0.920
6.7	0.340	0.906
6.8	0.335	0.893
6.9	0.330	0.880
7	0.325	0.867
7.1	0.321	0.855
7.2	0.316	0.843
7.3	0.312	0.831
7.4	0.308	0.820
7.5	0.303	0.809
7.6	0.300	0.799
7.7	0.296	0.788
7.8	0.292	0.778
7.9	0.288	0.768
8	0.285	0.759
8.1	0.281	0.749
8.2	0.278	0.740
8.3	0.274	0.731
8.4	0.271	0.723
8.5	0.268	0.714
8.6	0.265	0.706
8.7	0.262	0.698
8.8	0.259	0.690
8.9	0.256	0.682
9	0.253	0.674
9.1	0.250	0.667
9.2	0.247	0.660
9.3	0.245	0.653
9.4	0.242	0.646
9.5	0.240	0.639
9.6	0.237	0.632
9.7	0.235	0.626
9.8	0.232	0.619
9.9	0.230	0.613
10	0.228	0.607

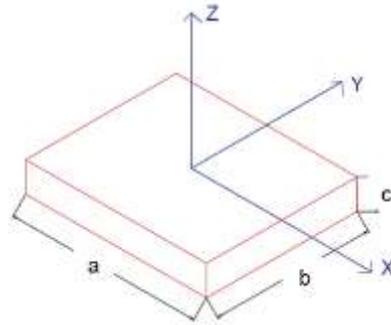
## MODELO SINAMICO DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

### 1) CALCULO DE MASAS ROTACIONALES Y TRASLACIONALES EN EL CENTROIDE DE LA ZAPATA

#### MASAS TRASLACIONALES

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \left[ \frac{P \text{ zapata}}{g} \right]$$

$$\left[ \frac{P \text{ zapata}}{g} \right] = \frac{\gamma * a * b * c}{g}$$



c =	0.7	m
yc =	2.4	tn/m3
g=	9.81	m/seg2

ZAPATA	a	b	Mx	My	Mz
Z-1	2.0	2.0	0.685	0.685	0.685
Z-2	1.8	1.8	0.555	0.555	0.555
Z-3	1.5	1.5	0.385	0.385	0.385
Z-4	2.0	1.4	0.480	0.480	0.480

#### MASAS ROTACIONALES

$$M_{\phi x} = M_t (c/2)^2 + \frac{M_t (b^2 + c^2)}{12}$$

$$M_{\phi y} = M_t (c/2)^2 + \frac{M_t (a^2 + c^2)}{12}$$

$$M_{\psi z} = \frac{M_t (a^2 + b^2)}{12}$$

ZAPATA	a	b	M $\phi$ x	M $\phi$ y	M $\psi$ z
z-1	2.0	2.0	0.340	0.340	0.457
Z-2	1.8	1.8	0.240	0.240	0.300
Z-3	1.5	1.5	0.135	0.135	0.144
Z-4	2.0	1.4	0.157	0.238	0.238

## 2) Cálculo de coeficientes de rigidez-Norma Rusa

$$C_z = b_o E \left[ 1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right]$$

$$C_x = C_y = 0.7 \times C_z$$

$$C_{\phi x} = C_{\phi y} = 2 \times C_z$$

$$C_{\psi} = C_z$$

bo	1	Suelo arenoso	m <sup>-1</sup>
	1.2	Arenas arcillosas	
	1.5	Arenas densas	
A10	10		m <sup>2</sup>
E	2243.34		tn/m <sup>2</sup>

ZAPATA	a m	b m	A m <sup>2</sup>	C <sub>x</sub> t/m <sup>3</sup>	C <sub>y</sub> t/m <sup>3</sup>	C <sub>z</sub> t/m <sup>3</sup>	C <sub>φx</sub> t/m <sup>3</sup>	C <sub>φy</sub> t/m <sup>3</sup>	C <sub>ψ</sub> t/m <sup>3</sup>
z-1	2.0	2.0	4.0	4863.91	4863.91	6948.45	13896.89	13896.89	6948.45
Z-2	1.8	1.8	3.2	4329.14	4329.14	6184.49	12368.97	12368.97	6184.49
Z-3	1.5	1.5	2.3	4880.90	4880.90	6972.72	13945.43	13945.43	6972.72
Z-4	2.0	1.4	2.8	4538.00	4538.00	6482.85	12965.71	12965.71	6482.85

$$I_x = \frac{a * b^3}{12}$$

$$I_y = \frac{b * a^3}{12}$$

$$I_z = I_x + I_y$$

ZAPATA	a m	b m	I <sub>x</sub> m <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> m <sup>4</sup>	I <sub>z</sub> m <sup>4</sup>
z-1	2	2	1.33	1.33	2.67
Z-2	1.8	1.8	0.87	0.87	1.75
Z-3	1.5	1.5	0.42	0.42	0.84
Z-4	2	1.4	0.46	0.93	1.39

$$K_x = C_x \times A$$

$$K_y = C_y \times A$$

$$K_z = C_z \times A$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} \times I_x$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} \times I_y$$

$$K_{\psi z} = C_{\psi z} \times I_z$$

ZAPATA	K <sub>x</sub> t/m	K <sub>y</sub> t/m	K <sub>z</sub> t/m	K <sub>φx</sub> t.m	K <sub>φy</sub> t.m	K <sub>ψz</sub> t.m
z-1	19455.65	19455.65	27793.79	18529.19	18529.19	18529.19
Z-2	14026.42	14026.42	20037.74	10820.38	10820.38	10820.38
Z-3	10982.03	10982.03	15688.61	5883.23	5883.23	5883.23
Z-4	12706.39	12706.39	18151.99	5929.65	12101.33	9015.49

### 3) Cálculo de coeficientes de rigidez- Norma D.D Barkan-Savinov

$$C_z = C_o \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_x = C_y = D_o \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_{\phi x} = C_{\phi y} = C_o \left[ 1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$D_o = \frac{1 - \mu}{(1 - 0.5\mu)} \times C_o$$

$\rho_0$	0.2	kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta$	1	m <sup>(-1)</sup>
$C_o$	1	kg/cm <sup>2</sup>
$\mu$	0.25	
$D_o$	0.8571	kg/cm <sup>2</sup>

1	Características de la base de fundación	suelo	$C_o$ (kg/cm <sup>2</sup> )
S <sub>0</sub>	Roca dura	Roca sana con velocidad de ondas de corte $V_s > 1500$ m/s	4.0
S <sub>1</sub>	Roca o suelos muy rígidos	Arcilla y arena arcillosa dura ( $I_L < 0$ )	3.0
		Arena compacta ( $I_L < 0$ )	2.2
		Cascajo, grava arenosa densa, canto rodado, arena muy densa	2.6
S <sub>2</sub>	Suelos intermedios	Arcilla y arena arcillosa plástica ( $0,25 < I_L \leq 0,5$ )	2.0
		Arena plástica ( $0 < I_L \leq 0,5$ )	1.6
		Arena polvorosa medio densa y densa ( $e \leq 0,80$ )	1.4
		Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad	1.8
S <sub>3</sub>	Suelos blandos	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ( $0,5 < I_L \leq 0,75$ )	0.8
		Arena plástica ( $0,5 < I_L \leq 1$ )	1.0
		Arenas polvorosa, saturada, porosa ( $e > 0,80$ )	1.2
S <sub>4</sub>	Condiciones excepcionales	Arcilla y arena arcillosa muy blanda ( $I_L > 0,75$ )	0.6
		Arena movediza ( $I_L > 1$ )	0.6

ZAPATA		a	b	A	Cx	Cy	Cz	C $\phi$ x	C $\phi$ y
		m	m	m <sup>2</sup>	t/m <sup>3</sup>				
z-1	14A	2.0	2.0	4.0	7381.95	7381.95	8612.27	12303.25	12303.25
	15A	2.0	2.0	4.0	6859.02	6859.02	8002.19	11431.70	11431.70
	16A	2.0	2.0	4.0	7923.38	7923.38	9243.94	13205.63	13205.63
	17A	2.0	2.0	4.0	7973.29	7973.30	9302.18	13288.83	13288.83
	14C	2.0	2.0	4.0	9796.81	9796.81	11429.62	16328.02	16328.02
	15C	2.0	2.0	4.0	9631.24	9631.24	11236.44	16052.06	16052.06
	16C	2.0	2.0	4.0	9983.43	9983.43	11647.33	16639.05	16639.05
Z-2	17C	2.0	2.0	4.0	10155.76	10155.76	11848.39	16926.27	16926.27
		1.8	1.8	3.24	6225.09	6225.09	7262.61	10518.26	10518.26
		1.8	1.8	3.24	6015.64	6015.64	7018.24	10164.35	10164.35
		1.8	1.8	3.24	9247.57	9247.57	10788.83	15625.21	15625.21
Z-3		1.8	1.8	3.24	9447.06	9447.06	11021.57	15962.27	15962.27
		1.5	1.5	2.25	7003.71	7003.71	8170.99	12097.31	12097.31
Z-4		1.5	1.5	2.25	8069.39	8069.39	9414.29	13938.03	13938.03
		2.0	1.4	2.80	8311.28	8311.28	9696.49	13159.52	13159.52

ZAPATA	A	PESO ZAPATA	PESO TRIBUTARIO	$\rho$	
	m2	tn	tn	tn/m2	
z-1	14A	4.00	6.72	59.21	16.483
	15A	4.00	6.72	50.2	14.230
	16A	4.00	6.72	69.236	18.989
	17A	4.00	6.72	70.196	19.229
	14C	4.00	6.72	109.4	29.030
	15C	4.00	6.72	105.51	28.057
	16C	4.00	6.72	113.87	30.147
	17C	4.00	6.72	118.07	31.197
Z-2	13A	3.24	5.44	27.476	10.160
	18A	3.24	5.44	25.298	9.488
		3.24	5.44	67.203	22.422
		3.24	5.44	70.371	23.399
Z-3		2.25	3.78	18.567	9.932
		2.25	3.78	25.885	13.184
Z-4		2.80	4.70	40.087	15.997

ZAPATA	Kx	Ky	Kz	K $\phi$ x	K $\phi$ y	
	t/m	t/m	t/m	t.m	t.m	
z-1	14A	29527.794	29527.79	34449.093	16404.33	16404.33
		27436.07	27436.07	32008.749	15242.261	15242.261
		31693.522	31693.52	36975.776	17607.512	17607.512
		31893.179	31893.18	37208.709	17718.433	17718.433
		39187.255	39187.26	45718.465	21770.697	21770.697
		38524.943	38524.94	44945.767	21402.746	21402.746
		39933.714	39933.71	46589.334	22185.397	22185.397
		40623.038	40623.04	47393.544	22568.354	22568.354
Z-2		20169.301	20169.301	23530.851	9201.3741	9201.3741
		19490.663	19490.663	22739.107	8891.7749	8891.7749
		29962.128	29962.128	34955.816	13668.929	13668.929
		30608.46	30608.46	35709.87	13963.791	13963.791
Z-3		15758.342	15758.342	18384.732	5103.5539	5103.5539
		18156.121	18156.121	21182.142	5880.1075	5880.1075
Z-4		23271.577	23271.577	27150.173	6018.2883	12282.221



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

**NORMA E.030**  
**DISEÑO**  
**SISMORRESISTENTE**

LIMA - PERÚ  
2020

PUBLICACIÓN OFICIAL



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

**NORMA E.020**  
**CARGAS**

LIMA - PERÚ  
2020

**PUBLICACIÓN OFICIAL**

w w w . g o b . p e / s e n c i c o



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

**NORMA E.060**  
**CONCRETO**  
**ARMADO**

LIMA - PERÚ  
2020

PUBLICACIÓN OFICIAL

w w w . g o b . p e / s e n c i c o



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

**NORMA E.070**  
**ALBAÑILERÍA**

LIMA - PERÚ  
2020

**PUBLICACIÓN OFICIAL**

w w w . g o b . p e / s e n c i c o

## Anexo 7. Ensayos de laboratorio

	EMSGEO S.A.C.		
	ENSAYOS DE LABORATORIO		CODIGO
	ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D422		EAG-72-158
	REVISIÓN	VERSIÓN	Página 1 de 1
	v 1.0	v 1.0	

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 - ASTM D6913 - ASTM D422

SOLICITA	: MARYCARMEN REYNAGA FERNÁNDEZ		
PROYECTO	: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO, ICA-2022		
UBICACIÓN	: CARRETERA PANAMERICANA KM 316 DISTRITO DE SANTIAGO-PROVINCIA DE ICA-DEPARTAMENTO DE ICA	FECHA: ABRIL-2022	

MALLAS DEBERE AMERICANA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
	ABERTURA (mm)	PESOS RETENIDOS (gr)	(%) RET	(%) RET ACUM.	(%) PASA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
3"	76.200		0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	100.00	
2"	50.800		0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00	
1"	25.400		0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000		0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700		0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525		0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350		0.00	0.00	100.00	
N° 4	4.750	185.0	10.26	10.26	89.74	
N° 6	3.360	215.0	11.92	22.19	77.81	
N° 8	2.380	49.0	2.72	24.90	75.10	
N° 10	2.000	113.0	6.27	31.17	68.83	
N° 15	1.190	31.0	1.72	32.89	67.11	
N° 20	0.840	58.0	3.22	36.11	63.89	
N° 30	0.590	62.0	3.44	39.55	60.45	
N° 40	0.450	137.0	7.60	47.14	52.86	
N° 60	0.297	128.0	7.10	54.24	45.76	
N° 80	0.177	91.0	5.05	59.29	40.71	
N° 100	0.149	28.0	1.55	60.84	39.16	
N° 200	0.075	106.0	5.88	66.72	33.28	
FONDO ASTM D1140		600.0	33.28	100.00	0.00	
Peso inicial (gr):	1803.0					

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA : C-1	PROCEDENCIA : -
MUESTRA : M-1	REFERENCIA : -
PROF. : 0.00 - 3.0 m	CANTIDAD : 20 kg Aprox
PARA USO : -	

LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACION	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	22.88	SUCS	ASTM D 2487
LÍMITE PLÁSTICO (%)	N.T.	DESCRIPCION	Arena Limosa
ÍNDICE PLÁSTICIDAD (%)	N.P.	AASHTO	AASHTO M 145
		DESCRIPCION	BUENO
<small>N.T. = No Tiene N.P. = No Presente.</small>			A-2-4 (0)

PESO INICIAL SECO	1803.00 gr
PESO LAVADO SECO	1203.00 gr
% QUE PASA LA MALLA N° 200	33.28%
% RETENIDO EN LA MALLA 3"	0.00%

COMPOSICION DEL MATERIAL	
(%) GRAVA	10.26
(%) ARENA	56.46
(%) FINOS	33.28

PARAMETROS DERIVADOS	
D10	0.02 mm
D30	0.07 mm
D60	0.58 mm
Cu	26.091
Cc	0.345

OBSERVACION



	<b>EMSGEO S.A.C.</b>		
	ENSAYOS DE LABORATORIO		CODIGO
	CONTENIDO DE HUMEDAD		ECH-22-158
	REVISIÓN	VERSIÓN	
	v 1.0	v 1.0	Página 1 de 1

SOLICITA	: MARYCARMEN REYNAGA FERNÁNDEZ
PROYECTO	: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO, ICA-2022
UBICACIÓN	: CARRETERA PANAMERICANA KM 316-DISTRITO DE SANTIAGO-PROVINCIA DE ICA-DEPARTAMENTO DE ICA
FECHA	: 20 DE ABRIL-2022

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216 - NTP 339.127

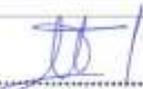
CALICATA 1 MUESTRA : M-1      PROF: 0.00 - 3.00m.

PROCEDENCIA DE MUESTRA	CALICATA 1	
	Muestra Nº 1	Muestra Nº 2
FRASCO Nº	1	2
(1) Pfr + P.S.H (gr)	79.00	80.12
(2) Pfr + P.S.S (gr)	78.40	79.50
(3) P.agua (gr) = (1) - (2)	0.60	0.62
(4) Pfr (gr)	23.70	23.60
(5) P.S.S (gr) = (2) - (4)	54.70	55.90
(6) Cont. Humedad (%) = (3)/(5)	1.10	1.11
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>1.10%</b>	

**NOTA:**

- Pfr** = Peso del frasco
- P.S.H** = Peso del suelo humedo
- P.S.S** = Peso del suelo seco
- P.agua** = Peso del agua

OBSERVACION : Las Muestras fueron enviadas a nuestro laboratorio por el solicitante.

ELABORADO POR:  <b>EMSGEO S.A.C.</b>  <b>MAGCCOL TANTA RAMOS</b> TÉCNICO DE SUELOS FECHA:	REVISADO POR:  <b>ING. DANIEL CUEVAS SERNA</b> SP. EN GEOTECNIA DE SUELOS C.I.P 117293 FECHA:	APROBADO POR:  <b>EMSGEO GERENCIA</b> N° 01 FECHA:
---	---	---

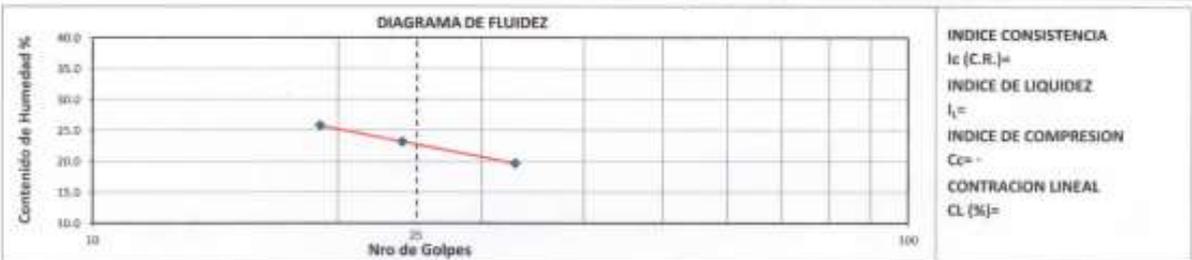
	<b>EMSGEO S.A.C.</b>		
	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO</b>		<b>CODIGO</b>
	<b>ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG</b>		<b>ELA-22-158</b>
	<b>REVISIÓN</b> v 1.0	<b>VERSIÓN</b> v 1.0	Página 1 de 1

**ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG**  
NTP 339.129 - ASTM D4318

SOLICITA : MARYCARMEN REYNAGA FERNÁNDEZ  
 PROYECTO : COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO, ICA-2022  
 UBICACIÓN : CARRETERA PANAMERICANA KM 316-DISTRITO DE SANTIAGO-PROVINCIA DE ICA-DEPARTAMENTO DE ICA

**DATOS DE LA MUESTRA :**  
 CALICATA : C-1  
 MUESTRA : M-1  
 PROF. DE MUESTRA: 0.00 - 3.0 m      **TIPO DE MATERIAL :** - ARENA LIMOSA (SM)

ITM	DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)	LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)		
			1	2	3
	ENSAYO N°				
	CAPSULA N°				
	NUMERO DE GOLPES		<b>19</b>	<b>24</b>	<b>33</b>
1	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO		56.46	58.28	59.15
2	PESO CAPSULA + SUELO SECO		51.88	53.88	54.98
3	PESO CAPSULA		34.12	34.90	33.80
4	PESO AGUA		4.58	4.40	4.17
5	PESO SUELO SECO		17.76	18.98	21.18
6	CONTENIDO DE HUMEDAD		25.79	23.18	19.66
<b>L.P. = N.T.</b>			<b>L.L. = 22.88</b>		
			<b>I.P. = N.P.</b>		



**OBSERVACIONES :** Las muestras fueran proporcionadas por el Solicitante, hasta nuestros laboratorio.

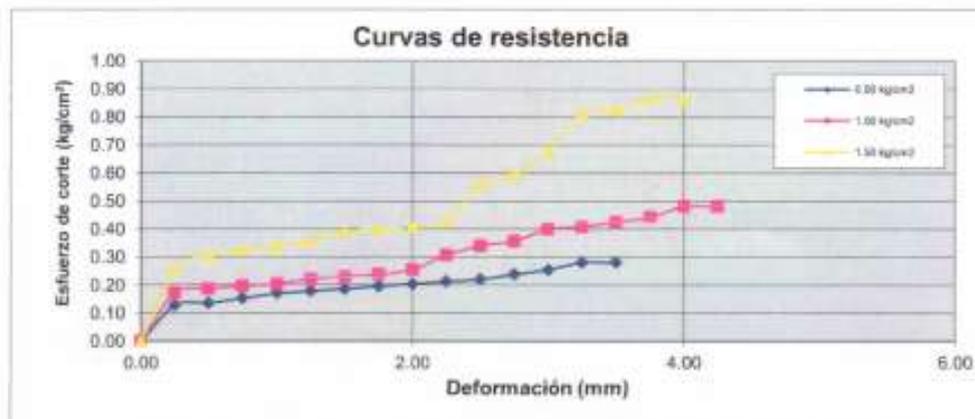
ELABORADO POR: Firma:  <b>EMSGEO S.A.C.</b> <b>MAGCCOL TANTA RAMOS</b> TÉCNICO DE SIFLOS	REVISADO POR: Firma:  <b>ING. DANIEL CUEVAS SERNI</b> ESP. EN GEOTECNIA DE SUELOS GIP-112293	APROBADO POR: Firma:  <b>EMSGEO GERENCIA</b> 1° B.C. 1545 SUELOS
FECHA:	FECHA:	FECHA:

	EMSGEO S.A.C.		
	ENSAYOS DE LABORATORIO		CODIGO
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO		ECC-22-158
	REVISIÓN	VERSIÓN	
	v 1.0	v 1.0	Página 1 de 1

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO NORMA ASTM - 3080

SOLICITA	: MARYCARMEN REYNAGA FERNANDEZ		
PROYECTO	: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO, ICA-2022		
UBICACIÓN	: CARRETERA PANAMERICANA KM 316-DISTRITO DE SANTIAGO-PROVINCIA DE ICA-DEPARTAMENTO DE ICA		
FECHA	: 20 DE ABRIL-2022		

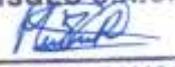
CALICATA	: C-1	Clasif. (SUCS)	: SM/ ARENAS LIMOSA
Muestra	: E-1	Velocidad corte	: 0.50 mm/min
Profundidad	: 1.50 m.	Coef. Anillo $C_g$	: 0.306 div/kg.
Estado	: remoldeado		



Esf. Normal kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Cortante kg/cm <sup>2</sup>
0.50	0.26
1.00	0.48
1.50	0.86

RESULTADOS	
$C =$	-0.07
$\phi =$	31

NOTA: La muestra de agregado fue proporcionado por el solicitante.

ELABORADO POR: Firma:  <b>EMSGEO S.A.C.</b> <b>MAGCCOL TANTA RAMOS</b> TECNICO DE SUELOS	REVISADO POR: Firma:  <b>ING. DANIEL CUEVAS SERNA</b> ESP EN GEOTECNIA DE SUELOS CIP 117293	APROBADO POR: Firma: 
FECHA :	FECHA :	FECHA :

	<b>EMSGEO S.A.C.</b>	CODIGO: CERT-DMC 23 338
	ENSAYOS DE LABORATORIO	REVISION: 00
	PESO UNITARIO DEL SUELO	PAGINA: 1 de 1

SOLICITA	: MARYCARMEN REYNAGA FERNÁNDEZ
PROYECTO	: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO, ICA-2022.
UBICACIÓN	: CARRETERA PANAMERICANA KM 316-DISTRITO DE SANTIAGO-PROVINCIA DE ICA-DEPARTAMENTO DE ICA
FECHA	: 20 DE ABRIL 2022

**PESO UNITARIO DEL SUELO**  
**MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-20**

CALICITA 1 MUESTRA : M-1  
 PROF. DE MUESTRA: 0.00 - 3.0 m

PESO UNITARIO SUELTO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(gr)	2040	2060	2038	
Peso del recipiente	(gr)	130	130	130	
Peso de la muestra	(gr)	1910	1930	1908	
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	1200	1200	1200	
Peso unitario suelto	(kg/m <sup>3</sup> )	1592	1608	1590	
<b>Peso unitario suelto promedio</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1597</b>			

PESO UNITARIO COMPACTO					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	
Peso del recipiente + muestra	(gr)	2212	2210	2214	
Peso del recipiente	(gr)	130	130	130	
Peso de la muestra	(gr)	2082	2080	2084	
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	1200	1200	1200	
Peso unitario compactado	(kg/m <sup>3</sup> )	1735	1733	1737	
<b>Peso unitario compactado promedio</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1735</b>			

NOTA: La muestra de agregado fue recogida por el laboratorista.

ELABORADO POR: Firma:  <b>EMSGEO S.A.C.</b> <b>MAGCCOL TANTA RAMOS</b> TÉCNICO DE SUELOS	REVISADO POR: Firma:  <b>VG DANIEL CUEVAS SERNA</b> SP EN GEOTECNIA DE SUELOS CIP 117293	APROBADO POR: Firma:  <b>EMSGEO GERENCIA</b> Y <sup>o</sup> B. 3YS 000001
FECHA:	FECHA:	FECHA:



	<b>EMSGEO S.A.C.</b>		
	ENSAYOS DE LABORATORIO		CODIGO
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO		ELA-23-158
	REVISIÓN	VERSIÓN	
	v 1.0	v 1.0	Página 1 de 1

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO NORMA ASTM - 3080

SOLICITA	: MARYCARMEN REYNAGA FERNÁNDEZ
PROYECTO	: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO, ICA-2022
UBICACIÓN	: CARRETERA PANAMERICANA KM 836 DISTRITO DE SANTIAGO-PROVINCIA DE ICA-DEPARTAMENTO DE ICA
FECHA	: 20 DE ABRIL-2022

CALICATA	: C-1	Clasif. (SUCS)	: SM/ARENA LIMOSA
Muestra	: E-1	Velocidad (mm/min)	: 0.5
Profundidad	: 0.0 - 3.00 m.	Coef. Anillo CR (div/kg.)	: 0.306
Estado	: REMOLDEADO		

### DATOS DEL ESPECIMEN 1

Longitud (cm)	6.000	Peso del espec. (gr.)	111.00
Altura (cm)	2.000	Dens. Nat. (kg/cm <sup>3</sup> )	1.55
Área (cm <sup>2</sup> )	36.000	hum. final (%)	5.54
Volum. (cm <sup>3</sup> )	72.000	Est. Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.50
Hum. inicial (%)	5.840	Carg. Normal (kg)	20.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical (divisiones)	desplaza m. horizontal divisiones	Fuerza de corte (kg)	Esfuerzo de corte (kg/cm <sup>2</sup> )
div.	mm				
0	0.000	174	0	0.00	0.00
10	0.250	178	15	4.59	0.13
20	0.500	185	16	4.90	0.14
30	0.750	182	18	5.51	0.15
40	1.000	168	20	6.12	0.17
50	1.250	152	21	6.43	0.18
60	1.500	136	22	6.73	0.19
70	1.750	123	23	7.04	0.20
80	2.000	180	24	7.34	0.20
90	2.250	175	25	7.65	0.21
100	2.500	168	26	7.96	0.22
110	2.750	160	28	8.57	0.24
120	3.000	155	30	9.18	0.26
130	3.250	155	33	10.10	0.28
140	3.500	155	33	10.10	0.28
150	3.750				
160	4.000				
170	4.250				
180	4.500				
190	4.750				

NOTA: La muestra de agregado fue proporcionado por el solicitante.

ELABORADO POR: Firma:  <b>MAGCCOL TANTA RAMOS</b> TÉCNICO DE SUELOS	REVISADO POR: Firma:  <b>NG DANIEL CUEVAS SERU</b> ESP EN GEOTECNIA DE SUELOS CIP 117293	APROBADO POR: Firma: 
FECHA:	FECHA:	FECHA:

	<b>EMSGEO S.A.C.</b>		
	ENSAYOS DE LABORATORIO		CODIGO
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO		ECC-22-158
	REVISIÓN	VERSIÓN	
	v 1.0	v 1.0	Página 1 de 1.

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO NORMA ASTM - 3080

SOLICITA	: MARYCARMEN REYNAGA FERNÁNDEZ
PROYECTO	: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO, ICA-2022
UBICACIÓN	: CARRETERA PANAMERICANA KM 316-DISTRITO DE SANTIAGO-PROVINCIA DE ICA-DEPARTAMENTO DE ICA
FECHA	: 20 DE ABRIL-2022

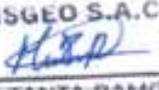
CLASIFICACIÓN	: C-1	Clasif. (SUCS)	: SM/ ARENAS LIMOSA
Muestra	: E-1	Velocidad (mm/min)	: 0.5
Profundidad	: 1.20 m.	Coef. Anillo $C_n$ (div/kg.)	: 0.306
Estado	: remoldeado		

### DATOS DEL ESPECIMEN 2

Longitud (cm)	6.000	Peso del espec. (gr.)	111.60
Altura (cm)	2.000	Dens. Nat. (kg/cm <sup>3</sup> )	1.55
Área (cm <sup>2</sup> )	36.000	Hum. final (%)	6.05
Volum. (cm <sup>3</sup> )	72.000	Esf. Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.00
Hum. inicial (%)	6.440	Carg. Normal (kg)	40.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical	desplazam. horizontal	Fuerza de corte	Esfuerzo de corte
div.	mm	(divisiones)	(divisiones)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	412	0	0.00	0.00
10	0.250	423	20	6.12	0.17
20	0.500	437	22	6.73	0.19
30	0.750	439	23	7.04	0.20
40	1.000	434	24	7.34	0.20
50	1.250	426	26	7.96	0.22
60	1.500	415	27	8.26	0.23
70	1.750	407	28	8.57	0.24
80	2.000	394	30	9.18	0.26
90	2.250	365	36	11.02	0.31
100	2.500		40	12.24	0.34
110	2.750		42	12.85	0.36
120	3.000		47	14.38	0.40
130	3.250		48	14.69	0.41
140	3.500		50	15.30	0.43
150	3.750		52	15.91	0.44
160	4.000		56.48	17.28	0.480
170	4.250		56.48	17.28	0.480
180	4.500				
190	4.750				

NOTA: La muestra de agregado fue proporcionado por el solicitante.

ELABORADO POR: Firma:  <b>EMSGEO S.A.C.</b>  <b>MAGCCOL TANTA RAMOS</b> TÉCNICO DE SUELOS	REVISADO POR: Firma:  <b>NG. DANIEL CUEVAS SERNA</b> TSP. EN GEOTECNIA DE SUELOS C.I.P. 117293	APROBADO POR: Firma: 
FECHA:	FECHA:	FECHA:

ANDRÉS AVELINO CÁCERES X-16 PARCONA - ICA  
Email : emsgeo.sac@hotmail.com

CEL. : 956931175 - 956594238

	<b>EMSGEO S.A.C.</b>		
	ENSAYOS DE LABORATORIO		<b>CODIGO</b>
	ENSAYO DE CORTE DIRECTO		ECC-27-158
	<b>REVISIÓN</b> v 1.0	<b>VERSIÓN</b> v 1.0	Página 1 de 1

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO NORMA ASTM - 3080

SOLICITA	: MARYCARMEN REYNAGA FERNÁNDEZ
PROYECTO	: COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UNA EDIFICACIÓN ESENCIAL CONSIDERANDO LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL DISTRITO DE SANTIAGO, ICA-2022
UBICACIÓN	: CARRETERA PANAMERICANA KM 316-DISTRITO DE SANTIAGO-PROVINCIA DE ICA-DEPARTAMENTO DE ICA
FECHA	: 20 DE ABRIL-2022

CALICATA	: C-1	Clasif. (SUCS)	: SM/ ARENAS LIMOSA
Muestra	: E-1	Velocidad (mm/min)	: 0.5
Profundidad	: 1.20 m.	Coef. Anillo $C_a$ (div/kg.)	: 0.306
Estado	: remodelado		

### DATOS DEL ESPECIMEN 3

Longitud (cm)	6.000	Peso del espec. (gr.)	111.60
Altura (cm)	2.000	Dens. Nat. (kg/cm <sup>3</sup> )	1.55
Área (cm <sup>2</sup> )	36.000	hum. final (%)	7.31
Volum. (cm <sup>3</sup> )	72.000	Est. Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.50
Hum. inicial (%)	9.200	Carg. Normal (kg)	60.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical	desplazam. horizontal	Fuerza de corte	Esfuerzo de corte
div.	mm	(divisiones)	(divisiones)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	202	0	0	0.00
10	0.250	215	30	9.18	0.26
20	0.500	216	36	11.02	0.31
30	0.750	204	38	11.63	0.32
40	1.000	195	40	12.24	0.34
50	1.250	186	42	12.85	0.36
60	1.500	179	46	14.08	0.39
70	1.750	170	47	14.38	0.40
80	2.000	164	48	14.69	0.41
90	2.250	175	50	15.30	0.43
100	2.500	168	66	20.20	0.56
110	2.750	160	70	21.42	0.60
120	3.000	155	80	24.48	0.68
130	3.250	140	96	29.38	0.82
140	3.500	130	97	29.68	0.82
150	3.750	120	102	31.21	0.87
160	4.000	119	102	31.21	0.87
170	4.250				
180	4.500				
190	4.750				

NOTA: La muestra de agregado fue proporcionado por el solicitante.

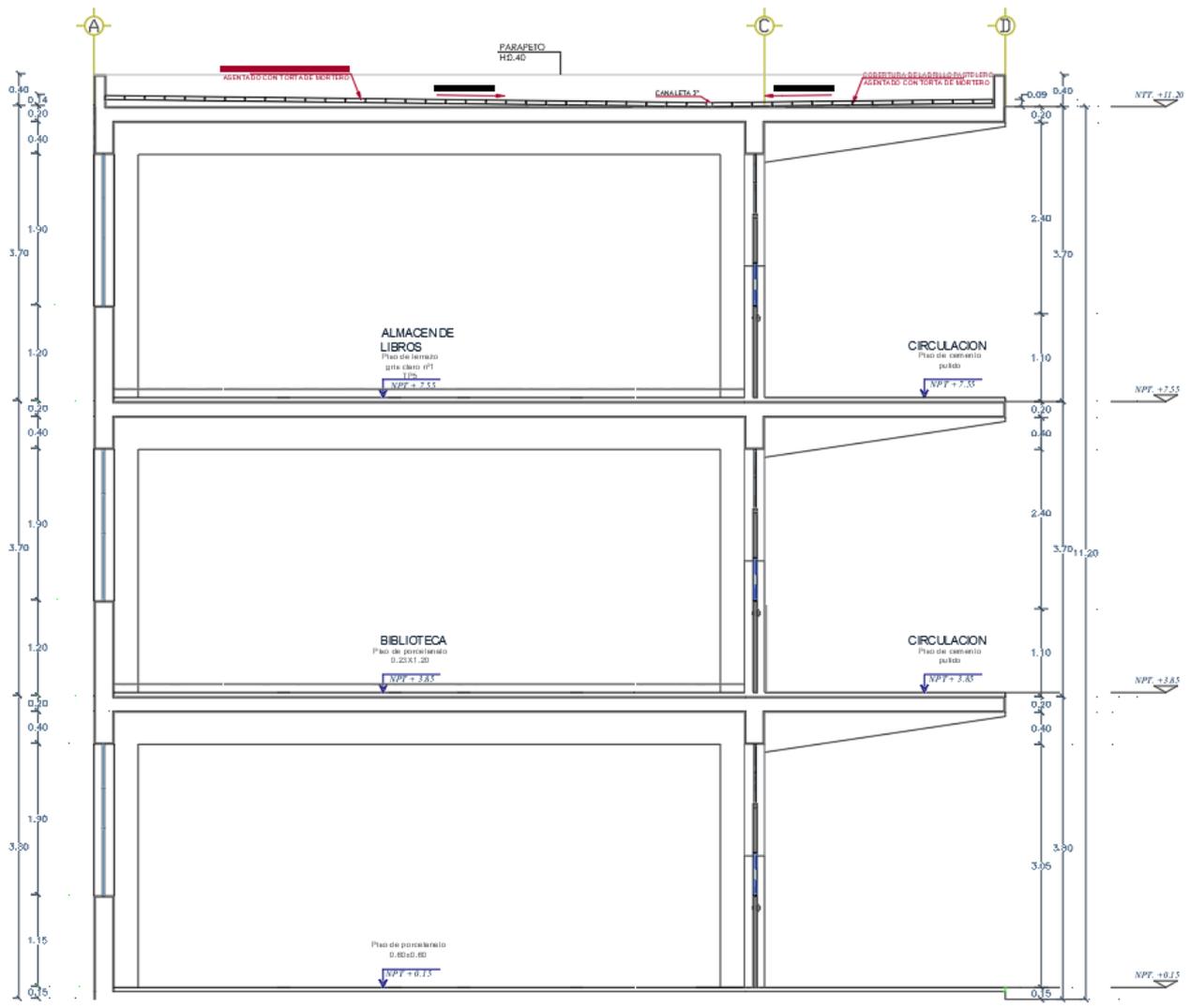
ELABORADO POR: Firma:   <b>EMSGEO S.A.C.</b> <b>MAGCCOL TANTA RAMOS</b> TÉCNICO DE SUELOS FECHA:	REVISADO POR: Firma:  <b>NG. DANIEL CUEVAS SERNA</b> ESP EN GEOTECNIA DE SUELOS CIP 117293 FECHA:	APROBADO POR: Firma:  FECHA:
---	---	---

## PANEL FOTOGRÁFICO

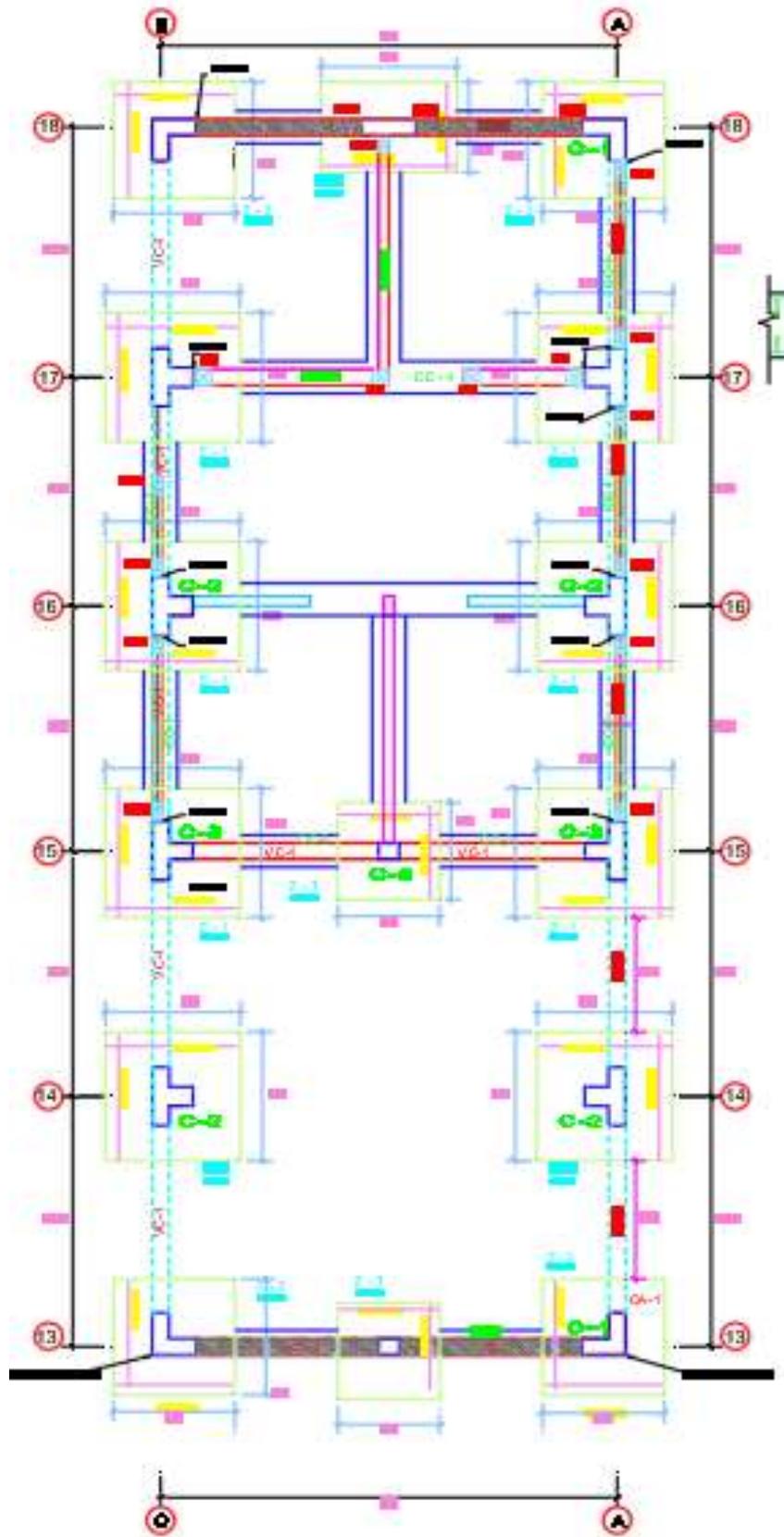








Reproducción del plano de corte de la Institución educativa Sebastián Barranca -  
Escala:1/50



Reproducción del plano de cimentación de la Institución educativa Sebastián Barranca -  
Esca:1/50