



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Análisis estructural comparativo del módulo de aulas del I.E. Misty -  
Arequipa, con base fija y considerando interacción suelo – estructura,  
2021

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Ortega Mamani, Midward Joel (ORCID: 0000-0002-0164-8760)

**ASESOR:**

MG. Arévalo Vidal, Samir Augusto (ORCID: 0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA-PERÚ**

2021

## **Dedicatoria**

A mis padres, por su apoyo, su paciencia, y porque nunca dudaron ni desconfiaron de mis capacidades. También este trabajo lo dedico a mi hijita, quien me impulsa a crecer, a seguir luchando; a toda mi familia que siempre me apoyo y que nunca dudaron en que podía lograr este gran anhelo.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Cesar Vallejo, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil por brindarme la oportunidad de formarme como profesional. A todos mis amigos y familiares quienes me apoyaron a realizar este trabajo de investigación.

## Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Declaratoria de autenticidad	iv
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	x
Resumen	xiii
Abstract	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y Operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5. Procedimientos	20
3.6. Métodos de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos	22
IV. RESULTADOS	23
4.1. ANÁLISIS SÍSMICO	28
4.1.1. Modelamiento de la Estructura	29
4.1.2. Combinaciones de Cargas:	42
4.1.3. Irregularidades estructurales	42
4.2. ANÁLISIS ESTÁTICO	44
4.3. ANÁLISIS DINAMICO	48

4.3.1. CONSIDERANDO LA BASE EMPOTRADA:	48
4.3.2. CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA:	56
4.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS	79
V. DISCUSIÓN	87
VI. CONCLUSIONES	90
VII. RECOMENDACIONES	93
Referencias	95
Anexos	101

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Valores para el Coef. bo.....	13
<b>Tabla 2:</b> Operacionalización de Variables.....	19
<b>Tabla 3:</b> Ambientes 1° Nivel .....	24
<b>Tabla 4:</b> Ambientes 2° Nivel .....	24
<b>Tabla 5:</b> Ambientes 3° Nivel .....	25
<b>Tabla 6:</b> Propiedades de los Materiales .....	25
<b>Tabla 7:</b> Características del Suelo.....	28
<b>Tabla 8:</b> Parámetros para el Análisis Sísmico.....	29
<b>Tabla 9:</b> Cuadro de Combinaciones de Cargas .....	42
<b>Tabla 10:</b> Irregularidad Estructural en Altura (Ia) .....	42
<b>Tabla 11:</b> Irregularidad Estructural en Planta (Ip) .....	43
<b>Tabla 12:</b> Categoría y Regularidad de las Edificaciones .....	43
<b>Tabla 13:</b> Perfil del Suelo S2 .....	44
<b>Tabla 14:</b> Periodo Fundamental .....	44
<b>Tabla 15:</b> Modos y Periodos de Vibración - Etabs V18.....	44
<b>Tabla 16:</b> Factor de Amplificación Sísmica .....	45
<b>Tabla 17:</b> Factores de Irregularidad.....	45
<b>Tabla 18:</b> Coeficientes Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas.....	45
<b>Tabla 19:</b> Masa de la Estructura.....	46
<b>Tabla 20:</b> Peso de la Estructura .....	46
<b>Tabla 21:</b> Calculo de Fuerzas Cortantes por Piso .....	47
<b>Tabla 22:</b> Fuerzas Cortantes por Piso.....	47
<b>Tabla 23:</b> Fuerzas Cortantes en "X" .....	48
<b>Tabla 24:</b> Fuerzas Cortantes en "Y" .....	49
<b>Tabla 25:</b> Fuerzas Cortantes en Muros eje "X" .....	49
<b>Tabla 26:</b> Fuerzas Cortantes en Muros eje "Y" .....	50
<b>Tabla 27:</b> Participación Modal .....	51
<b>Tabla 28:</b> Tabla de Periodos Base Empotrada y participación Modal .....	51
<b>Tabla 29:</b> Desplazamientos Máximos en Eje "X" - Empotrado .....	53
<b>Tabla 30:</b> <i>Desplazamientos Máximos en Eje "Y" – Empotrado</i> .....	53
<b>Tabla 31:</b> Derivas de entrepiso eje "X" - Empotrado.....	54

<b>Tabla 32:</b> Derivas de entrepiso eje "Y" - Empotrado.....	54
<b>Tabla 33:</b> Fuerzas Cortantes Dinámicas en "X" .....	54
<b>Tabla 34:</b> Fuerzas Cortantes Dinámicas en "Y" .....	55
<b>Tabla 35:</b> Fuerzas de Momento Flector en "X" .....	55
<b>Tabla 36:</b> Fuerzas de Momento Flector en "Y" .....	55
<b>Tabla 37:</b> Masas Traslacionales.....	56
<b>Tabla 38:</b> Masas Rotacionales - datos .....	57
<b>Tabla 39:</b> Masas Rotacionales .....	57
<b>Tabla 40:</b> Presión Estática del Suelo, D.D. Barkan - O.A. Savinov .....	60
<b>Tabla 41:</b> Coeficiente Do .....	61
<b>Tabla 42:</b> Coeficiente de Rigidez, D.D. Barkan - O.A. Savinov .....	61
<b>Tabla 43:</b> Rigidez (k); D.D. Barkan - O.A. Savinov .....	61
<b>Tabla 44:</b> Participación Modal, D.D. Barkan - O.A. Savinov .....	63
<b>Tabla 45:</b> Tabla de Periodo, D.D. Barkan - O.A. Savinov .....	63
<b>Tabla 46:</b> Desplazamientos Máximos en Eje "X" – D.D. Barkan – O.A. Savinov .	65
<b>Tabla 47:</b> Desplazamientos Máximos en Eje "Y" – D.D. Barkan – O.A. Savinov .	65
<b>Tabla 48:</b> Derivas de entrepiso eje "X" - D.D. Barkan – O.A. Savinov .....	66
<b>Tabla 49:</b> Derivas de entrepiso eje "Y" - D.D. Barkan – O.A. Savinov .....	66
<b>Tabla 50:</b> Fuerzas Cortantes Dinámicas en "X", D.D. Barkan – O.A. Savinov .....	67
<b>Tabla 51:</b> Fuerzas Cortantes Dinámicas en "Y", D.D. Barkan – O.A. Savinov .....	67
<b>Tabla 52:</b> Fuerzas de Momento Flector en "X", D.D. Barkan – O.A. Savinov .....	67
<b>Tabla 53:</b> Fuerzas de Momento Flector en "Y", D.D. Barkan – O.A. Savinov .....	68
<b>Tabla 54:</b> Coeficientes de Compresión Elástica (Cz).....	71
<b>Tabla 55:</b> Coeficiente de Rigidez (C) .....	71
<b>Tabla 56:</b> Rigidez (k); Norma Rusa SIN 2.02.05-87.....	72
<b>Tabla 57:</b> Participación Modal, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.....	73
<b>Tabla 58:</b> Tabla de Periodo, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	74
<b>Tabla 59:</b> Desplazamientos Máximos en Eje "X" - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	76
<b>Tabla 60:</b> Desplazamientos Máximos en Eje "Y" - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	76
<b>Tabla 61:</b> Derivas de entrepiso eje "X" - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	76
<b>Tabla 62:</b> Derivas de entrepiso eje "Y" - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	77

<b>Tabla 63:</b> Fuerzas Cortantes eje "X", Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	77
<b>Tabla 64:</b> Fuerzas Cortantes eje "Y", Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	77
<b>Tabla 65:</b> Fuerzas de Momento Flector en "X", Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 ...	78
<b>Tabla 66:</b> Fuerzas de Momento Flector en "Y", Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 ...	78
<b>Tabla 67:</b> Tabla Comparativa de Periodos de Vibración.....	79
<b>Tabla 68:</b> Tabla Comparativa de Frecuencias .....	80
<b>Tabla 69:</b> Desplazamientos Máximos eje "X" .....	81
<b>Tabla 70:</b> Desplazamientos Máximos eje "Y" .....	81
<b>Tabla 71:</b> Derivas de Entrepiso eje "X" .....	82
<b>Tabla 72:</b> Derivas de Entrepiso eje "Y" .....	83
<b>Tabla 73:</b> Fuerzas Cortantes eje "X" .....	83
<b>Tabla 74:</b> Fuerzas Cortantes eje "Y" .....	84
<b>Tabla 75:</b> Momento Flector eje "X" .....	85
<b>Tabla 76:</b> Momento Flector eje "Y" .....	86
<b>Tabla 77:</b> Matriz de Consistencias .....	8



## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Flujograma de Recolección de Datos.....	21
<b>Figura 2:</b> Asignación de Cargas Lineales .....	26
<b>Figura 3:</b> Asignación de Carga Muerta y Viva en Aligerados (Aulas).....	27
<b>Figura 4:</b> Asignación de Carga Muerta y Viva en Aligerados (Pasillos) .....	27
<b>Figura 5:</b> Edición de Grillas Ejes "X" e "Y" .....	29
<b>Figura 6:</b> Edición de Niveles .....	30
<b>Figura 7:</b> Definición del Concreto $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	30
<b>Figura 8:</b> Definición de Acero Corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .....	31
<b>Figura 9:</b> Definición de Elementos Frame - Columnas .....	31
<b>Figura 10:</b> Definición de Elementos Frame - Vigas .....	32
<b>Figura 11:</b> Definición elementos Deck para Losa Aligerada $e=0.20\text{m}$ . .....	32
<b>Figura 12:</b> Definición elementos Wall (muros) $e=0.25\text{m}$ .....	33
<b>Figura 13:</b> Vista en 3D de la Edificación .....	33
<b>Figura 14:</b> Patrones de Carga.....	34
<b>Figura 15:</b> Cargas Lineales de parapetos y muros.....	34
<b>Figura 16:</b> Cargas Repartidas en Aulas (CM y Live) .....	35
<b>Figura 17:</b> Cargas Repartidas en pasillo (CM y Live).....	35
<b>Figura 18:</b> Masa de la Estructura .....	36
<b>Figura 19:</b> Fuerzas Sísmicas Estáticas en "X" e "Y".....	36
<b>Figura 20:</b> Diafragmas Rígidos .....	37
<b>Figura 21:</b> Brazos Rígidos.....	37
<b>Figura 22:</b> Calculo del Espectro de Diseño Vertical .....	38
<b>Figura 23:</b> Espectro de Diseño según Etabs .....	39
<b>Figura 24:</b> Espectro de Diseño Vertical en Etabs .....	39
<b>Figura 25:</b> Fuerza Sísmica Dinámica "X" .....	40
<b>Figura 26:</b> Fuerza Sísmica Dinámica "Y" .....	40
<b>Figura 27:</b> Fuerza Sísmica Dinámica "Z" .....	41
<b>Figura 28:</b> Asignación de Fuerza Vertical en el Sistema Modal de Etabs.....	41
<b>Figura 29:</b> Restricción de los apoyos en la Base.....	48
<b>Figura 30:</b> Fuerzas Cortante en Muros Eje "X" .....	50
<b>Figura 31:</b> Fuerzas Cortante en Muros Eje "Y" .....	50

<b>Figura 32:</b> Modo 1, traslación en Y, Periodo 0.375 .....	52
<b>Figura 33:</b> Modo 2, traslación en X, Periodo 0.367 .....	52
<b>Figura 34:</b> Modo 3, torsión, Periodo 0.283.....	53
<b>Figura 35:</b> Definición de material Rígido.....	58
<b>Figura 36:</b> Sección de Zapata Rígida .....	58
<b>Figura 37:</b> Restriccion de Rotacion en el Eje "Z", D.D. Barkan - O.A. Savinov....	59
<b>Figura 38:</b> Asignación de Masas en Zapatas.....	59
<b>Figura 39:</b> Masas en Zapatas - Vista General .....	60
<b>Figura 40:</b> Asignación de Coeficientes de Rigidez - D.D. Barkan - O.A. <b>Savinov</b>	62
<b>Figura 41:</b> Coeficientes de Rigidez (k) - D.D.Barkan - O.A. Savinov .....	62
<b>Figura 42:</b> Modo 1, traslación en Y, Periodo 0.524; D.D. Barkan – O.A. Savinov	64
<b>Figura 43:</b> Modo 2, traslación en X, Periodo 0.494; D.D. Barkan – O.A. Savinov	64
<b>Figura 44:</b> Modo 3, torsión, Periodo 0.411; D.D. Barkan – O.A. Savinov.....	65
<b>Figura 45:</b> Definición de material Rígido.....	68
<b>Figura 46:</b> Sección de Zapata Rígida .....	69
<b>Figura 47:</b> Liberación de Apoyos en la Base .....	69
<b>Figura 48:</b> Asignación de Masas en Zapatas, Norma Rusa SIN 2.02.05-87.....	70
<b>Figura 49:</b> Masas en Zapatas - Vista General .....	70
<b>Figura 50:</b> Asignación de Rigidez (k); Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	72
<b>Figura 51:</b> Rigidez (k); Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.....	73
<b>Figura 52:</b> Modo 1, traslación en Y, Periodo 0.517; Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	74
<b>Figura 53:</b> Modo 2, traslación en X, Periodo 0.489; Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 .....	75
<b>Figura 54:</b> Modo 3, rotacional, Periodo 0.404; Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 ....	75
<b>Figura 55:</b> Periodos y modos de Vibración .....	79
<b>Figura 56:</b> Frecuencias de Vibración .....	80
<i>Figura 57:</i> Desplazamientos Máximos eje "X" .....	81
<b>Figura 58:</b> Desplazamientos Máximos eje "Y" .....	82
<b>Figura 59:</b> Derivas Máximas de Entrepiso "X" .....	82
<b>Figura 60:</b> Derivas Máximas de Entrepiso "Y" .....	83
<b>Figura 61:</b> Fuerzas Cortantes eje "X" .....	84
<b>Figura 62:</b> Fuerzas Cortantes eje "Y".....	84

<b>Figura 63:</b> Momento Flector eje "X" .....	85
<b>Figura 64:</b> Momento Flector eje "Y" .....	86

## Resumen

El objetivo del presente trabajo de investigación es determinar el análisis comparativo de una edificación de concreto armado para el módulo de aulas del centro educativo I.E. Misty, ubicando en el distrito de Miraflores – Arequipa – Arequipa. Aplicando el modelo convencional de base empotrada y los modelos dinámicos como son: D.D. Barkan – O.A. Savinov y modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87; que integran la interacción suelo – estructura, ambos modelos que se desarrollan corresponden a las diversas investigaciones publicadas por el Ph. D. Genner Villareal Castro. El modelamiento del bloque de aulas fue realizado en el programa ETABS en su versión 2018, teniendo en consideración los requerimientos dados en el Reglamento Nacional de edificaciones (NTP E.030, 2018).

La evaluación de la respuesta estructural se realizó a través del análisis estático y dinámico espectral, lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Los desplazamientos laterales incrementaron en 104% (6.46mm) en la dirección del eje “X” y 124% (8.87mm) en la dirección del eje “Y” con el modelo dinámico de D.D. Barkan – O.A. Savinov; y un incremento del 99.70% (6.19mm) en la dirección del eje “X” y 117.24% (8.37mm) en la dirección del eje “Y” con el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87. Las derivas de entrepiso también incrementaron con respecto al modelo de base empotrada con valores de 71.24% con respecto al eje “X” y un incremento del 90.39% con respecto al eje “Y” con el modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov; y 71.24% con respecto al eje “X” y un incremento del 90.39% con respecto al eje “Y” con el modelo de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, en ambos modelos con ISE el mayor incremento se dio en el primer nivel de la estructura debido al tipo de suelo de fundación de la estructura.

Por lo tanto, se concluye que la interacción suelo – estructura influye de manera considerable en el comportamiento estructural teniendo como principal agente el tipo de suelo donde se realizara la estructura.

**Palabras claves:** Análisis, Estructura, Interacción, Suelo, base fija, base flexible.

## Abstract

The objective of this research work is to determine the comparative analysis of a reinforced concrete building for the block of classrooms of the I.E. Misty, located in the district of Miraflores - Arequipa - Arequipa. Applying the conventional recessed base model and dynamic models such as: D.D. Barkan - O.A. Savinov and dynamic model of the Russian Standard SNIP 2.02.05-87; that integrate the soil-structure interaction, both models that are developed correspond to the various investigations published by Ph. D. Genner Villareal Castro. The modeling of the block of classrooms was carried out in the ETABS program in its 2018 version, taking into consideration the requirements given in the National Building Regulations (NTP E.030, 2018).

The evaluation of the structural response was carried out through static and dynamic spectral analysis, which obtained the following results:

Lateral displacements increased 104% (6.46mm) in the "X" axis direction and 124% (8.87mm) in the "Y" axis direction with the dynamic model of D.D. Barkan - O.A. Savinov; and an increase of 99.70% (6.19mm) in the direction of the "X" axis and 117.24% (8.37mm) in the direction of the "Y" axis with the dynamic model of the Russian Standard SNIP 2.02.05-87. Mezzanine drifts also increased with respect to the recessed base model with values of 71.24% with respect to the "X" axis and an increase of 90.39% with respect to the "Y" axis with the D.D. Barkan - O.A. Savinov; and 71.24% with respect to the "X" axis and an increase of 90.39% with respect to the "Y" axis with the model of the Russian Standard SNIP 2.02.05-87, in both models with ISE the greatest increase occurred in the first level of the structure due to the type of foundation soil of the structure.

Therefore, it is concluded that the soil-structure interaction has a considerable influence on the structural behavior, the main agent being the type of soil where the structure will be made.

**Keywords:** Analysis, Structure, Interaction, Soil, fixed base, flexible base.

## I. INTRODUCCIÓN

La interacción suelo - estructura es un capítulo poco estudiado en la Ingeniería civil, en los últimos años ha tomado forma gracias a su aplicación dentro del análisis y diseño de estructuras, debido al alto grado de incertidumbre que poseen los parámetros resistentes del suelo y su comportamiento frente a eventos sísmicos.

La mayoría de las edificaciones construidas en el territorio peruano, presentan un problema generalizado, el cual se desconoce las propiedades dinámicas de la base estructural (suelo).

Actualmente, la mayoría de métodos formulados consideran una base de empotramiento, los escasos métodos que tienen en consideración la influencia de una base flexible, son realizados para osciladores sísmicos.

Los efectos de ISE modifican las propiedades dinámicas de un suelo, especialmente los períodos de frecuencia fundamental, debido a que el sistema estructural presenta flexibilidad, tomando en consideración las cargas que se transmiten de la estructura a la cimentación no son uniformes, se obtendrá asentamientos diferenciales, estos, valores afectan las fuerzas internas que se producen en los elementos estructurales cuando estos tienen la base empotrada, es decir no se considera el asentamiento vertical. Provocando así la diferencia de asentamientos que causa su redistribución.

Para ello hay modelos dinámicos como son: D.D. Barkan – O.A. Savinov y modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87; que integran la interacción suelo – estructura, con el objetivo de realizar un análisis más veraz y así poder obtener los nuevos valores (fuerzas) al que será expuesto los elementos de dicha estructura.

No existe una norma peruana para el análisis y diseño que tome en cuenta el efecto de interacción suelo - estructura; por lo tanto, la investigación está dirigida a contribuir al conocimiento colectivo ingenieril, mediante una justificación cuantitativa del impacto en el análisis al considerar la ISE para edificaciones.

Por tal razón, se considera importante dar un resultado del análisis con interacción suelo – estructura, aplicando la norma E030 – 2018.

## **II. MARCO TEÓRICO**



Como **antecedentes nacionales**, tenemos:

Según Gamarra Gomez, N. D. (2014) en su tesis de grado titulado: “Análisis de la interacción sísmica suelo - estructura en edificación de albañilería estructural. Tema: Análisis interacción sísmicas suelo-estructura”. Por la universidad Nacional del Centro del Perú, llegaron a las siguientes conclusiones: La Norma Rusa Snip 2.02.05-87, incluye una rotación vertical, que a su vez nos ayuda para la observación del comportamiento de la estructura completamente, comparado a los otros modelos de ISE; El modelo de Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica y la Norma EE.UU. NIST GCR 12-917-21 integra todos los parámetros.

Al comparar los resultados estadísticamente a partir del análisis de la estructural del modelo aplicado, se pudo observar que las flexibilidades del suelo influyen en el incremento de los periodos de vibración, por lo tanto, también se incrementan los desplazamientos máximos de entrepiso, los cuales también influyen al incremento de las fuerzas cortantes, momento flector y cargas axiales.

Según Lopez E., (2012) en su tesis para obtener su grado de magister, llego a la conclusión:

En una estructura irregular los modelos dinámicos de Ilichev y Sargsian en el análisis estático, no cumplen con lo especificado en la Normar E.030 con respecto a las derivas de entrepiso y los modelos Barkan y la Norma Rusa si cumplen con la norma E.030 con respecto a las derivas de entrepiso. Los modelos Barkan, Ilichev, Sargsian y la Norma Rusa empleando el análisis dinámico espectral de tiempo – historia con empotramiento en la base, cumplen con la norma E.030.

Según Picón Santamaria & Ruiz Sanchez (2019) en su tesis de grado titulado: “Análisis del problema de interacción suelo – estructura para un pórtico 2D en suelos granulares”. Por la Pontificia universidad católica del Perú, concluyen que: Al considerar el suelo con un material que se deforma en el análisis estructural, produce variaciones en las fuerzas internas de la estructura. Teniendo en cuenta las condiciones iniciales para el análisis.

Según Arquíñego Laulate & Velásquez Barrios (2020) en su tesis de grado titulado: “Evaluación de la interacción suelo - estructura en una edificación de 4

pisos, en el distrito de Cercado de Lima”. Por la universidad Tecnológica del Perú, llegaron a la siguiente conclusión:

Al realizar ISE en edificaciones periodo corto, se observó que las cortantes son menores gracias al aumento del periodo, se incrementa el desplazamiento de entrepisos por la cual se considera revisar el cumplimiento de derivas máximas de entrepiso según la Norma E.030, ya que al considerar suelos blandos e intermedios estos incrementos podrían ser mayores, lo cual ISE toma mayor importancia para que la edificación cumpla con las normativas vigentes.

Como **antecedentes internacionales**, tenemos:

Según Fernández Sola (2011) en su investigación desarrollada para la obtención del grado de magister: “Efectos de interacción dinámica suelo-estructura en edificios con primer piso blando”, por la universidad Nacional Autónoma de México llego a la conclusión: De los resultados presentados en este trabajo se aprecia claramente que la presencia de flexibilidad en el primer piso repercute en la reducción de todas las frecuencias naturales de la estructura, mientras que los efectos ISE solamente influyen de manera importante en el valor de la frecuencia fundamental del sistema. Así que, en un sistema con piso flexible sobre un estrato blando, la reducción en la frecuencia de modos superiores está controlada casi en su totalidad por el contraste de rigideces entre el primer piso flexible y el nivel adyacente.

Según Arancibia Abarca (2020) en su tesis de grado titulado: “Estudio del efecto de la interacción suelo-estructura en edificios bajos de albañilería”. Por la Universidad de Chile, llego a la siguiente conclusión: que, al comparar los resultados con los espectros de diseño utilizados, queda en evidencia las diferencias que pueden llegar a existir entre el comportamiento real de una estructura y el comportamiento que se predice para llevar a cabo un diseño.

En la Revista internacional de Métodos Numéricos para Calculo y Diseño en Ingeniería. (2018), en su artículo publicado: “Respuesta dinámica de edificaciones producidas por campos de ondas incidentes considerando la ISE”, concluye que los dos métodos MEC-MEF en dominios del tiempo y de la frecuencia, las frecuencias

de resonancia son menores y las amplificaciones producidas se elevan más en comparación de los casos que no existe el acoplamiento. (Volumen 30, Issue4, p. 256-263).

En la Revista internacional de Ingeniería de Estructuras (2019), en su artículo N°6 publicado: “Interacción suelo-estructura. reflexiones sobre su importancia en la respuesta dinámica de estructuras durante sismos”, nos dice la importancia de modelar en estructuras existentes la ISE no solo en estructuras cimentadas en suelos blandos y deformables, sino que también es necesario en suelos de relleno. También menciona que la falta de ISE en suelos blandos en su diseño es inaceptable, su impacto no solo se refleja en la modificación de sus propiedades dinámicas y en el impacto de sus desplazamientos totales.

Como **base teórica**, tenemos:

### **Cimentaciones Superficiales**

Las cimentaciones superficiales distribuyen los valores de fuerzas que genera la mega estructura en sus diferentes elementos de apoyo, sobre la superficie del suelo, los cuales estos admiten estas cargas.

Para que sea considerada como cimentación superficial, la altura de desplante oscila entre 0,50 m. y 4 m. de profundidad. Para ello las tensiones admisibles de los diferentes estratos del suelo deben permitir que la estructura se apoye de forma directa sin producir asentamientos excesivos implicando a si la funcionalidad de la estructura.

Las cimentaciones superficiales se detallan a continuación:

- Zapatas aisladas
- Zapatas corridas
- Zapatas combinadas
- Losas de cimentación

## **Criterios De Asentamientos**

Uno de los aspectos más importantes a la hora del cálculo de parámetros geotécnicos para un diseño de cimentación es definir los criterios de asentamiento admisible del suelo. Como se sabe la tensión admisible de un terreno se calcula de dos maneras por el estado límite último y por el estado límite de servicio.

El estado límite de servicio era controlado por los asentamientos totales admisibles de la cimentación siendo frecuentes asumir de 2.5 cm de asentamiento en zapatas aisladas y 5 cm en losas de cimentación, este criterio es ambiguo ya que si en la estructura no hay diferencia de asentamiento no tiene que sufrir daños. Por otra parte, al presentarse diferencia de asentamientos entre cimentaciones muy próximas se puede producir daños aun estando en los rangos ya mencionados.

## **Asentamiento diferencial**

Se define como la diferencia de asentamientos máximo entre dos puntos de la cimentación, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$AD_{1-2} = S_1 - S_2$$

Donde:

- $AD_{1-2}$  : Asentamiento diferencial entre los puntos 1 y 2
- $S_1$  : Asentamiento en el punto 1 (Asentamiento máximo de la cimentación)
- $S_2$  : Asentamiento en el punto 2 (Asentamiento mínimo de la cimentación)

## **Distorsión Angular**

Se define como el asentamiento diferencial de dos puntos de una cimentación dividido entre la distancia que los separan, se calcula de la siguiente manera:

$$DA_{1-2} = \frac{AD_{1-2}}{L_{1-2}}$$

Dónde:

- $DA_{1-2}$  : Es la distorsión angular entre dos puntos separados (1 y 2).
- $AD_{1-2}$  : Asentamiento diferencial entre los puntos 1 y 2.
- $L_{1-2}$  : Distancia horizontal entre los puntos.

### **Interacción Suelo – Estructura**

Para la visualización de como un suelo influye en la respuesta de un sistema estructural, es importante mencionar tres efectos:

Primer Efecto: “Los estratos del suelo que se hallan sobre una roca, modificarán las ondas, resultado en la ampliación de estas, provocando el aumento del desplazamiento horizontal” (Wolf, 1985). Este efecto es conocido como efecto de Sitio.

Segundo Efecto: El cimiento se modifica con el movimiento real de la base, por esta razón el cimiento de la estructura experimentara descentramiento horizontal puesto que al ser esta más rígida se deforma como el suelo. El movimiento que se genera en el ente rígido tiene como resultado las aceleraciones, que varían en la altura de la edificación causan fuerzas inerciales, siendo diferente las aceleraciones que se presentan en los casos de base empotrada (Wolf, 1985). Este efecto es conocido como Interacción Cinemática.

Tercer Efecto: Las fuerzas de inercia que son aplicadas en la edificación tendrán como efecto el momento de volteo y cortante colateral de su base, provocando la deformación del suelo modificando, así como los movimientos en la estructura (Wolf, 1985), este efecto es conocido como Interacción Suelo – Estructura Inercial.

#### **a) Efectos de Sitio**

Es característico en suelos más blandos que los suelos o rocas subyacentes, generando un atrapamiento de ondas sísmicas y como resultado una amplificación del movimiento en la superficie, teoría unidimensional de propagación de ondas.

## **b) Interacción cinemática**

La interacción cinemática se refiere a la variedad de movimientos en un campo libre y la excitación real en la base.

Esto se origina por la rigidez del suelo a cimentar, impide que el suelo se adapte a las deformaciones causados por el movimiento de un campo libre, generando el fenómeno de difracción de ondas, el cual cambia el movimiento del suelo. El problema de la interacción cinemática han de resolverse mediante técnicas numéricas como el método de los elementos finitos, el método de los elementos de contorno o métodos mixtos.

## **c) Interacción Inercial**

Es un sistema de referencial, el cual las leyes del movimiento cumplen las leyes de Newton, es decir la variación del momento lineal de los sistemas es igual a las fuerzas reales. Se podría decir que es el caso más simple de ISE el cual se da en las cimentaciones pequeñas superficiales (zapatas aisladas, losas de cimentación, etc.), es decir que el terreno no tenga variación en la deformación con respecto al movimiento de una estructura en otra zona distinta.

En caso que el suelo no sea lo suficientemente rígido, se presentara deformaciones en toda la cimentación.

Garcia (2012) nos dice que: “La interacción inercial está conformada por la función de impedancia del suelo a cimentar” (p.32).

## MODELOS DE INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA

El problema de ISE nos permite un extenso número de diferentes formaciones de un problema, y a consecuencia de esto hay diferentes modificaciones en el esquema del cálculo de una edificación. Para aclarar las dificultades que surgen, es necesario analizar el más simple de ISE, el cual se refiere al de péndulo invertido con masas puntuales en los entrepisos.

Actualmente los modelos dinámicos más aceptados son los siguientes:

- Modelo dinámico Winkler – Coeficiente de Balasto
- Modelo dinámico V.A. Ilichev.
- Modelo dinámico A.E. Sargsian
- Modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov
- Modelo dinámico norma rusa Snip 2.02.05-87

### MODELO DINAMICO D.D. BARKAN – O.A. SAVINOV

Está fundado principalmente en la interacción de los cimientos con la base de cimentación en forma de un desarrollo implantado por vibraciones forzadas. Para este modelo teórico – experimental es necesario calcular 5 coeficientes de rigidez de los seis grados de libertad, debido a que en este modelo se restringe el giro en el eje “z”, a continuación, se muestran las formulas:

$$K_x = C_x * A$$

$$K_y = C_y * A$$

$$K_z = C_z * A$$

$$K_{\theta x} = C_{\theta x} * I_x$$

$$K_{\theta y} = C_{\theta y} * I_y$$

Dónde:

- $C_{\theta x,y}$  : Coeficientes de compresión elástica no uniforme
- $C_{x,y}$  : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme
- $C_z$  : Coeficientes de compresión elástica uniforme
- A : Área (base del cimiento)

- $I$  : Momento de inercia, en su eje principal con perpendicularidad al plano de vibración respecto a su base

Los coeficientes de compresión y desplazamiento elástico se pueden hallar de la siguiente manera:

$$C_z = X_z * \frac{E}{1 - \mu^2} * \frac{1}{\sqrt{A}}$$

$$C_x = X_x * \frac{E}{(1 + X_x \mu)(1 - \mu)} * \frac{1}{\sqrt{A}}$$

$$C_{\emptyset} = X_{\emptyset} * \frac{E}{1 - \mu^2} * \frac{1}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- $X_x, X_z$ , y  $X_{\emptyset}$  : Coeficientes dependientes en relación de base con dimensiones de la cimentación.
- $\mu$  : Coeficiente de Poisson

Al realizar las correcciones del modelo base, se modificaron a las siguientes expresiones:

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

$$C_x = C_y = D_0 \left[ 1 + \frac{2(a + b)}{\Delta * A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$C_{\emptyset x} = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a + 3b)}{\Delta * A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$C_{\emptyset y} = C_0 \left[ 1 + \frac{2(b + 3a)}{\Delta * A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

Dónde:

- $C_0, D_0$  : Coeficientes determinados de experimentos para  $\rho = \rho_0$
- $a, b$  : Dimensión del cimiento en planta.



- $\rho$  : Presión estática.
- $\Delta$  : Coeficiente empírico, para un cálculo útil se puede utilizar:  $\Delta = 1m^{-1}$

Para cálculos más funcionales se puede sugerir siguientes formulas:

$$C_0 = 1.7 * \frac{E_0}{1 - \mu^2} * 10^{-3} \left( \frac{kg}{cm^3} \right)$$

$$D_0 = 1.7 * \frac{E_0}{(1 + \mu)(1 - 0.5\mu)} * 10^{-3} \left( \frac{kg}{cm^3} \right)$$

Dónde:

- $E_0$  : Módulo de elasticidad, calculo teórico para una presión estática del suelo de  $0.1 - 0.2 \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$ .

Para la obtención del coeficiente  $D_0$ , se pudo demostrar que se puede emplear la dependía empírica:

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} * C_0$$

## MODELO DINÁMICO DE LA NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87

El modelo dinámico de la Norma Rusa considera seis grados de libertad en la Interacción suelo – estructura, sin la restricción de ningún grado. Los coeficientes de rigidez de:

- Compresión elástica uniforme:  $k_z$
- Desplazamientos elástico uniforme:  $k_x$
- Compresión elástica no uniforme:  $k_\varphi$
- Desplazamiento elástico no uniforme:  $k_\psi$

Se calculan por las siguientes expresiones:

$$K_x = C_x * A$$

$$K_y = C_y * A$$

$$K_z = C_z * A$$

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

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

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

Dónde:

A: Área base de la cimentación.

$I_x, I_y$ : Momento de inercia en la base de cimentación respecto al eje horizontal (pasa por el centro de gravedad perpendicular al plano de vibración).

$I_z$ : Momento de inercia en la base de cimentación respecto al eje vertical (pasa por el centro de gravedad de la cimentación, momento polar de inercia).

La característica fundamental elástica en la cimentación, es el coeficiente de compresión elástica uniforme  $C_z$ , este coeficiente se puede determinar por la siguiente expresión:

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

Dónde:

A: Área de la base de fundación.

$b_0$ : Coeficiente ( $m^{-1}$ ) asumido mediante la Tabla 1

E: Módulo de elasticidad del suelo en la base de la cimentación.

$A_{10} = 10 \text{ m}^2$ .

**Tabla 1:** Valores para el Coef.  $b_0$

TIPO DE SUELO DE FUNDACIÓN	$b_0 \text{ (m}^{-1}\text{)}$
Suelos arenosos	1.00
Arenas arcillosas	1.20
Arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas	1.20

Fuente: Villareal, 2009.

Los coeficientes de:

- Desplazamiento elástico no uniforme  $C_\psi$ .
- Compresión elástica no uniforme  $C_\phi$ .
- Desplazamiento elástico uniforme  $C_x$ .

Se determinan por la siguiente expresión:

$$C_x = 0.70 C_z$$

$$C_y = 0.70 C_z$$

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

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

$$C_{\psi z} = 2C_z$$

Como **enfoques conceptuales**, tenemos:

- **Análisis Estructural:**

Se refiere a la obtención de resultados como son las deformaciones, fuerzas cortantes, momentos, etc. Que se generan en una estructura.

- **Carga estructural:**

Son las fuerzas externas aplicadas a los elementos resistentes, o también su propio peso.

- **Concreto armado:**

Es un aglomerado de agregado grueso y fino en una dosificación dada por la especificación, que tiene por refuerzo barras de acero corrugado el cual le da flexión al concreto.

- **Esfuerzo de Compresión:**

Este esfuerzo se da cuando dos fuerzas externas al cuerpo, comprimen a este provocando la reducción de volumen, este será definido por el coeficiente de Poisson.

- **Deformación:**

Es el cambio de forma de un elemento el cual está sometida a fuerzas externas generado por las cargas aplicadas.

- **Desplazamiento:**

Es el cambio de posición de un elemento en un lugar y tiempo definido, incluye al desplazamiento axial por corte y rotación

- **Fuerza:**

Capacidad física para realizar un trabajo o un movimiento.

- **Perfil de suelo:**

Es el orden vertical de los estratos que tiene un suelo hasta llegar a su roca madre, el cual cada estrato presenta diferentes características.

- **Peso:**

Es una fuerza que actúa en dirección de la gravedad sobre un cuerpo o elemento, este equivale a la fuerza que es ejercida en un punto de apoyo sobre su masa.

- **Rigidez:**

Medida cualitativa con resistencia a las deformaciones producidas en un material, el cual tiene la capacidad de resistir los esfuerzos sin adquirir deformaciones.

- **Asentamiento:**

Es la deformación vertical en la superficie del suelo; en un suelo poco consolidado, causado por el peso de la mega estructura que lleva en la parte superior.

- **Sistema de Pórticos:**

Un sistema de pórticos está compuesto por vigas y columnas los cuales están conectados entre sí a través de nudos rígidos, obteniendo así resistencia en ambas direcciones (ejes X e Y).

- **Análisis estático:**

Su función principal en las estructuras es de evaluar en un estado de estrés de la estructura soportando las fuerzas constantes en el tiempo.

- **Análisis Dinámico:**

Es el análisis donde actúan las fuerzas sísmicas que afectan a una edificación, se dividen en:

- Análisis modal espectral.
- Análisis tiempo-historia.

En el diseño de edificaciones se utiliza más el modal espectral.

- **Frecuencia:**

Es el número de las repeticiones por una unidad de tiempo en cualquier evento periódico.

- **Fuerzas internas:**

Se producen en el interior de los elementos estructurales de una edificación debido a fuerzas externas, las cuales pueden ser: momentos flexionantes y torsionantes, fuerzas cortantes y axiales.

- **Periodo de vibración natural:**

Es el tiempo en que una masa completa, demora en completar un ciclo de movimiento.

### **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **3.1.1. Tipo de Investigación**

La investigación ha desarrollar es aplicada, debido a que estará enfocada a una en específico, en el cual se busca conocer las fuerzas máximas producidas al imputar el modelo de interacción suelo – estructura. Considerando el empotramiento en la base y base flexible (rigidez variable). El nivel es cuantitativo debido a que nos valoremos de números para analizar y comparar los resultados obtenidos al realizar ambas comparaciones de la estructura, es correccional debido a las variables de la estructura con ISE.

#### **3.1.2. Diseño de Investigación**

El tipo de investigación es explicativo y comparativo, porque se busca demostrar las diferencias que existen al analizar la estructura con el método convencional de base fija (empotrada) y con base flexible; utilizando los modelos dinámicos D.D. Barkan – O.A. Savinov y con la norma rusa Snip 2.02.05-87 para la edificación con base flexible.

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **a) Independientes**

- Rigidez variable.
- Comportamiento Dinámico de la Estructura.

#### **b) Dependientes**

- Fuerzas internas máximas estructurales con y sin ISE.
- Derivas de entrepiso, desplazamientos laterales y periodos de vibración.

### c) Operacionalización de Variables

*Tabla 2: Operacionalización de Variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de Medición</b>
Modelo de interacción: Rigidez Variable	Modelo estructural (base flexible)	Interviniente, Cuantitativa	Cohesión – Angulo de Fricción	Kg/cm <sup>2</sup>
Respuesta Estructural	Análisis estructural	Dependiente, Cuantitativa	Desplazamiento Rigidez	mm tn/m
Comportamiento Dinámico del Suelo	Base de la estructura	Independiente, Cuantitativa	Coefficiente de Pison Angulo de Fricción	tn/m <sup>3</sup> tn/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.3. Población, muestra y muestreo

- **Población:** La investigación aquí presente tiene como población en el módulo de aulas del I.E. Misty, ubicado en el distrito de Miraflores, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa; por lo que se considera población finita.
- **Muestra:** Se ha considerado una muestra no aleatoria para el análisis del módulo de aulas del I.E. Misty, ubicado en el distrito de Miraflores, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa, donde se considerará la base empotrada y base flexible con ISE.
- **Muestreo:** Será no probabilístico ya que el siguiente estudio no se enfoca en determinar un resultado en base a un conjunto de edificaciones, el análisis estructural será del módulo de aulas del I.E. Misty, ubicado en el distrito de Miraflores, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.

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

- **Técnicas**  
La técnica que se utilizara para recopilar la información es la observación, porque tiene por objetivo el análisis comparativo donde se observara los resultados del comportamiento del módulo de aulas,



considerando con empotramiento en la base y base flexible (rigidez variable).

- **Instrumentos**

Los instrumentos de observación serán los Software ETABS 2018; para generar el modelo de la estructura y analizarlo correspondiente. También la hoja de Cálculo Excel donde se desarrollará el cálculo de derivas de cada modelo estructural.

El software será validado por la empresa Autodesk para ETABS 2018; y de igual manera por Office para el Excel.

### **3.5. Procedimientos**

El proceso tiene los siguientes pasos:

- Realizar el modelamiento de la edificación en el programa Etabs 2018 con sus bases empotradas.
- Predimensionar y Diseñar las zapatas aisladas a través de los métodos de Terzaghi y Peck & Mesri.
- Calcular la capacidad de carga “ $q_d$ ” y obtener el coeficiente “ $k$ ”.
- Colocar coeficientes “ $k$ ” de cada zapata para ingresar al software Etabs 2018, para obtener las nuevas fuerzas en cada zapata, se obtendrán nuevos valores de “ $k$ ”.
- Analizar el sistema estructural tomando en cuenta los nuevos valores de “ $k$ ” en la base y comparar las fuerzas internas máximas de los modelos.

#### **Diseño de zapatas**

- Diseño por asentamiento
- Corroboración por capacidad de corte.

#### **Iteración**

- Para la realización del proceso se utilizará de manera conjunta el software ETABS 2018, con la ayuda de una hoja de cálculo de Excel, de tal forma que el suelo será modelado a través de estos y se correrá el software.

- Después de la obtención de las nuevas fuerzas en la base del módulo de aulas, se correrá con el análisis para luego ser comparadas.

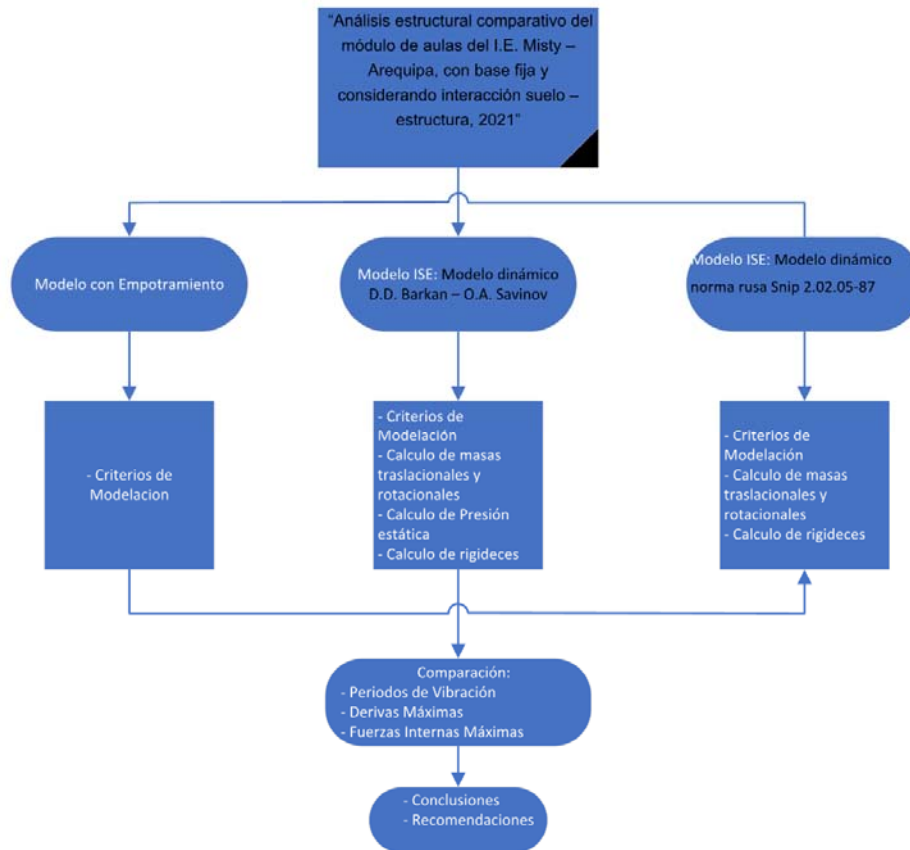
### 3.6. Métodos de análisis de datos

El método para el análisis de dato será inferencial ya que nos basaremos en la hipótesis central para la comparación de los datos obtenidos en cada iteración que se realice en el proyecto de tesis; según sea con base rígida (empotrada) o aplicando la Interacción suelo – estructura (ISE), variación de rigideces.

Los resultados obtenidos se presentarán en tablas de resultados de la comparativa de la variación de fuerzas internas con respecto a cada análisis.

Flujograma de Recolección de Datos: Secuencia de desarrollo en el trabajo de investigación.

**Figura 1:** Flujograma de Recolección de Datos



Fuente: Elaboración propia.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para la realización del presente proyecto de investigación, se tomará en cuenta el reglamento nacional de edificaciones E-030, cumpliendo con toda la normativa vigente y parámetros de diseño según corresponda.

La oficina central destinada a la investigación en la ciudad de Lima (UCV, 2016), nos dice que: “El investigador debe tener la obligación de manifestar e interpretar los resultados con fidelidad y exactitud, respecto con la propiedad intelectual, responsabilidad y ética” p(12). Por parte el investigador se compromete a respetar la fidelidad de las ponencias a juicios de expertos.

#### **IV. RESULTADOS**

## Características de la edificación

El bloque de aulas para el análisis se encuentra en ubicado en I.E. Misty, distrito de Miraflores, Provincia de Arequipa y Departamento de Arequipa.

La altura de los tres niveles es de 3.20 m., cuenta con un pasillo de 2.15m. de ancho y una caja de escaleras que llega todos los niveles, el sistema estructural que se plante es un sistema dual a base muros estructurales y pórticos de concreto armado. Los planos de planta de arquitectura se pueden ver a detalle en Anexos.

El bloque consta de los ambientes mencionados a continuación:

**Tabla 3:** Ambientes 1° Nivel

<b>Ambiente</b>	<b>Cantidad</b>
Aula 01	01
SS. HH. Niñas	01
SS. HH. Niños	01
S.H. Minusválidos Niñas	01
S.H. Minusválidos Niños	01
Cuarto de limpieza (Baños)	01
Deposito (baños)	01
S.H. Docentes Varones	01
S.H. Docentes Mujeres	01
Tópico – Psicología (S.H. Incluido)	01
Cuarto de Maquinas	01
Almacén de Residuos	01
Guardianía (S.H., Habitación)	01
S.H. Visitas varones	01
S.H. Visitas mujeres	01
Cuarto Eléctrico	01
Caja de escaleras	01

Fuente: Elaboración Propia, 2021

**Tabla 4:** Ambientes 2° Nivel

<b>Ambiente</b>	<b>Cantidad</b>
Aula 06	01
SS. HH. Niñas	01
SS. HH. Niños	01
S.H. Minusválidos Niñas	01
S.H. Minusválidos Niños	01
Cuarto de limpieza (Baños)	01
Deposito (baños)	01
S.H. Docentes Varones	01
S.H. Docentes Mujeres	01

Sala de Innovación	01
Mantenimiento de Equipos	01
Deposito	01
Data	01
Caja de escaleras	01

Fuente: Elaboración Propia, 2021

**Tabla 5: Ambientes 3° Nivel**

Ambiente	Cantidad
Cocina – Comedor	01
Tutoría	01
Mod. De Acomp. y Consej.	01
Cuarto de Limpieza	01
S.H. Docentes Varones	01
S.H. Docentes Mujeres	01
Espera (dirección)	01
S.H. – Hall	02
Deposito	01
Dirección	01
Secretaria	01
Archivos	01
Sala de Reuniones	01
Área de Trabajo	01

Fuente: Elaboración Propia, 2021

### Parámetros de la edificación

El sistema estructural para el boque de aulas del I.E. Misty, es de Sistema Dual conformado con muros estructurales y pórticos de concreto armado en ambas direcciones de diseño, cumpliendo así con lo que se menciona en el RNE E0.30 - 2018, con respecto a edificaciones esenciales (Categoría A2) mencionado en el Artículo 17.

### Las propiedades de los materiales:

**Tabla 6: Propiedades de los Materiales**

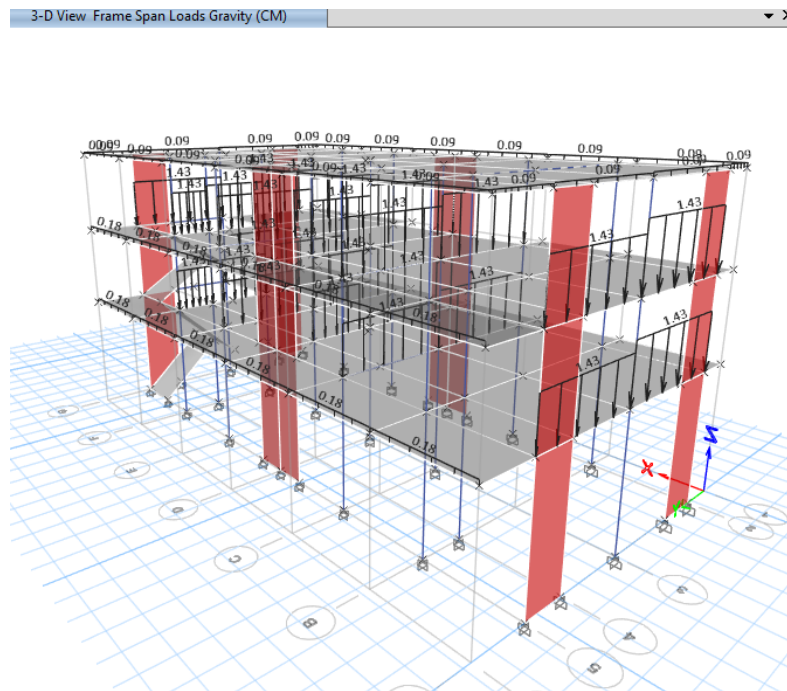
Propiedades de los Materiales	
Resistencia a la compresión del concreto	$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Elasticidad	$Ec = 217,370.65 \text{ kg/cm}^2$
Peso específico del concreto	$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
Coefficiente de Poisson del concreto	$\mu = 0.2$
Esfuerzo de Fluencia del Acero corrugado	$fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia, 2021

## Definición de cargas:

- Carga Muerta (CM): Repartida por  $m^2$  y  $m$ 
  - Tabiquería (alfeizar  $h=0.60m.$  en pasillos) :  $0.18 \text{ kgf/m}$
  - Tabiquería (muros de  $e= 0.25cm$ ) :  $1.43 \text{ tnf/m}$
  - Tabiquería (Alfeizar  $h= 0.30m.$  en azotea) :  $0.09 \text{ tnf/m}$
  - Losa aligerada ( $e=0.20m.$ ) :  $300 \text{ kgf/m}^2$
  - Sobrecarga por piso terminado :  $100 \text{ kgf/m}^2$
  - Acabados :  $50 \text{ kgf/m}^2$

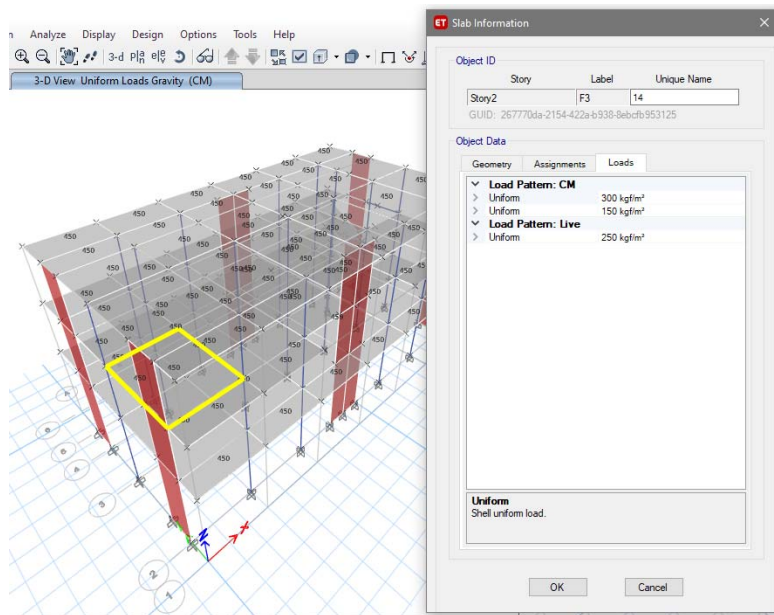
**Figura 2:** Asignación de Cargas Lineales



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

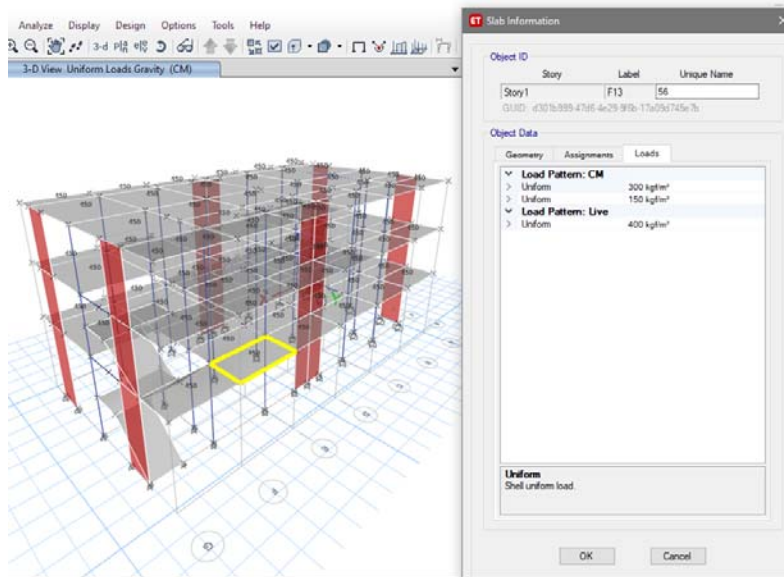
- Carga Viva (CV): Se definió según RNE 0.20 (cargas)
  - Centros Educativos:
    - Aulas :  $250 \text{ kgf/m}^2$
    - Corredores y escaleras :  $400 \text{ kgf/m}^2$
  - Núcleo de baños :  $300 \text{ kgf/m}^2$
  - Azotea :  $100 \text{ kgf/m}^2$

**Figura 3: Asignación de Carga Muerta y Viva en Aligerados (Aulas)**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 4: Asignación de Carga Muerta y Viva en Aligerados (Pasillos)**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2



### **Características del Suelo de Fundación:**

Las características obtenidas mediante el estudio de mecánica de suelo para el presente proyecto y el cálculo de sus propiedades dinámicas del suelo son las siguientes:

*Tabla 7: Características del Suelo*

<b>Tipo de Suelo</b>	<b>SM</b>
Densidad del suelo	1.62 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad del suelo	5000 ton/m <sup>2</sup>
Angulo de Fricción Interna	25.60°
Coefficiente de Poisson	0.30
Profundidad de Desplante	1.80 m.
Capacidad Portante	1.56 kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Estudio de Mecánica de Suelos

### **Criterios para una estructura Sismo resistente:**

Para realizar una estructura sismo-resistente, debe acercarse lo más posible a la realidad acorde se indique en el proyecto, para obtener un análisis más exacta a la estructura real.

Los criterios principales que se debe tener en cuenta al momento de la estructuración de la edificación son las siguientes:

- Simplicidad y simetría
- Resistencia y Ductilidad
- Uniformidad y continuidad Vertical
- Rigidez lateral

## **4.1. ANÁLISIS SÍSMICO**

### **Parámetros para el Análisis Sísmico**

Estos parámetros son obtenidos del Reglamento Nacional de Edificaciones E0.30 – 2018, según la Zona (Z), tipo de suelo (S), categoría de la Edificación (U), Factor de Amplificación Sísmica (C) y Sistema Estructural (R), los cuales se presenta en el siguiente cuadro:

## Ubicación:

Departamento : Arequipa  
Provincia : Arequipa  
Distrito : Miraflores

**Tabla 8: Parámetros para el Análisis Sísmico**

<b>Z=</b>	0.35	Factor de Zona
<b>U=</b>	1.5	Factor de Uso
<b>C=</b>	2.5	Factor de Amplificación Sísmica
<b>S=</b>	1.15	Factor de Amplificación del Suelo
<b>R=</b>	7	Coefficiente de reducción de las fuerzas Sísmicas

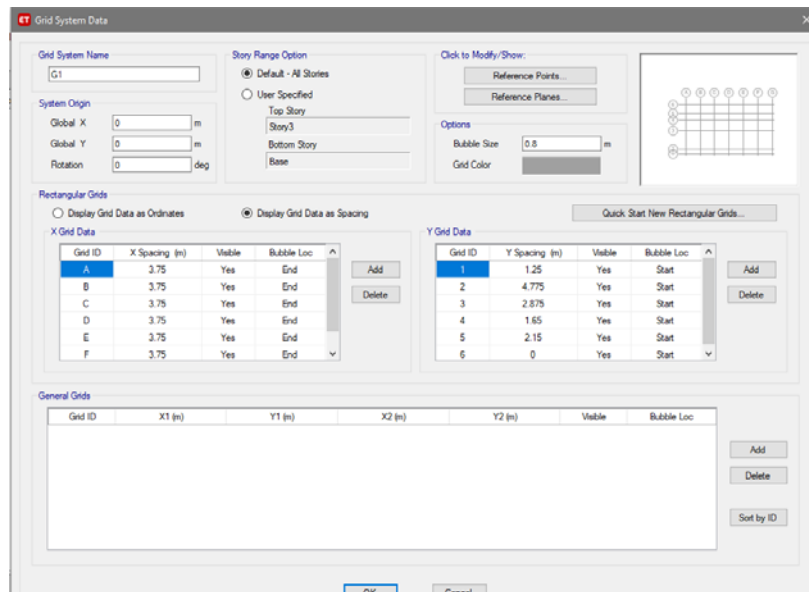
Fuente: Elaboración propia

### 4.1.1. Modelamiento de la Estructura

Para la realización del modelo estructural en ETABS v18, a continuación:

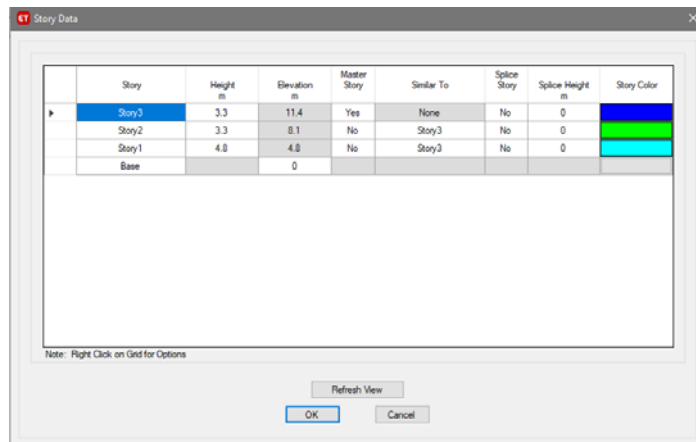
#### a) Edición de las grillas y altura de la edificación:

**Figura 5: Edición de Grillas Ejes "X" e "Y"**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

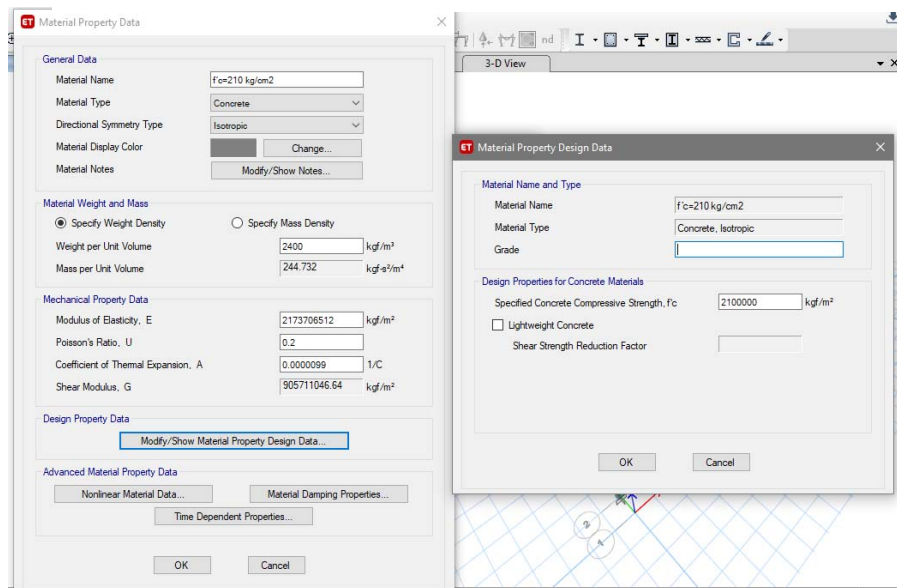
**Figura 6: Edición de Niveles**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

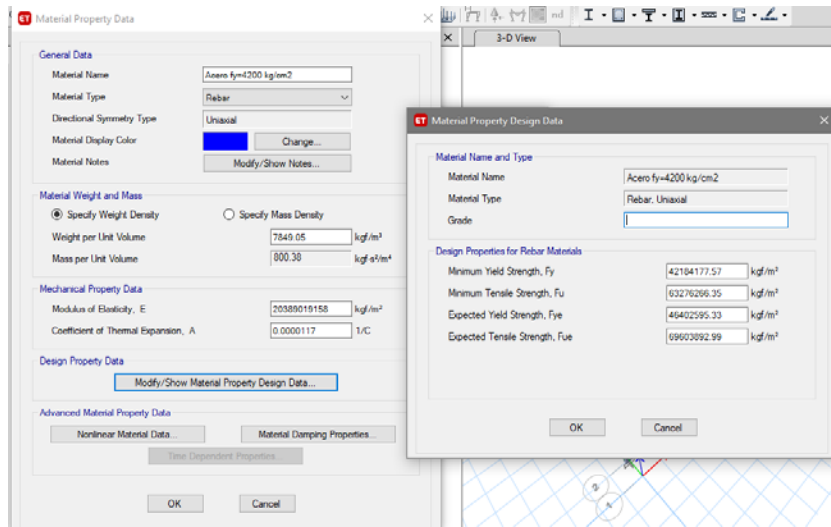
**b) Definición de las Propiedades de los Materiales:**

**Figura 7: Definición del Concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**



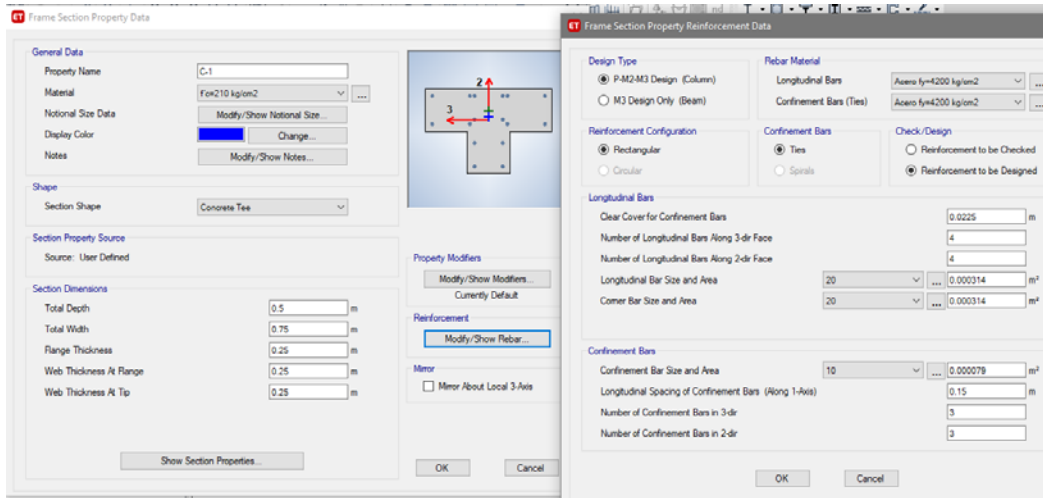
Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 8: Definición de Acero Corrugado  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$**



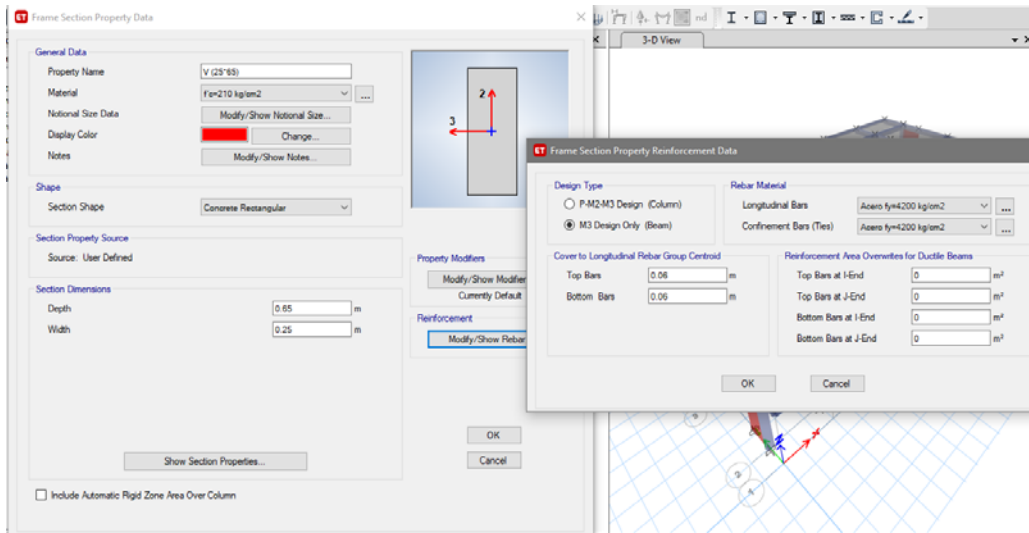
**c) Definición de los elementos Frame:**

**Figura 9: Definición de Elementos Frame - Columnas**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

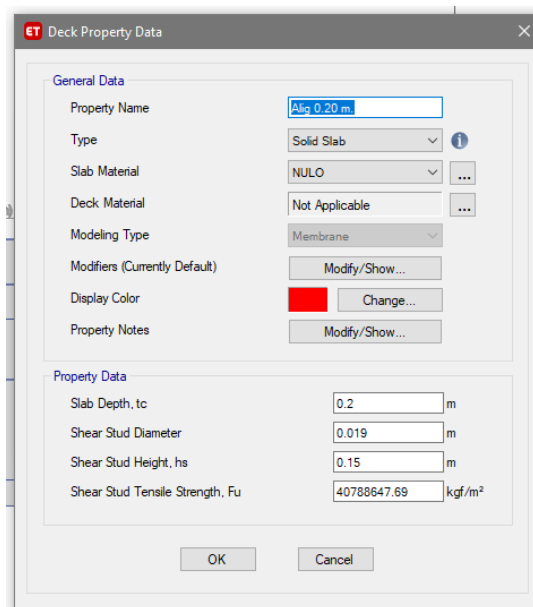
**Figura 10: Definición de Elementos Frame - Vigas**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**d) Definición de los elementos Deck (Losa Aligerada  $e=0.20m$ ):**

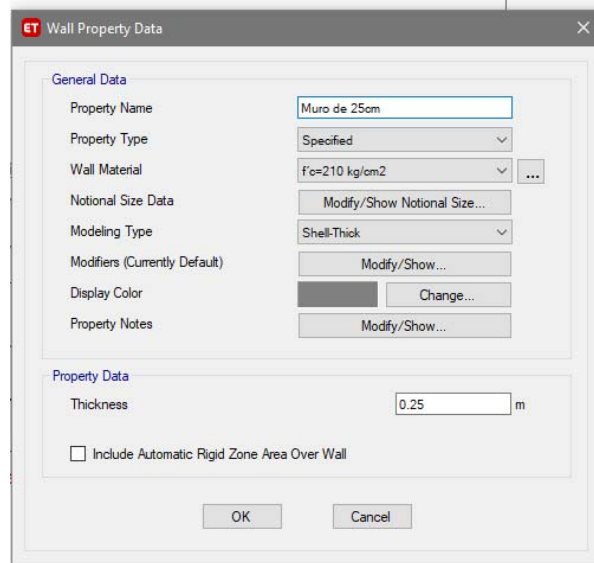
**Figura 11: Definición elementos Deck para Losa Aligerada  $e=0.20m$ .**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**e) Definición de los elementos Wall (Muros e=0.25m.):**

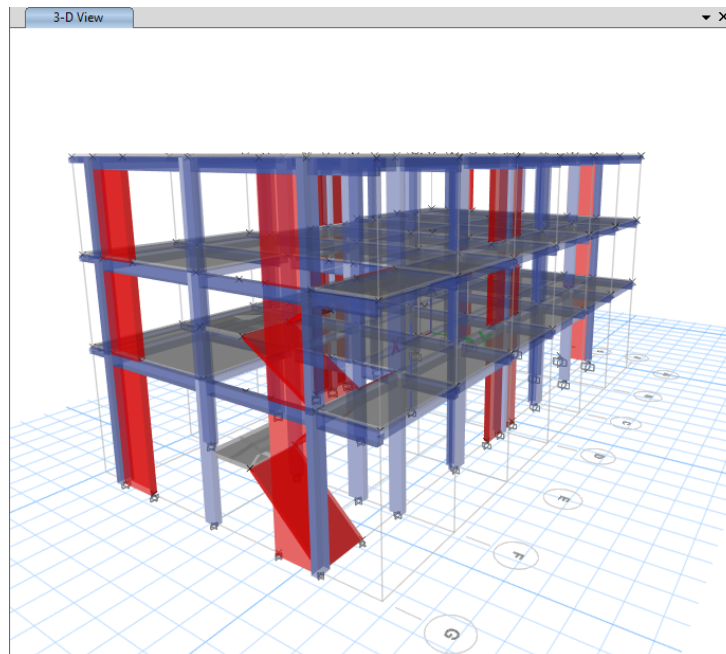
*Figura 12: Definición elementos Wall (muros) e=0.25m.*



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Vista completa con los elementos frame, deck y wall

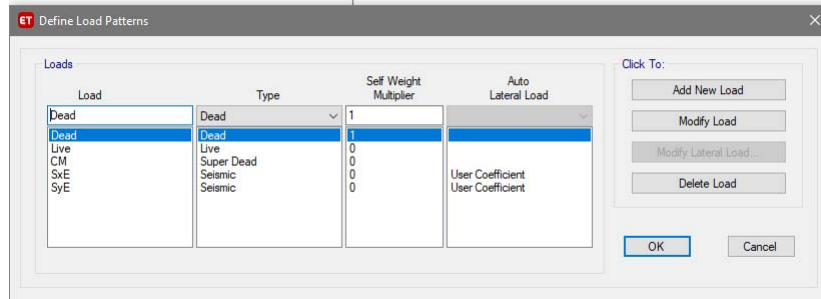
*Figura 13: Vista en 3D de la Edificación*



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

f) Definición de patrones de carga:

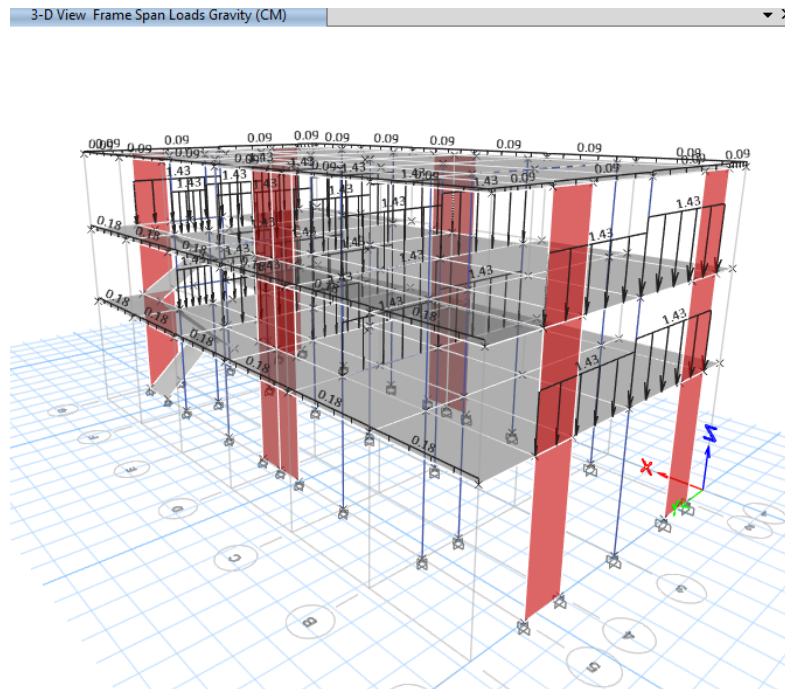
Figura 14: Patrones de Carga



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

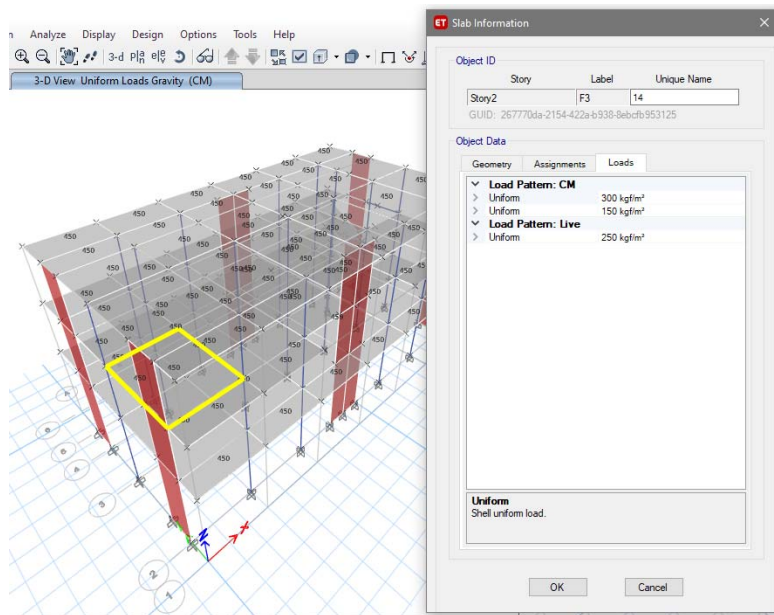
g) Asignación de Cargas:

Figura 15: Cargas Lineales de parapetos y muros



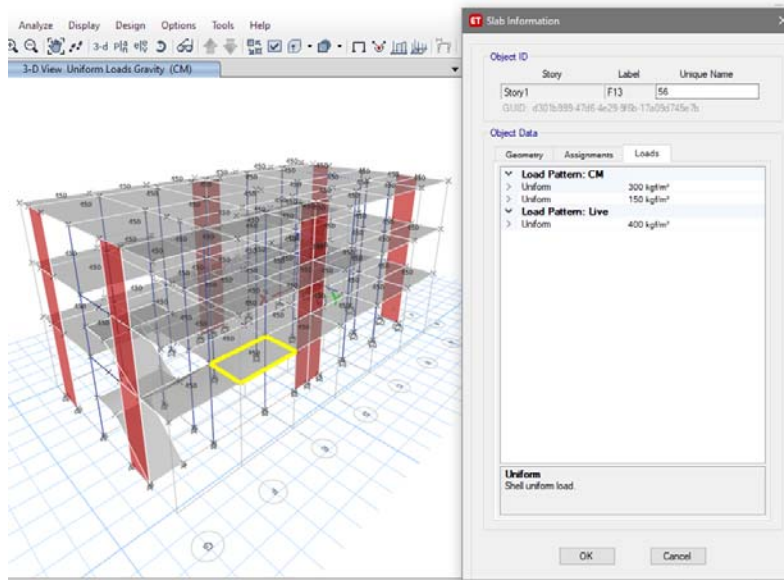
Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 16: Cargas Repartidas en Aulas (CM y Live)**



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 17: Cargas Repartidas en pasillo (CM y Live)**

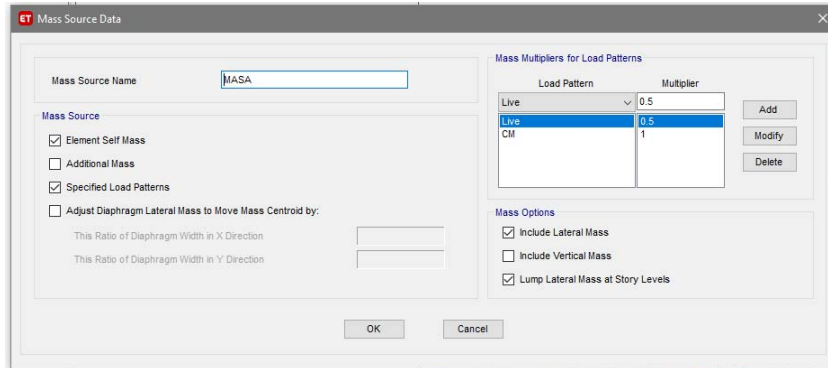


**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2



## h) Definición de Masa de la Estructura:

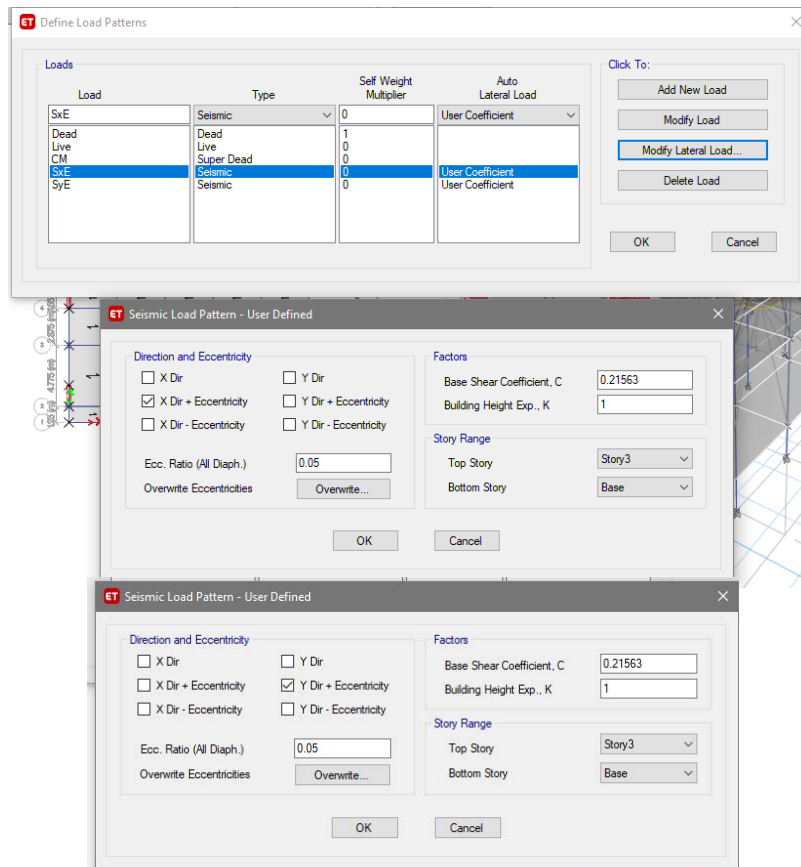
Figura 18: Masa de la Estructura



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

## i) Definición de Fuerzas Sísmicas Estáticas:

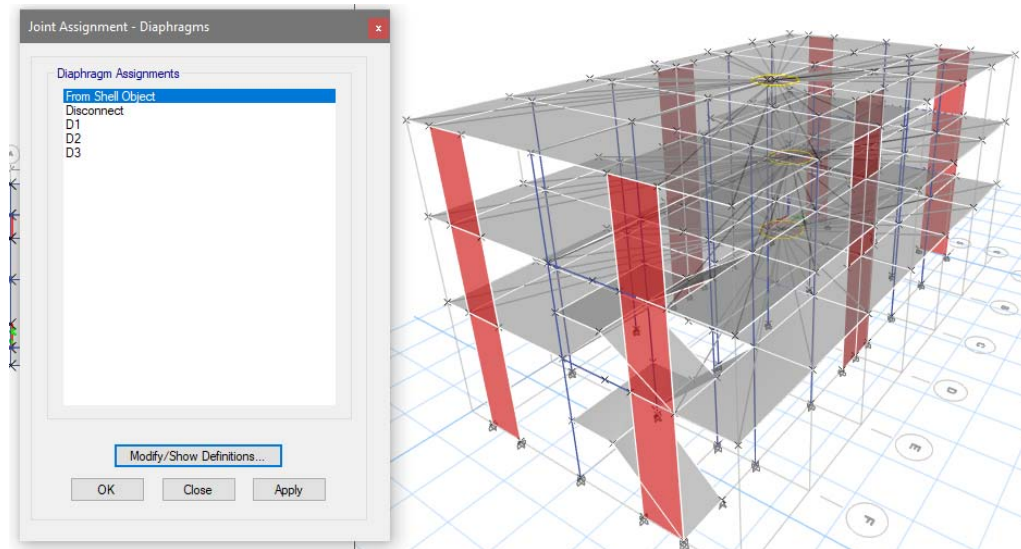
Figura 19: Fuerzas Sísmicas Estáticas en "X" e "Y"



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

## j) Asignación de Diafragma Rígido por nivel:

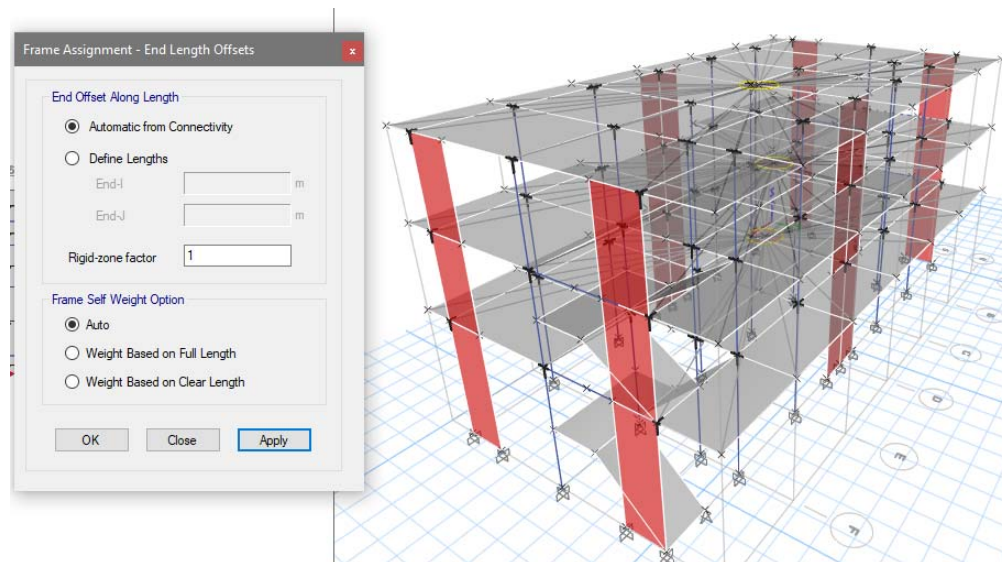
*Figura 20: Diafragmas Rígidos*



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

## k) Definición de brazos Rígidos:

*Figura 21: Brazos Rígidos*



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

- I) **Definición del Espectro de Diseño:** Para la definición del espectro se consideró también el sismo vertical el cual nos indica en la Norma E.030 – 2018 en el artículo 40 para volados grandes, el cual se calculó el espectro en función de la dirección “Z”, se muestra a continuación:

Figura 22: Espectro de Diseño Vertical

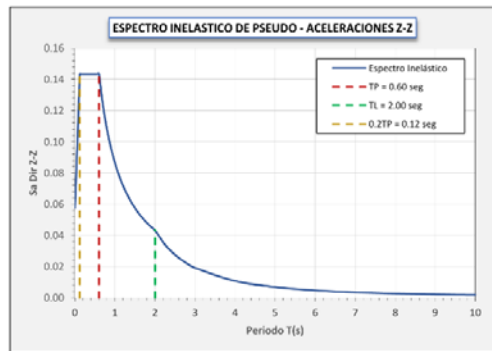
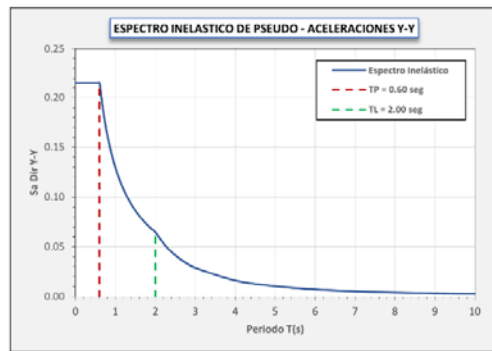
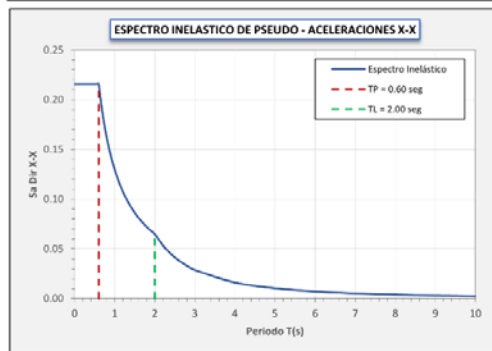
DATOS	FACTORES	DATOS	DIR X-X	DIR Y-Y
<i>Norma Técnica de Edificación E 030 - 2018</i>				
Z	0.35	R <sub>0</sub>	7.00	7.00
U	1.50	I <sub>a</sub>	1.00	1.00
S	1.15	I <sub>p</sub>	1.00	1.00
T <sub>p</sub>	0.60	R <sub>0-Y</sub>	7.00	7.00
T <sub>L</sub>	2.00	Config.	REGULAR	REGULAR
0.2T <sub>p</sub>	0.12	g	1 m/s <sup>2</sup>	

T	C <sub>u</sub>	C <sub>v</sub>	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y	Sa Dir Z-Z
0.00	2.500	1.000	0.21563	0.21563	0.05750
0.01	2.500	1.125	0.21563	0.21563	0.06469
0.02	2.500	1.250	0.21563	0.21563	0.07188
0.03	2.500	1.375	0.21563	0.21563	0.07906
0.04	2.500	1.500	0.21563	0.21563	0.08625
0.05	2.500	1.625	0.21563	0.21563	0.09344
0.06	2.500	1.750	0.21563	0.21563	0.10063
0.08	2.500	2.000	0.21563	0.21563	0.11500
0.10	2.500	2.250	0.21563	0.21563	0.12938
0.12	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.14	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.16	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.18	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.20	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.25	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.30	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.35	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.40	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.45	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.50	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.55	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.60	2.500	2.500	0.21563	0.21563	0.14375
0.65	2.308	2.308	0.19904	0.19904	0.13269
0.70	2.143	2.143	0.18482	0.18482	0.12321
0.75	2.000	2.000	0.17250	0.17250	0.11500
0.80	1.875	1.875	0.16172	0.16172	0.10781
0.85	1.765	1.765	0.15221	0.15221	0.10147
0.90	1.667	1.667	0.14375	0.14375	0.09583
0.95	1.579	1.579	0.13618	0.13618	0.09079
1.00	1.500	1.500	0.12938	0.12938	0.08625
1.10	1.364	1.364	0.11761	0.11761	0.07841
1.20	1.250	1.250	0.10781	0.10781	0.07188
1.30	1.154	1.154	0.09952	0.09952	0.06635
1.40	1.071	1.071	0.09241	0.09241	0.06161
1.50	1.000	1.000	0.08625	0.08625	0.05750
1.60	0.938	0.938	0.08086	0.08086	0.05391
1.70	0.882	0.882	0.07610	0.07610	0.05074
1.80	0.833	0.833	0.07188	0.07188	0.04792
1.90	0.789	0.789	0.06809	0.06809	0.04539
2.00	0.750	0.750	0.06469	0.06469	0.04313
2.25	0.593	0.593	0.05111	0.05111	0.03407
2.50	0.480	0.480	0.04140	0.04140	0.02760
2.75	0.397	0.397	0.03421	0.03421	0.02281
3.00	0.333	0.333	0.02875	0.02875	0.01917
4.00	0.188	0.188	0.01617	0.01617	0.01078
5.00	0.120	0.120	0.01035	0.01035	0.00690
6.00	0.083	0.083	0.00719	0.00719	0.00479
7.00	0.061	0.061	0.00528	0.00528	0.00352
8.00	0.047	0.047	0.00404	0.00404	0.00270
9.00	0.037	0.037	0.00319	0.00319	0.00213
10.00	0.030	0.030	0.00259	0.00259	0.00173

**ACELERACION ESPECTRAL**  
 Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

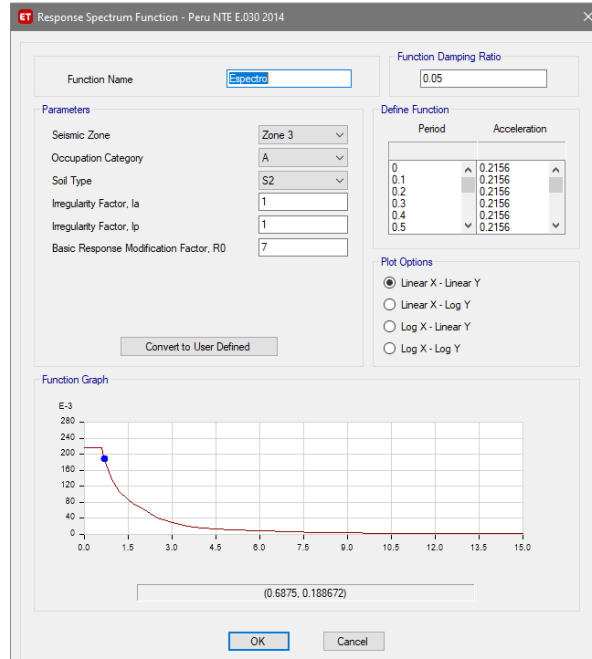
$$S\ddot{\alpha} = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Para el análisis en la dirección vertical podrá usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales, excepto para la zona de periodos muy cortos  $T < 0,2 \cdot T_p$ ,  $C = 1 + 7,5 \cdot \left(\frac{T}{T_p}\right)$



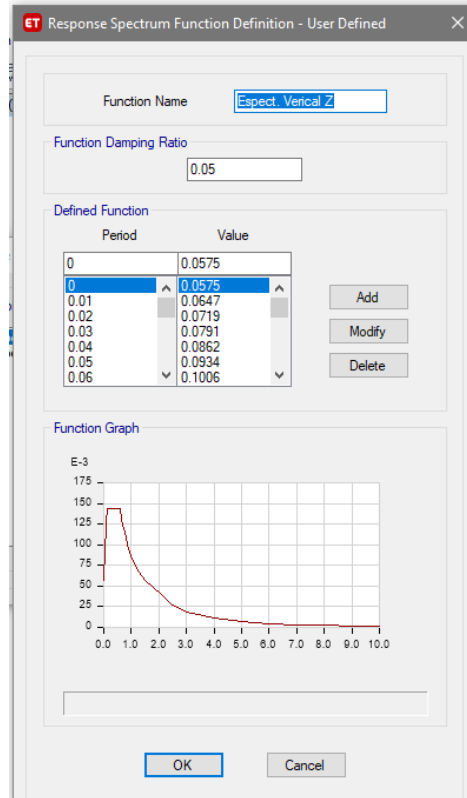
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 23: Espectro de Diseño según Etabs**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

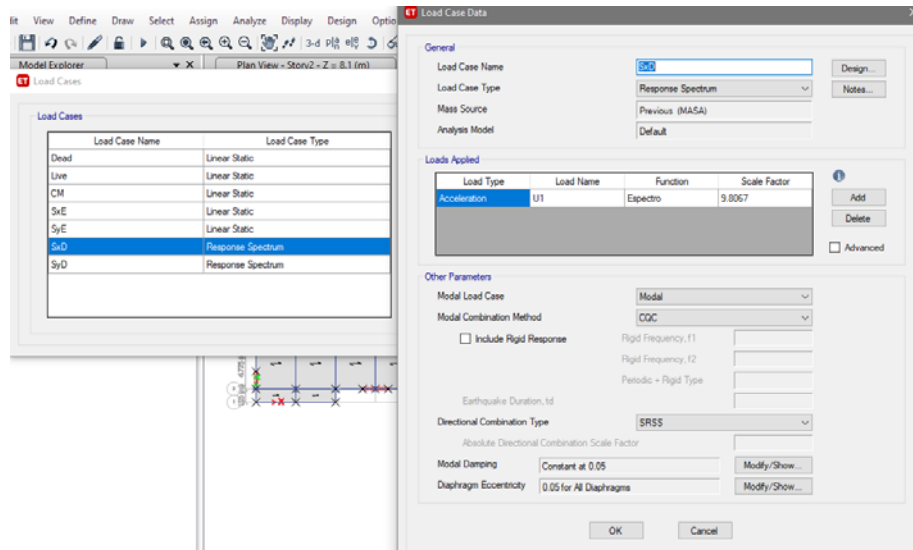
**Figura 24: Espectro de Diseño Vertical en Etabs**



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

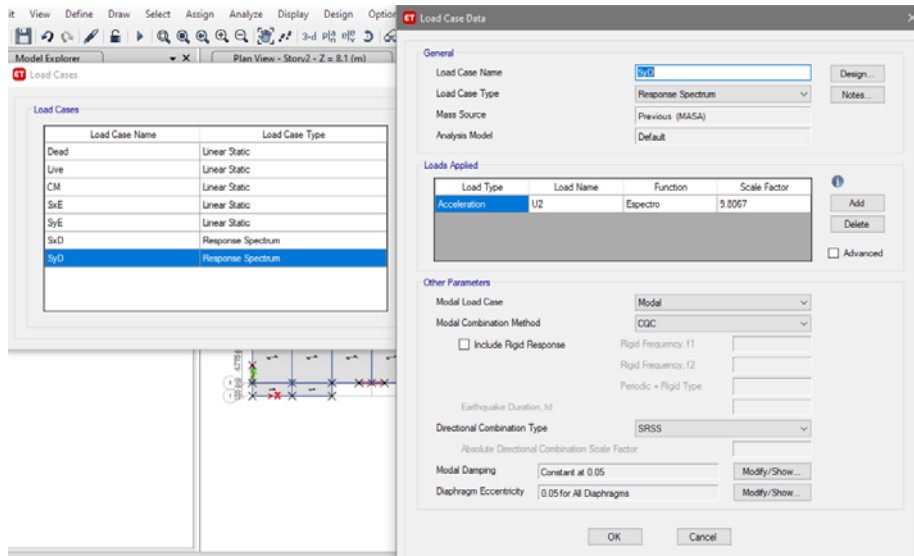
m) Definición de Fueras Sísmicas según Espectro de Diseño:

Figura 25: Fuerza Sísmica Dinámica "X"



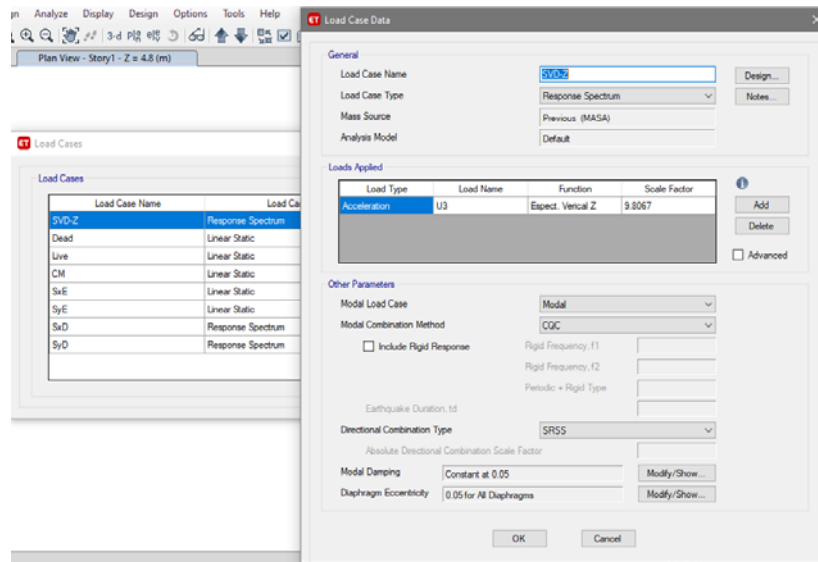
Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Figura 26: Fuerza Sísmica Dinámica "Y"



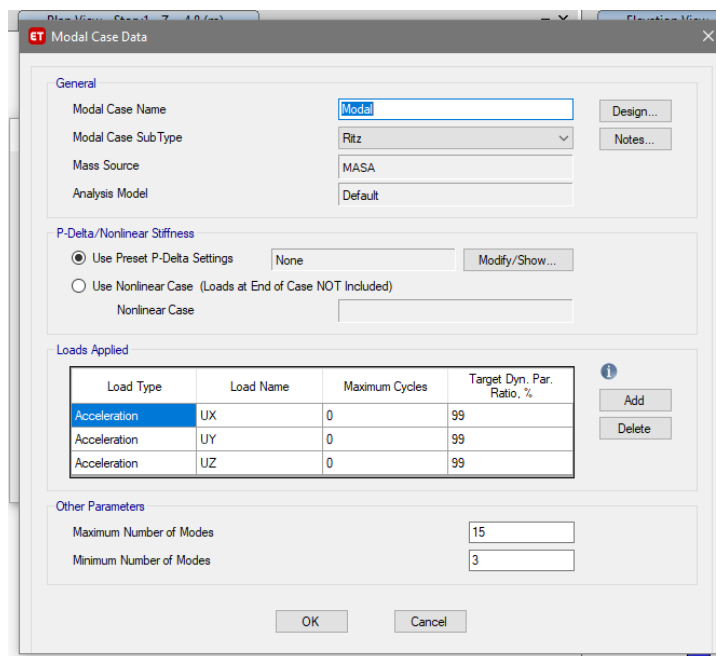
Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 27: Fuerza Sísmica Dinámica "Z"**



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 28: Asignación de Fuerza Vertical en el Sistema Modal de Etabs**



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

#### 4.1.2. Combinaciones de Cargas:

Para la estructura se empleó un total de 9 combinaciones y dos envoltentes para las direcciones “X” e “Y”, las cuales son las siguientes:

**Tabla 9:** Cuadro de Combinaciones de Cargas

<b>Comb.1</b>	<b>1.4 CM + 1.7 CV</b>
Comb.2	1.25 CM + 1.25 CV + SxD
Comb.3	1.25 CM + 1.25 CV - SxD
Comb.4	0.90 CM + SxD
Comb.5	0.90 CM - SxD
Comb.6	1.25 CM + 1.25 CV + SyD
Comb.7	1.25 CM + 1.25 CV - SyD
Comb.8	0.90 CM + SyD
Comb.9	0.90 CM - SyD
Envolvente X	Comb. 1 hasta Comb 5
Envolvente Y	Comb. 1 + Comb. 6 hasta Comb. 9

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.3. Irregularidades estructurales

Para las irregularidades estructurales se basó en las Tablas N°8 y Tabla N°9 del Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 – 2018, los cuales son Irregularidad Estructurales en Altura (Ia) e Irregularidades Estructurales en Planta (Ip) correspondientemente, los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 10:** Irregularidad Estructural en Altura (Ia)

<b>IRREGULARIDADES</b>	<b>Factor de Irregularidad (Ia)</b>
Irregularidad de Rigidez - Piso blando	1
Irregularidad de Resistencia - Piso débil	1
Irregularidad Extrema de Rigidez	1
Irregularidad Extrema de Resistencia	1
Irregularidad de Masa o Peso	1
Irregularidad Geométrica Vertical	1
Discontinuidad de los Sistemas Resistentes	1
Discontinuidad Extrema de los Sistemas Resistentes	1

Fuente: Elaboración Propia

Después de realizar el análisis correspondiente, se llegó a la conclusión que no existe Irregularidades en Altura, por lo tanto, asumimos que el valor de **Ia = 1.00**

**Nota:** Los cuadros de cálculo para las Irregularidades Estructurales en Altura se encuentra en Anexos.

**Tabla 11: Irregularidad Estructural en Planta ( $I_p$ )**

Irregularidades	Factor de Irregularidad ( $I_p$ )
Irregularidad Torcional	1
Irregularidad Torcional Extrema	1
Esquinas Entrantes	1
Discontinuidad del Diafragma	1
Sistemas no Paralelos	1

**Fuente:** Elaboración Propia

Después de realizar el análisis correspondiente, se llegó a la conclusión que no existe Irregularidades en Planta, por lo tanto, asumimos que el valor de  $I_p = 1.00$

**Nota:** Los cuadros de cálculo para las Irregularidades Estructurales en Planta se encuentra en Anexos.

Según lo mencionado en Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 – 2018, en la Tabla N°10 de Categoría y Regularidad de las Edificaciones, Artículo 21.1; se muestra:

**Tabla 12: Categoría y Regularidad de las Edificaciones**

Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4,3 y 2	No se permiten Irregularidades
	1	No se permiten Irregularidades Extremas
B	4,3 y 2	No se permiten Irregularidades Extremas
	1	Sin Restricciones
C	4 y 3	No se permiten Irregularidades Extremas
	2	No se permiten Irregularidades Extremas excepto en edificaciones de hasta 2 pisos u 8m de altura total
	1	Sin Restricciones

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 - 2018

La edificación por ser categoría A1 y Zona 3, **No se permite Irregularidades**, el cual cumple según lo norma E.030 – 2018.



## 4.2. ANÁLISIS ESTÁTICO

Para llevar a cabo el análisis estático de la estructura se consideró los parámetros descritos en la **tabla 8**, usando el coeficiente sísmico calculado según la norma E.030 – 2018, dando como resultado:

1. Parámetros de sitio (S, Tp y TL):

Perfil de Suelo tipo (S): S2

**Tabla 13:** Perfil del Suelo S2

<b>S</b>	1.15
<b>Tp</b>	0.6
<b>TL</b>	2.0

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 - 2018

2. Periodo Fundamental de vibración (T):

“T”, estimado según norma E.030 - 2018

$$T = \frac{hn}{Ct}$$

**Tabla 14:** Periodo Fundamental

<b>hn</b>	11.4
<b>Ct</b>	45
<b>T</b>	0.253

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 – 2018

En este caso tomaremos el periodo calculado por el Software Etabs V18, ya que el periodo (T), que nos dice la norma es “T” teórico; por lo tanto, se trabajara con el periodo “T” del software:

**Tabla 15:** Modos y Periodos de Vibración - Etabs V18

Case	Mode	Period Sec.
Modal	1	0.375
Modal	2	0.367
Modal	3	0.283

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

Por lo tanto, nuestro periodo fundamental de vibración (T): T = 0.375

3. Factor de Amplificación Sísmica (C):

**Tabla 16: Factor de Amplificación Sísmica**

Si	T < T <sub>p</sub>	
Entonces:	C	2.5

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 – 2018

4. Factores de Irregularidad (I<sub>a</sub> e I<sub>p</sub>):

**Tabla 17: Factores de Irregularidad**

Irregularidad en Altura	I <sub>a</sub>	1
Irregularidad en Planta	I <sub>p</sub>	1

**Fuente:** Elaboración propia

5. Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas (I<sub>a</sub> e I<sub>p</sub>):

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

**Tabla 18: Coeficientes Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas**

<b>R<sub>0</sub></b>	7
<b>I<sub>a</sub></b>	1
<b>I<sub>p</sub></b>	1
<b>R</b>	7

**Fuente:** Elaboración propia

6. Fuerzas Cortantes en la Base (V):

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P$$

Condición:

El valor de C/R no se considera menor que:  $\frac{C}{R} \geq 0.11$

C/R Calculado	0.36	≥0.11
---------------	------	-------

Entonces:  $\frac{ZUCS}{R} = 0.21563$

Para la estimación del peso de la estructura:

$$P = 100\%CM + \%CV \quad CM = \text{Carga Muerta o Permanente}$$

$$CV = \text{Carga Viva o Sobrecarga}$$

**Tabla 19: Masa de la Estructura**

Story	UX	UY	UZ
	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m
Story3	21.81	21.81	0
Story2	33.96	33.96	0
Story1	35.47	35.47	0
Base	4.01	4.01	0

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

Para calcular el peso de la estructura se considera la gravedad: 9.8067 m/s<sup>2</sup>, teniendo el siguiente cuadro:

**Tabla 20: Peso de la Estructura**

	Peso (ton)
Piso 3	213.92
Piso 2	333.08
Piso 1	347.88
<b>Peso Total</b>	<b>894.87</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Calculamos la cortante en la Base:

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P = 192.96$$

Para la distribución de la fuerza Sísmica en Altura, el valor de “k” se tomará el valor de 1, por lo indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 – 2018, cuando el periodo de “T” es menor o igual a 0.5 segundos, el periodo de la edificación es: T = 0.373; indicado en la **Tabla 15**.

Para las fuerzas cortantes por piso se calcula por las siguientes expresiones:

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

**Tabla 21:** *Calculo de Fuerzas Cortantes por Piso*

	Peso (ton)	h(m)	Pi(hi)^k	αi	Fi
<b>Piso 3</b>	213.92	11.4	2438.64	0.358	69.134
<b>Piso 2</b>	333.08	8.1	2697.92	0.396	76.484
<b>Piso 1</b>	347.88	4.8	1669.81	0.245	47.338
<b>Peso Total</b>	894.87	<b>Σ = Pi(hi)^k</b>	6806.37	1.000	192.956

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 22:** *Fuerzas Cortantes por Piso*

Niveles	Fuerzas laterales por piso	Fuerzas Cortantes por piso
<b>Piso 3</b>	69.134	69.134
<b>Piso 2</b>	76.484	145.618
<b>Piso 1</b>	47.338	192.956

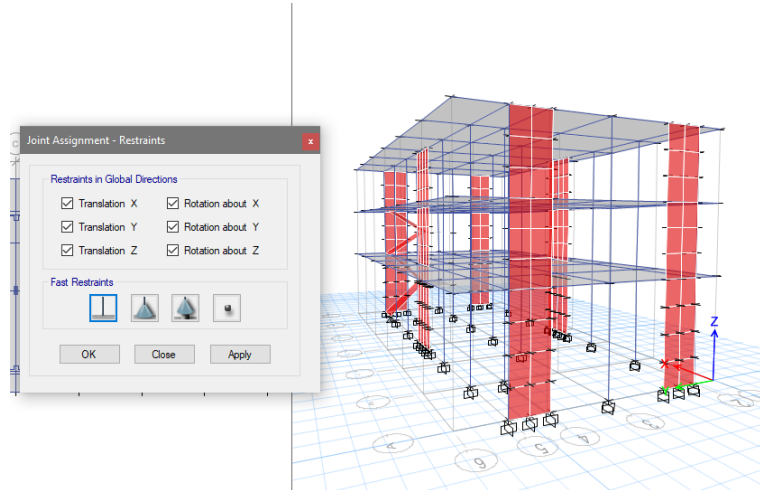
**Fuente:** Elaboración propia

### 4.3. ANÁLISIS DINAMICO

#### 4.3.1. CONSIDERANDO LA BASE EMPOTRADA:

El análisis Sísmico Dinámico se realizó un empotramiento perfecto en su base como primer modelo de análisis, para verificar el cumplimiento de lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 – 2018.

*Figura 29: Restricción de los apoyos en la Base*



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Se asignó el espectro de diseño para ambas direcciones de Diseño tanto como para “X” e “Y”, así como se muestra en las **Imágenes 23 y 24**.

Para el análisis Dinámico:

- a) **Fuerza Cortante Mínima;** la norma E.030 – 2018 nos dice que para estructuras Regulares la fuerza cortante Dinámica en el primer entresiso de la estructura debe ser mayor al 80% de la Fuerza Cortante Estática.

**Tabla 23:** Fuerzas Cortantes en "X"

<b>V SxE=</b>	<b>Vtotal</b>	192.96	Tonf
	<b>V SxD</b>	167.07	Tonf
	<b>V SxE (escalada al 80%)</b>	154.36	Tonf

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 24:** Fuerzas Cortantes en "Y"

<b>V SyE=</b>	<b>Vtotal</b>	192.96	Tonf
	<b>V SyD</b>	161.15	Tonf
	<b>V SyE (escalada al 80%)</b>	154.36	Tonf

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Se observa en la **Tabla 23**, que la Cortante Estática en "X" ( $V SxE$ ) es 192.96 tonf y la fuerza Cortante Dinámica ( $V SxD$ ) es 167.07 tonf, al escalar la Cortante Estática al 80% se obtiene un valor de 154.36 tonf; por lo tanto, se verifica que la fuerza Cortante Dinámica es mayor, entonces cumple

También en la **Tabla 24** se observa las Cortantes para el eje "Y", el cual también cumple.

- b) Sistema Estructural**, para la edificación se planteó un sistema estructural Dual, para ello la norma nos dice que los muros estructurales deben absorber ente el 20% como mínimo y el 70% como máximo de las fuerzas cortantes en la base de la edificación.

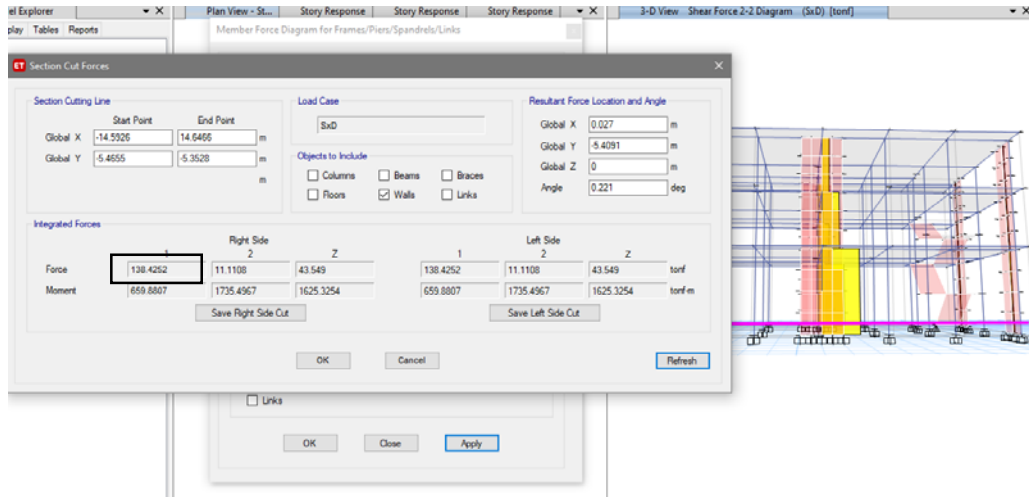
Se verifica el sistema estructural:

**Tabla 25:** Fuerzas Cortantes en Muros eje "X"

<b>V SxE=</b>	<b>Vtotal</b>	192.96	Tonf
	<b>V SxD</b>	167.07	Tonf
	<b>V SxE (escalada al 80%)</b>	154.36	Tonf
	<b>Factor de Escala=</b>	1.25	
	<b>V SxD Esc. =</b>	208.84	Tonf
	<b>V muros XX =</b>	138.42	Tonf
	<b>% =</b>	66.28%	<b>CUMPLE</b>

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 30: Fuerzas Cortante en Muros Eje "X"**



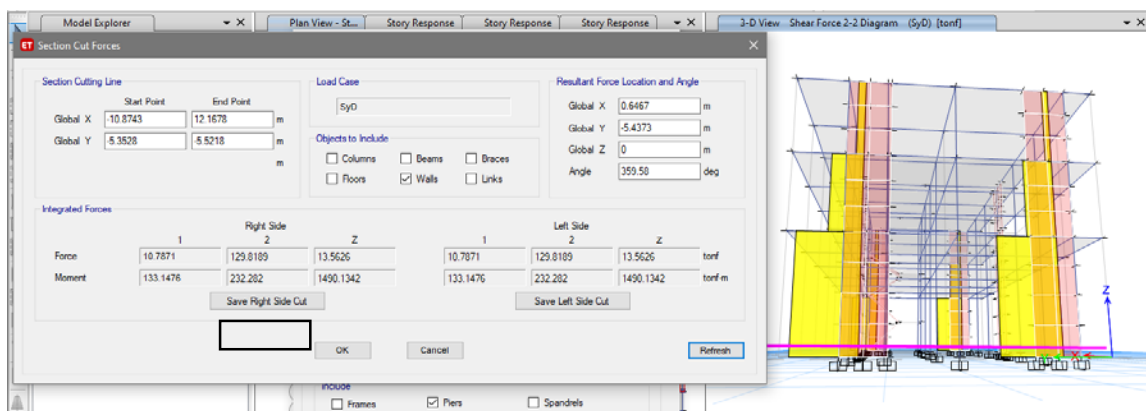
Fuente: Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 26: Fuerzas Cortantes en Muros eje "Y"**

<b>V SyE=</b>	<b>Vtotal</b>	192.96	Tonf
	<b>V SyD</b>	161.15	Tonf
	<b>V SyE (escalada al 80%)</b>	154.36	Tonf
	<b>Factor de Escala=</b>	1.25	
	<b>V SxD Esc. =</b>	201.44	Tonf
	<b>V muros YY =</b>	129.83	Tonf
	<b>% =</b>	64%	<b>CUMPLE</b>

Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 31: Fuerzas Cortante en Muros Eje "Y"**



Fuente: Etabs V. 18.1.1 – 2

c) **Periodos y Frecuencias**, la norma E.030 -2018 nos dice que se considera aquellos modos cuya suma de masas sea por lo menos el 90% de la masa total, se toma en consideración los primeros tres modos predominantes.

**Tabla 27:** Participación Modal

Caso	ItemTipo	Item	Estático %	Dinámico %
Modal	Acceleration	UX	100	99.86
Modal	Acceleration	UY	100	99.56
Modal	Acceleration	UZ	100	93.44

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 28:** Tabla de Periodos Base Empotrada y participación Modal

Caso	Modal	Periodos (sec)	SumUX	SumUY	SumUZ
Modo	1	0.375	0.059	0.773	0.000
Modo	2	0.367	0.859	0.830	0.000
Modo	3	0.283	0.859	0.832	0.000
Modo	4	0.126	0.859	0.835	0.000
Modo	5	0.124	0.859	0.852	0.056
Modo	6	0.116	0.859	0.868	0.064
Modo	7	0.112	0.860	0.871	0.064
Modo	8	0.104	0.983	0.871	0.064
Modo	9	0.093	0.983	0.966	0.092
Modo	10	0.083	0.983	0.977	0.176
Modo	11	0.064	0.984	0.979	0.448
Modo	12	0.060	0.986	0.979	0.491
Modo	13	0.049	0.987	0.994	0.536
Modo	14	0.045	0.999	0.995	0.536
Modo	15	0.034	0.999	0.996	0.934

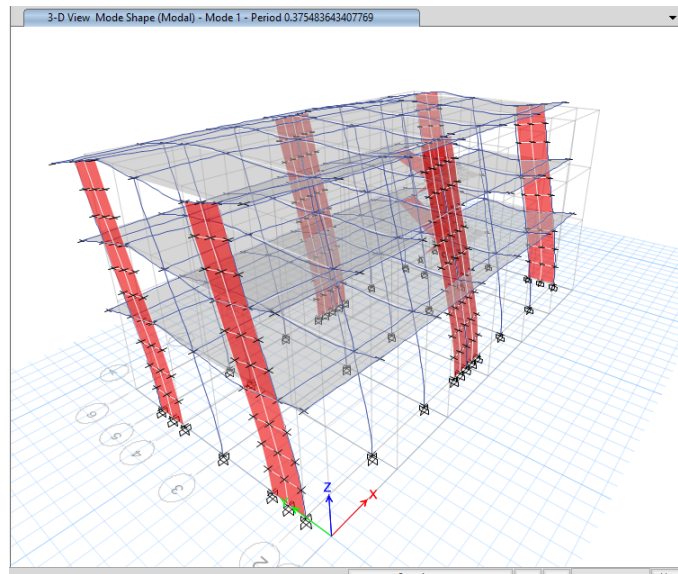
**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

La **tabla 28** muestra los modos de la estructura y su participación total de las masas por Nodo, verificando así que en modo 8 tiene una participación de 98% en el eje “X”, en el modo 9 tiene una participación de 96.6% en el eje “Y”, en el modo 15 una participación de 93% en el eje “Z”, cumpliendo así lo que nos dice la norma E.030 – 2018.



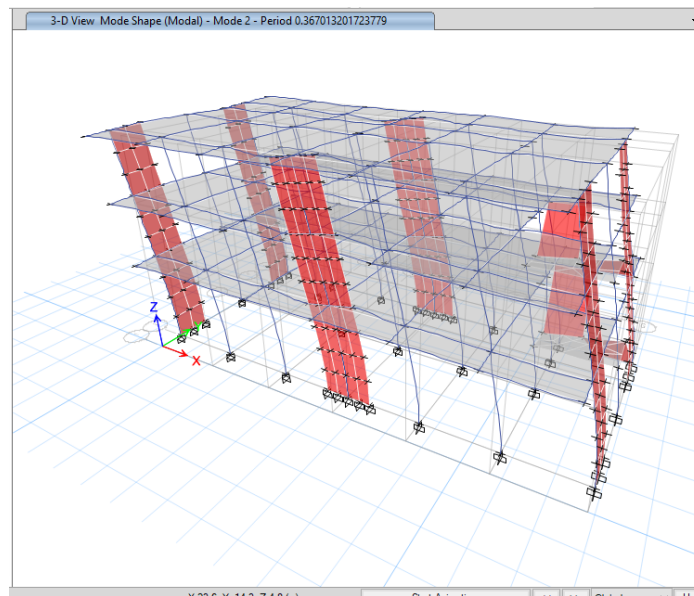
A continuación, se muestra los 3 primeros modos de vibración de la estructura:

**Figura 32:** Modo 1, traslación en Y, Periodo 0.375



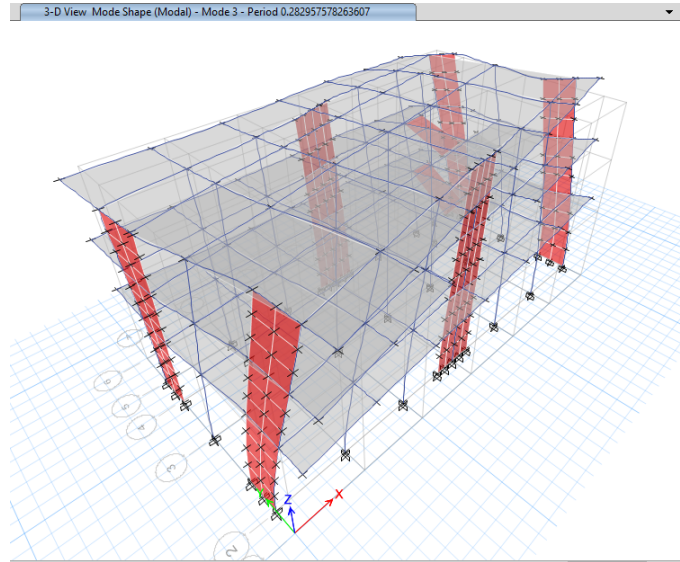
**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 33:** Modo 2, traslación en X, Periodo 0.367



**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 34:** Modo 3, torsión, Periodo 0.283



**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**d) Desplazamientos,** se aplica las masas de cada piso en el centro de masa, para luego ingresar el espectro de diseño, se presenta los desplazamientos más críticos para ambas direcciones “X” e “Y”:

**Tabla 29:** Desplazamientos Máximos en Eje "X" - Empotrado

Piso	Elevación (m)	Locación	X-Dir (mm)
Story3	11.4	Top	10.18
Story2	8.1	Top	7.04
Story1	4.8	Top	3.58

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 30:** Desplazamientos Máximos en Eje "Y" – Empotrado

Piso	Elevación (m)	Locación	Y-Dir (mm)
Story3	11.4	Top	11.90
Story2	8.1	Top	8.02
Story1	4.8	Top	3.88

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

e) **Derivas**, están en función al desplazamiento y la altura de entre piso, que se origina en cada dirección tanto en “X” e “Y”, estos se verifican según el Reglamento Nacional de Edificaciones norma E.030 – 2018, los cuales no deben exceder el valor 0.007 en Concreto Armado, a continuación, se muestra las derivas de entrepiso:

**Tabla 31:** Derivas de entrepiso eje "X" - Empotrado

Story	Load Case	Max Drift	Max Drift I		Drift Lim.
			X	X	
Story3	SxD	0.000957	0.00502425	0.007	
Story2	SxD	0.001052	0.005523	0.007	
Story1	SxD	0.000741	0.00389025	0.007	

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 32:** Derivas de entrepiso eje "Y" - Empotrado

Story	Load Case	Max Drift	Max Drift I		Drift Lim.
			Y	Y	
Story3	SyD	0.001179	0.006190	0.007	
Story2	SyD	0.001256	0.006594	0.007	
Story1	SyD	0.000808	0.004242	0.007	

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Se observa que para el caso de empotramiento las derivas de entrepiso cumplen con lo dicho en la norma E.030 – 2018, en ambas direcciones tanto “X” como “Y” no sobrepasan el valor límite de distorsión de 0.007 de Concreto Armado.

f) **Fuerzas Cortantes**, las **tablas 33 y 34** nos muestra las cortantes por cada nivel en cada dirección de diseño tanto como en “X” e “Y”:

**Tabla 33:** Fuerzas Cortantes Dinámicas en "X"

Piso	Tipo	Caso	VX tonf
Story3	SxD	Max	65.686
Story2	SxD	Max	129.837
Story1	SxD	Max	167.075

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 34:** Fuerzas Cortantes Dinámicas en "Y"

Piso	Tipo	Caso	VY tonf
Story3	SyD	Max	64.4392
Story2	SyD	Max	127.0114
Story1	SyD	Max	161.1533

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**g) Momento Flector,** las **tablas 35 y 36** nos muestra los momentos flectores máximos de la estructura por cada nivel en cada dirección de diseño tanto como en "X" e "Y":

**Tabla 35:** Fuerzas de Momento Flector en "X"

Piso	Tipo	Caso	MX tonf-m
Story3	SxD	Max	18.3781
Story2	SxD	Max	54.5282
Story1	SxD	Max	117.7456

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 36:** Fuerzas de Momento Flector en "Y"

Piso	Tipo	Caso	MY tonf-m
Story3	SyD	Max	63.9227
Story2	SyD	Max	132.5283
Story1	SyD	Max	190.5568

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

#### 4.3.2. CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA:

Para el análisis dinámico considerando Interacción suelo – estructura se realizará liberando en la base los apoyos empotrados; definiendo así las propiedades del suelo para la subestructura, a través de los coeficientes de rigidez que se calcularán para cada modelo de ISE: Modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov y para el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.5-87.

Para ambos modelos se calculará las masas traslacionales con respecto a sus centroides en los ejes “X”, “Y”, “Z” y las masas rotacionales con respecto a sus ejes de contacto del suelo con la zapata, a continuación:

##### a) Cálculo de las Masas Traslacionales:

$$M_t = M_X = M_Y = M_Z = \frac{P_{zapata}}{g} = \frac{\gamma \cdot a \cdot b \cdot c}{g}; (Tn. S^2/m)$$

**Tabla 37:** Masas Traslacionales

ZAPATA	a	b	c	Mx	My	Mz
Z-1	2.20	1.90	0.60	0.61	0.61	0.61
Z-2	1.60	1.30	0.60	0.31	0.31	0.31
Z-3	2.10	1.70	0.60	0.52	0.52	0.52
Z-4	1.90	2.20	0.60	0.61	0.61	0.61
Z-5	1.70	1.90	0.60	0.47	0.47	0.47
Z-6	3.40	1.70	0.60	0.85	0.85	0.85
Z-7	2.80	1.50	0.60	0.62	0.62	0.62
Z-8	1.60	3.50	0.60	0.82	0.82	0.82

Fuente: Elaboración Propia

##### b) Cálculo de las Masas Rotacionales:

$$M_{\phi_x} = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t(b^2+c^2)}{12}; Tn. S^2. m$$

$$M_{\phi_y} = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t(a^2+c^2)}{12}; Tn. S^2. m$$

$$M_{\psi_z} = \frac{M_t(a^2+b^2)}{12}; Tn. S^2. m$$

**Tabla 38: Masas Rotacionales - datos**

ZAPATA	a	b	c	(a <sup>2</sup> )	(b <sup>2</sup> )	(c <sup>2</sup> )	(c/2) <sup>2</sup>
Z-1	2.20	1.90	0.60	4.84	3.61	0.36	0.09
Z-2	1.60	1.30	0.60	2.56	1.69	0.36	0.09
Z-3	2.10	1.70	0.60	4.41	2.89	0.36	0.09
Z-4	1.90	2.20	0.60	3.61	4.84	0.36	0.09
Z-5	1.70	1.90	0.60	2.89	3.61	0.36	0.09
Z-6	3.40	1.70	0.60	11.56	2.89	0.36	0.09
Z-7	2.80	1.50	0.60	7.84	2.25	0.36	0.09
Z-8	1.60	3.50	0.60	2.56	12.25	0.36	0.09

**Fuente:** Elaboración Propia**Tabla 39: Masas Rotacionales**

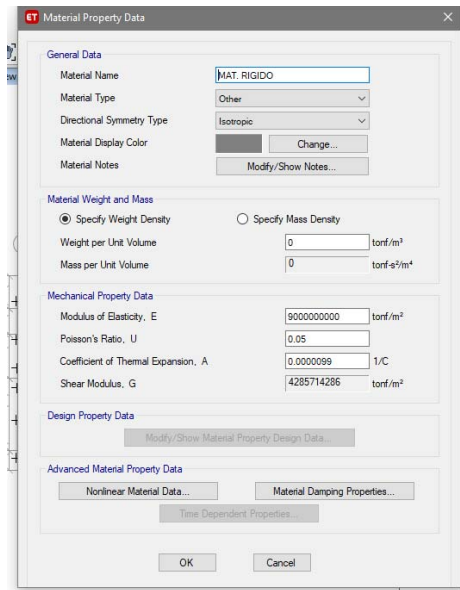
ZAPATA	Mt	(b <sup>2</sup> + c <sup>2</sup> )	(a <sup>2</sup> + c <sup>2</sup> )	(a <sup>2</sup> + b <sup>2</sup> )	M <sub>φx</sub>	M <sub>φy</sub>	M <sub>ψz</sub>
Z-1	0.61	3.97	5.20	8.45	0.26	0.32	0.43
Z-2	0.31	2.05	2.92	4.25	0.08	0.10	0.11
Z-3	0.52	3.25	4.77	7.30	0.19	0.26	0.32
Z-4	0.61	5.20	3.97	8.45	0.32	0.26	0.43
Z-5	0.47	3.97	3.25	6.50	0.20	0.17	0.26
Z-6	0.85	3.25	11.92	14.45	0.31	0.92	1.02
Z-7	0.62	2.61	8.20	10.09	0.19	0.48	0.52
Z-8	0.82	12.61	2.92	14.81	0.94	0.27	1.01

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.3.2.1. MODELO DINAMICO D.D. BARKAN – O.A. SAVINOV:

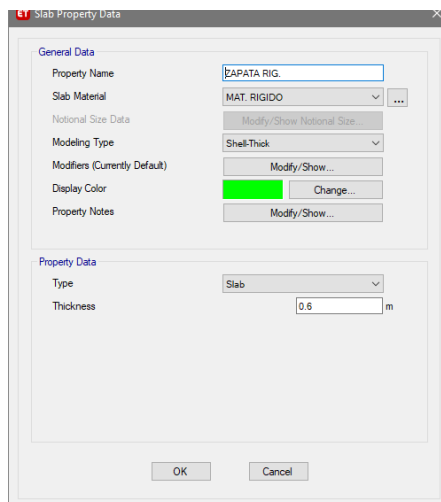
Se realiza el modelamiento de la estructura para el modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov, liberando los apoyos de la base, restringiendo la rotación en el eje local “Z”, se define el material rígido para las zapatas, se asigna las masas traslacionales y rotacionales, y por último se asigna los coeficientes de rigidez a cada zapata de la estructura, a continuación:

Figura 35: Definición de material Rígido



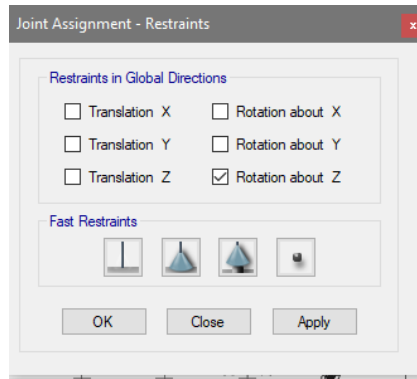
Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Figura 36: Sección de Zapata Rígida



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

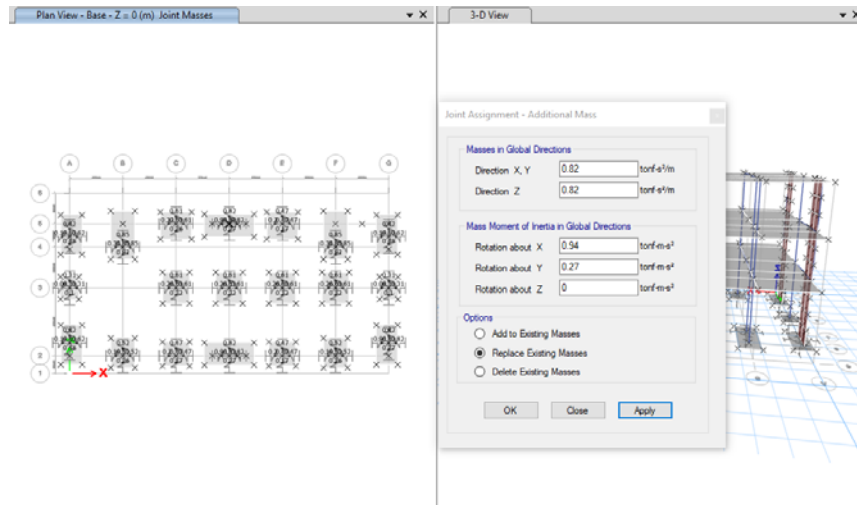
**Figura 37:** Restricción de Rotacion en el Eje "Z",  
D.D. Barkan - O.A. Savinov



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Se asigna las masa rotacionales y trasnacionales para cada tipo de zapata calculado en la tabla 37 y tabla 39:

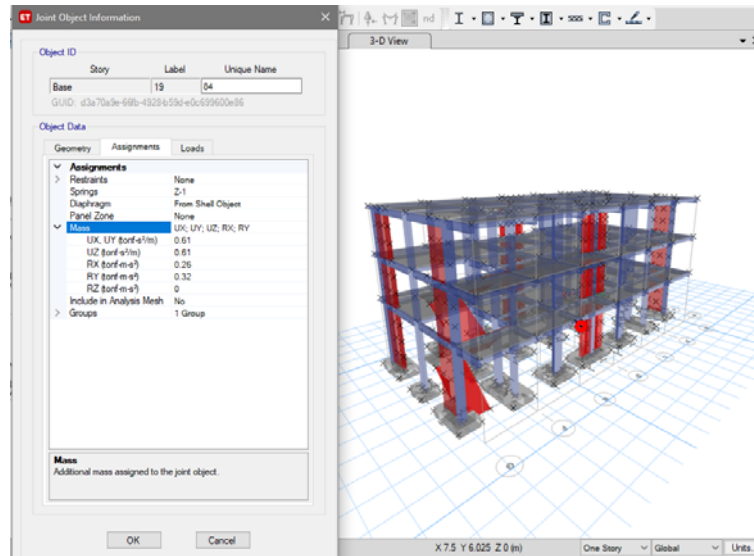
**Figura 38:** Asignación de Masas en Zapatas



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2



**Figura 39: Masas en Zapatas - Vista General**



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Calculo de las rigideces (k):** Se calcula las Rigideces para cada zapata para el modelo Dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov:

a) Calculo de precio estática del suelo:( $\rho$ )

**Tabla 40:** Presión Estática del Suelo, D.D. Barkan - O.A. Savinov

ZAPATA	Dimensiones			AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO ZAPATA (ton)	PESO trib. Por col (ton)	$\rho$ (kg/cm <sup>2</sup> )
	a (m)	b (m)	c (m)				
Z-1	2.20	1.90	0.60	41,800.00	6.02	56.55	1.50
Z-2	1.60	1.30	0.60	20,800.00	3.00	24.99	1.35
Z-3	2.10	1.70	0.60	35,700.00	5.14	46.78	1.45
Z-4	1.90	2.20	0.60	41,800.00	6.02	56.74	1.50
Z-5	1.70	1.90	0.60	32,300.00	4.65	42.91	1.47
Z-6	3.40	1.70	0.60	57,800.00	8.32	78.73	1.51
Z-7	2.80	1.50	0.60	42,000.00	6.05	59.79	1.57
Z-8	1.60	3.50	0.60	56,000.00	8.06	75.08	1.48

**Fuente:** Elaboración Propia

b) Calculo del coeficiente: (Do)

**Tabla 41:** Coeficiente Do

$\mu =$	0.30
$C_0 =$	1.80
$D_0 =$	0.99

Fuente: Elaboración Propia

c) Calculo de coeficiente de rigidez: (C)

**Tabla 42:** Coeficiente de Rigidez, D.D. Barkan - O.A. Savinov

<b>Cx</b> (ton/m3)	<b>Cy</b> (ton/m3)	<b>Cz</b> (ton/m3)	<b><math>C_{\phi X}</math></b> (ton/m <sup>3</sup> )	<b><math>C_{\phi Y}</math></b> (ton/m <sup>3</sup> )
8,021.52	8,021.52	14,584.58	23,537.96	24,951.65
9,727.82	9,727.82	17,686.95	29,358.54	32,051.98
8,352.99	8,352.99	15,187.25	24,432.84	26,608.27
8,033.69	8,033.69	14,606.71	24,989.51	23,573.67
8,674.15	8,674.15	15,771.19	27,263.14	26,053.46
7,511.00	7,511.00	13,656.36	19,467.57	25,278.79
8,446.85	8,446.85	15,357.90	22,556.92	28,796.06
7,610.46	7,610.46	13,837.19	26,098.00	19,442.13

Fuente: Elaboración Propia

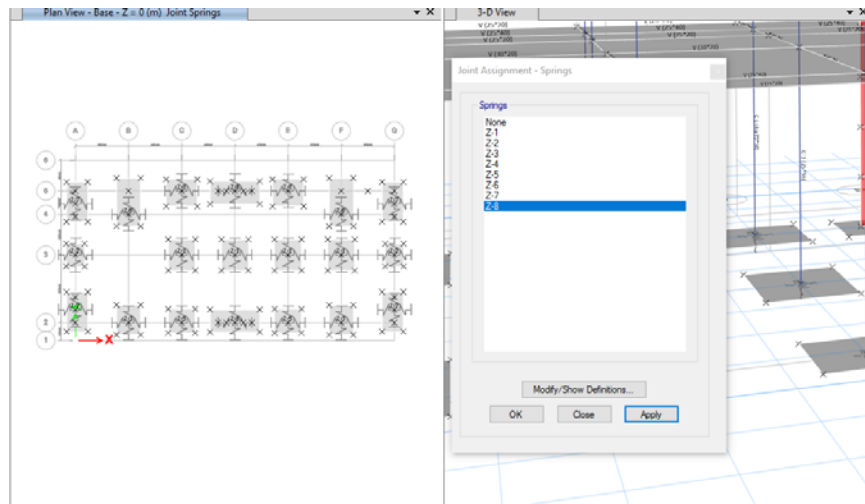
d) Calculo de rigidez: (K)

**Tabla 43:** Rigidez (k); D.D. Barkan - O.A. Savinov

ZAPATA	<b>Kx</b> (ton/m)	<b>Ky</b> (ton/m)	<b>Kz</b> (ton/m)	<b><math>K_{\phi X}</math></b> (ton/m)	<b><math>K_{\phi Y}</math></b> (ton/m)
Z-1	33,529.96	33,529.96	60,963.56	39,683.44	31,376.29
Z-2	20,233.87	20,233.87	36,788.85	13,027.36	9,389.09
Z-3	29,820.16	29,820.16	54,218.47	32,055.28	22,877.13
Z-4	33,580.83	33,580.83	61,056.05	31,423.89	39,743.64
Z-5	28,017.52	28,017.52	50,940.94	21,207.77	25,315.93
Z-6	43,413.56	43,413.56	78,933.75	108,396.75	35,188.50
Z-7	35,476.75	35,476.75	64,503.18	61,896.18	22,676.90
Z-8	42,618.56	42,618.56	77,488.28	31,178.41	111,144.19

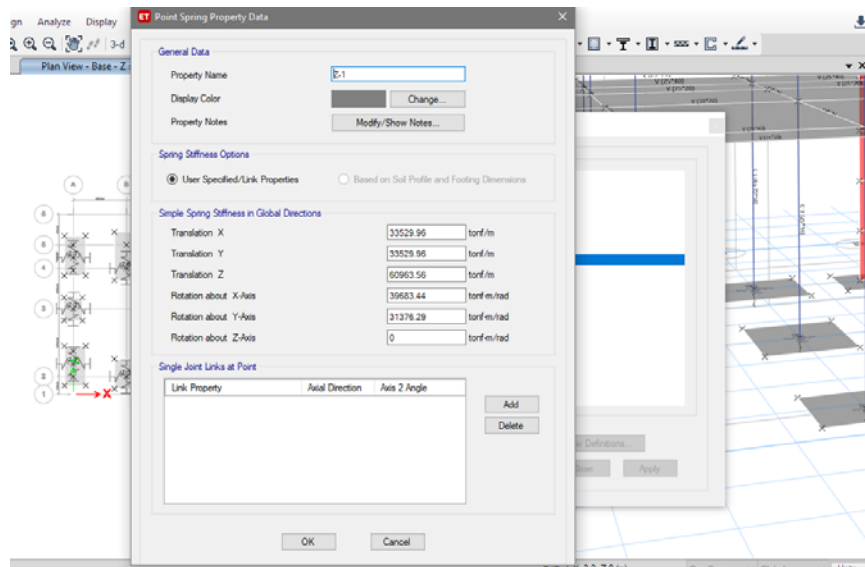
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 40:** Asignación de Coeficientes de Rigidez - D.D. Barkan - O.A.



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 41:** Coeficientes de Rigidez (k) - D.D.Barkan - O.A. Savinov



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Resultados ISE.;** implementado el modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov, a continuación:

- a) **Periodos y Frecuencias**, la norma E.030 -2018 nos dice que se considera aquellos modos cuya suma de masas sea por lo menos el 90% de la masa total, se toma en cuenta los tres primeros modos predominantes.

**Tabla 44:** Participación Modal, D.D. Barkan - O.A. Savinov

Case	ItemType	Item	Estatico %	Dinamico %
Modal	Acceleration	UX	100	98.31
Modal	Acceleration	UY	100	97.91
Modal	Acceleration	UZ	100	99.04

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 45:** Tabla de Periodo, D.D. Barkan - O.A. Savinov

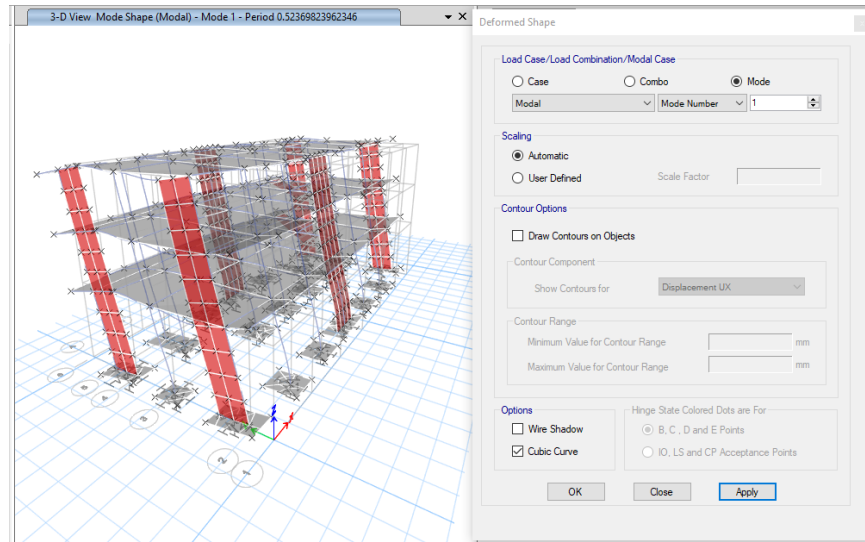
Case	Mode	Period sec	SumUX	SumUY	SumUZ
Modal	1	0.524	1.09%	84.85%	0.02%
Modal	2	0.494	88.86%	85.93%	0.02%
Modal	3	0.411	88.89%	86.39%	0.02%
Modal	4	0.132	88.91%	90.48%	5.56%
Modal	5	0.128	88.94%	90.50%	7.86%
Modal	6	0.125	94.79%	90.59%	7.90%
Modal	7	0.122	95.68%	91.13%	7.90%
Modal	8	0.114	95.73%	93.27%	9.20%
Modal	9	0.103	95.74%	95.37%	16.85%
Modal	10	0.088	95.74%	95.69%	40.75%
Modal	11	0.075	95.75%	95.77%	73.79%
Modal	12	0.061	96.02%	95.77%	77.34%
Modal	13	0.051	96.05%	95.82%	98.77%
Modal	14	0.033	96.10%	97.82%	99.02%
Modal	15	0.027	98.31%	97.91%	99.04%

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

La **tabla 45** muestra los modos de la estructura y su participación total de las masas por Nodo, verificando así que en modo 6 tiene una participación de 94.79% en el eje “X”, en el modo 4 tiene una participación de 90.48% en el eje “Y”, en el modo 13 una participación de 98.77% en el eje “Z”, cumpliendo así lo que nos dice la norma E.030 – 2018.

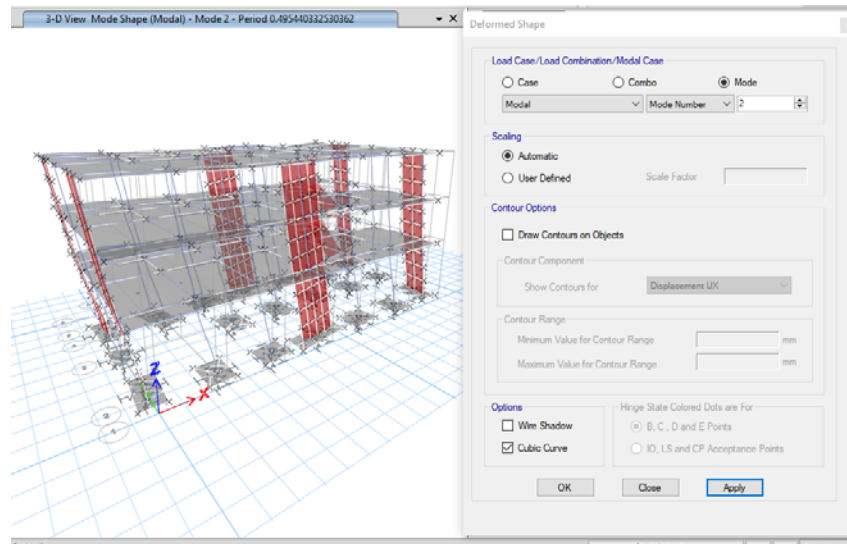
A continuación, se muestra los 3 primeros modos de vibración de la estructura:

**Figura 42:** Modo 1, traslación en Y, Periodo 0.524; D.D. Barkan – O.A. Savinov



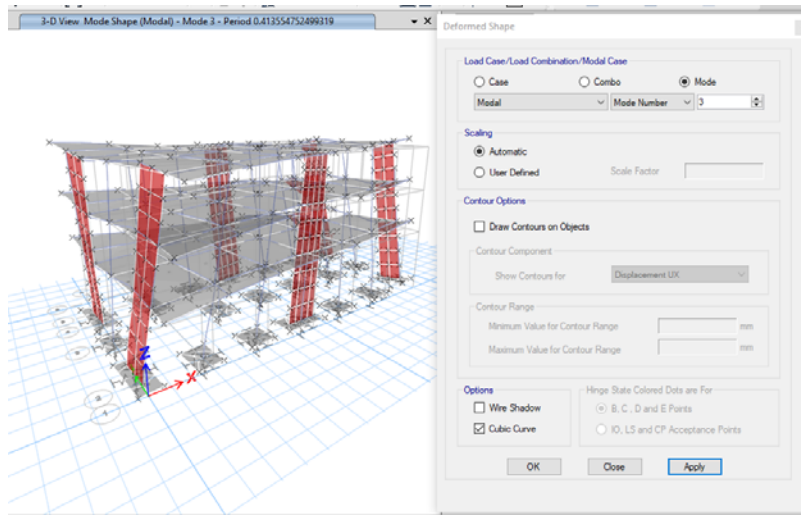
**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 43:** Modo 2, traslación en X, Periodo 0.494; D.D. Barkan – O.A. Savinov



**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 44:** Modo 3, torsión, Periodo 0.411; D.D. Barkan – O.A. Savinov



**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**b) Desplazamientos,** se aplica las masas de cada piso en el centro de masa, para luego ingresar el espectro de diseño, se presenta los desplazamientos más críticos para ambas direcciones “X” e “Y”:

**Tabla 46:** Desplazamientos Máximos en Eje "X" – D.D. Barkan – O.A. Savinov

Piso	Elevación m	Locación	X-Dir mm
Story3	11.40	Top	17.76
Story2	8.10	Top	13.67
Story1	4.80	Top	8.73

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 47:** Desplazamientos Máximos en Eje "Y" – D.D. Barkan – O.A. Savinov

Piso	Elevación m	Locación	Y-Dir mm
Story3	11.40	Top	22.87
Story2	8.10	Top	17.09
Story1	4.80	Top	10.44

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

c) **Derivas**, están en función al desplazamiento y la altura de entre piso, que se origina en cada dirección tanto en “X” e “Y”, estos se verifican según el Reglamento Nacional de Edificaciones norma E.030 – 2018, los cuales no deben exceder el valor 0.007 en Concreto Armado, a continuación, se muestra las derivas de entrepiso:

**Tabla 48:** Derivas de entrepiso eje "X" - D.D. Barkan – O.A. Savinov

Story	Load Case	Max Drift	Max Drift I X	Drift Lim. X
Story3	SxD	0.001243	0.00652575	0.007
Story2	SxD	0.001498	0.0078645	0.007
Story1	SxD	0.001789	0.00939225	0.007

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 49:** Derivas de entrepiso eje "Y" - D.D. Barkan – O.A. Savinov

Story	Load Case	Max Drift	Max Drift I Y	Drift Lim. Y
Story3	SyD	0.001753	0.009203	0.007
Story2	SyD	0.002017	0.010589	0.007
Story1	SyD	0.002116	0.011109	0.007

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Se observa que para el modelo de interacción suelo estructura D.D. Barkan – O.A. Savinov, las derivas de entrepiso no cumplen con lo dicho en la norma E.030 – 2018, en ambas direcciones tanto “X” como “Y”; sobrepasan el valor límite de distorsión de 0.007 de Concreto Armado.

d) **Fuerzas Cortantes**, las **tablas 50 y 51** nos muestra las cortantes por cada nivel en cada dirección de diseño tanto como en “X” e “Y”:

**Tabla 50:** Fuerzas Cortantes Dinámicas en "X", D.D. Barkan – O.A. Savinov

Piso	Tipo	Caso	VX tonf
Story3	SxD	Max	61.58
Story2	SxD	Max	130.21
Story1	SxD	Max	178.29

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 51:** Fuerzas Cortantes Dinámicas en "Y", D.D. Barkan – O.A. Savinov

Piso	Tipo	Caso	VY tonf
Story3	SyD	Max	60.77
Story2	SyD	Max	128.80
Story1	SyD	Max	173.06

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

e) **Momento Flector**, las **tablas 52 y 53** nos muestra los momentos flectores máximos de la estructura por cada nivel en cada dirección de diseño tanto como en “X” e “Y”:

**Tabla 52:** Fuerzas de Momento Flector en "X", D.D. Barkan – O.A. Savinov

Piso	Tipo	Caso	MX tonf.m
Story3	SxD	Max	17.96
Story2	SxD	Max	53.76
Story1	SxD	Max	121.72

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2



**Tabla 53:** Fuerzas de Momento Flector en "Y", D.D. Barkan – O.A. Savinov

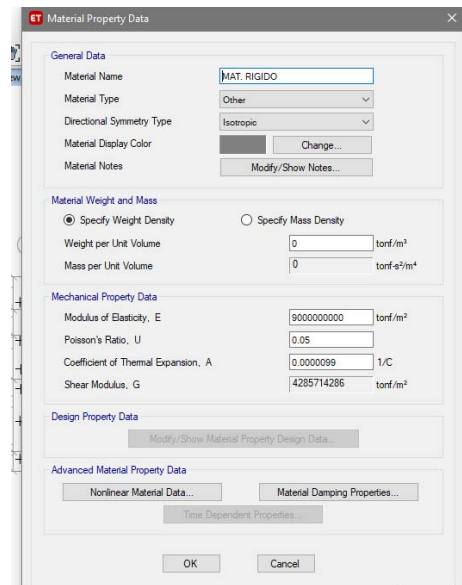
Piso	Tipo	Caso	MY Tonf-m
Story3	SyD	Max	41.70
Story2	SyD	Max	107.04
Story1	SyD	Max	181.66

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

#### 4.3.2.2. MODELO DINAMICO NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87:

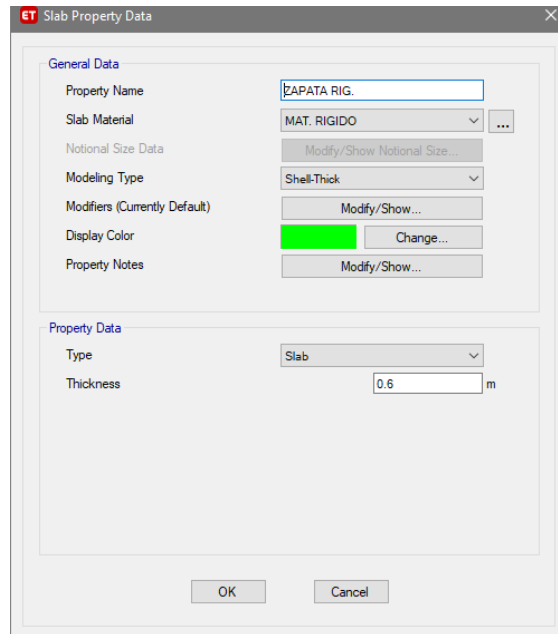
Se realiza el modelamiento de la estructura para el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, liberando los apoyos de la base, se define el material rígido para las zapatas, se asigna las masas traslacionales y rotacionales, y por último se asigna los coeficientes de rigidez a cada zapata de la estructura, a continuación:

**Figura 45:** Definición de material Rígido



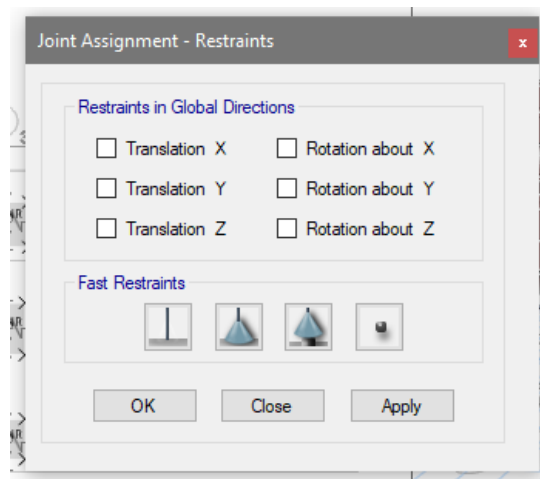
**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 46:** Sección de Zapata Rígida



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

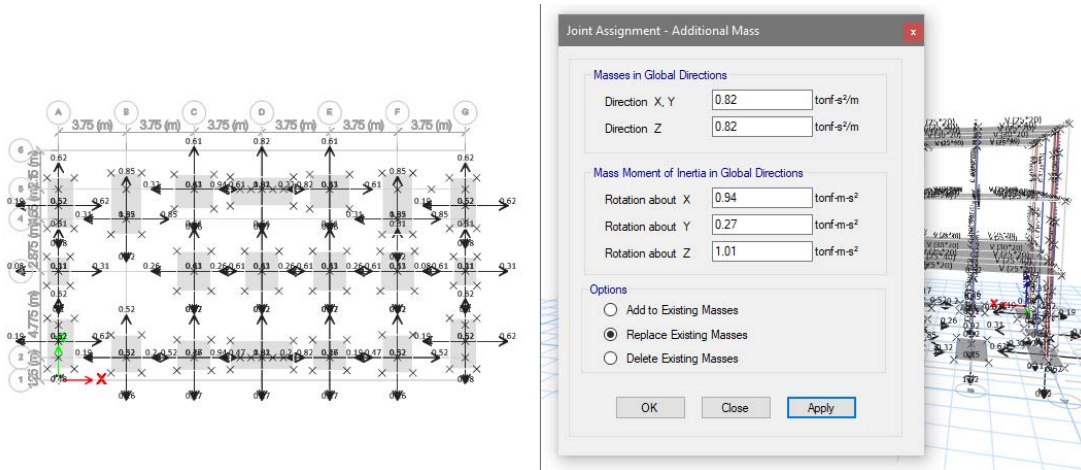
**Figura 47:** Liberación de Apoyos en la Base



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

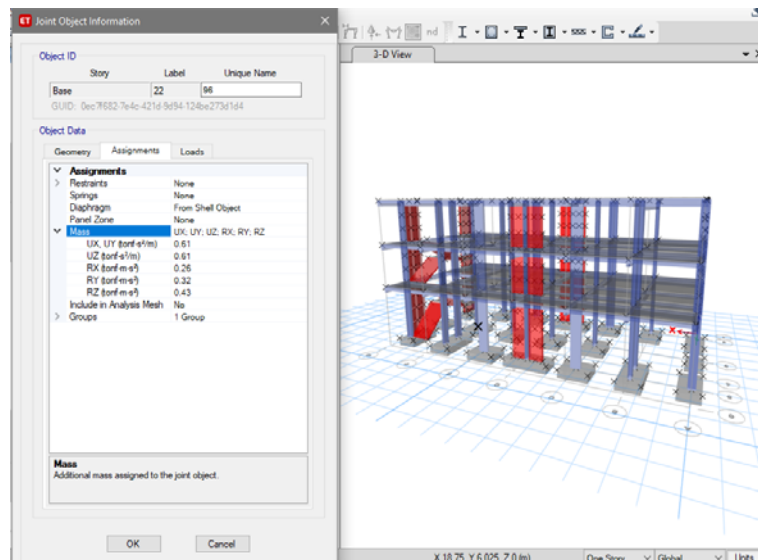
Se asigna las masa rotacionales y trasnacionales para cada tipo de zapata calculado en la tabla 37 y tabla 39:

**Figura 48:** Asignación de Masas en Zapatas, Norma Rusa SIN 2.02.05-87



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 49:** Masas en Zapatas - Vista General



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Calculo de las rigideces (k):** Se calcula las Rigideces para cada zapata para el modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87:

a) Calculo del coeficiente de compresión elástica: Cz

**Tabla 54:** Coeficientes de Compresión Elástica (Cz)

ZAPATA	Dimensiones		A (m <sup>2</sup> )	A <sub>10</sub> (m <sup>2</sup> )	b <sub>0</sub>	E (ton/m <sup>2</sup> )	Cz (ton/m <sup>3</sup> )
	a (m)	b (m)					
Z-1	2.20	1.90	4.18	10.00	1.00	5,000.00	12733.60
Z-2	1.60	1.30	2.08	10.00	1.00	5,000.00	15963.23
Z-3	2.10	1.70	3.57	10.00	1.00	5,000.00	13368.27
Z-4	1.90	2.20	4.18	10.00	1.00	5,000.00	12733.60
Z-5	1.70	1.90	3.23	10.00	1.00	5,000.00	13797.69
Z-6	3.40	1.70	5.78	10.00	1.00	5,000.00	11576.67
Z-7	2.80	1.50	4.20	10.00	1.00	5,000.00	12715.17
Z-8	1.60	3.50	5.60	10.00	1.00	5,000.00	11681.53

Fuente: Elaboración Propia

b) Calculo de coeficiente de rigidez: C

**Tabla 55:** Coeficiente de Rigidez (C)

ZAPATA	Cz (ton/m <sup>3</sup> )	Cx (ton/m <sup>3</sup> )	Cy (ton/m <sup>3</sup> )	C <sub>φx</sub> (ton/m <sup>3</sup> )	C <sub>φy</sub> (ton/m <sup>3</sup> )	C <sub>ψz</sub> (ton/m <sup>3</sup> )
Z-1	12733.60	8913.52	8913.52	25467.21	25467.21	12733.60
Z-2	15963.23	11174.26	11174.26	31926.45	31926.45	15963.23
Z-3	13368.27	9357.79	9357.79	26736.55	26736.55	13368.27
Z-4	12733.60	8913.52	8913.52	25467.21	25467.21	12733.60
Z-5	13797.69	9658.38	9658.38	27595.38	27595.38	13797.69
Z-6	11576.67	8103.67	8103.67	23153.34	23153.34	11576.67
Z-7	12715.17	8900.62	8900.62	25430.33	25430.33	12715.17
Z-8	11681.53	8177.07	8177.07	23363.06	23363.06	11681.53

Fuente: Elaboración Propia

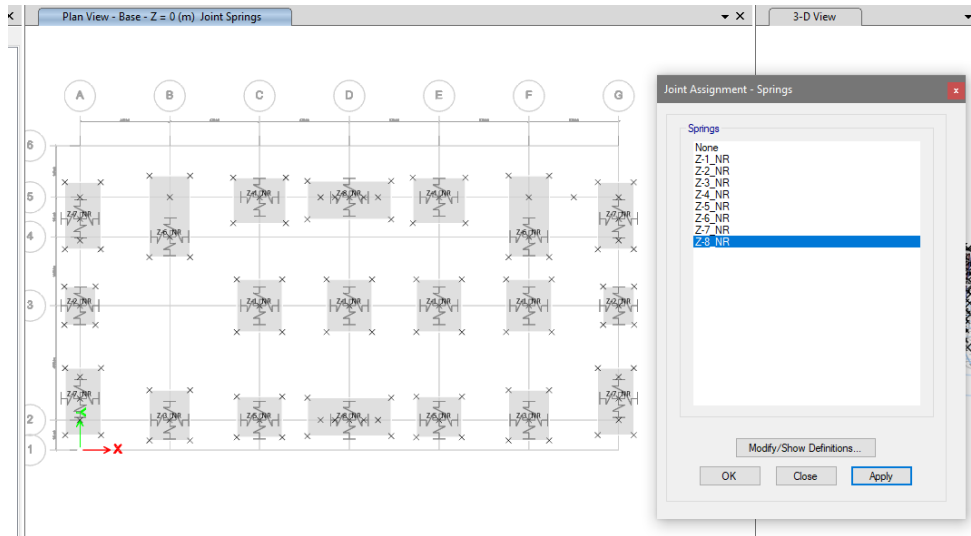
c) Calculo de rigidez: K

**Tabla 56:** Rigidez (k); Norma Rusa SIN 2.02.05-87

ZAPATA	$K_x$ (ton/m)	$K_y$ (ton/m)	$K_z$ (ton/m)	$K_{\varphi X}$ (ton/m)	$K_{\varphi Y}$ (ton/m)	$K_{\psi Z}$ (ton/m)
Z-1	37,258.52	37,258.52	53,226.46	42,936.01	32,024.59	37,480.30
Z-2	23,242.46	23,242.46	33,203.51	14,166.83	9,352.32	11,759.58
Z-3	33,407.32	33,407.32	47,724.74	35,077.68	22,987.42	29,032.55
Z-4	37,258.52	37,258.52	53,226.46	32,024.59	42,936.01	37,480.30
Z-5	31,196.58	31,196.58	44,566.54	21,466.22	26,814.20	24,140.21
Z-6	46,839.21	46,839.21	66,913.16	128,919.35	32,229.84	80,574.59
Z-7	37,382.59	37,382.59	53,403.70	69,780.84	20,026.39	44,903.61
Z-8	45,791.60	45,791.60	65,416.57	27,911.07	133,558.84	80,734.95

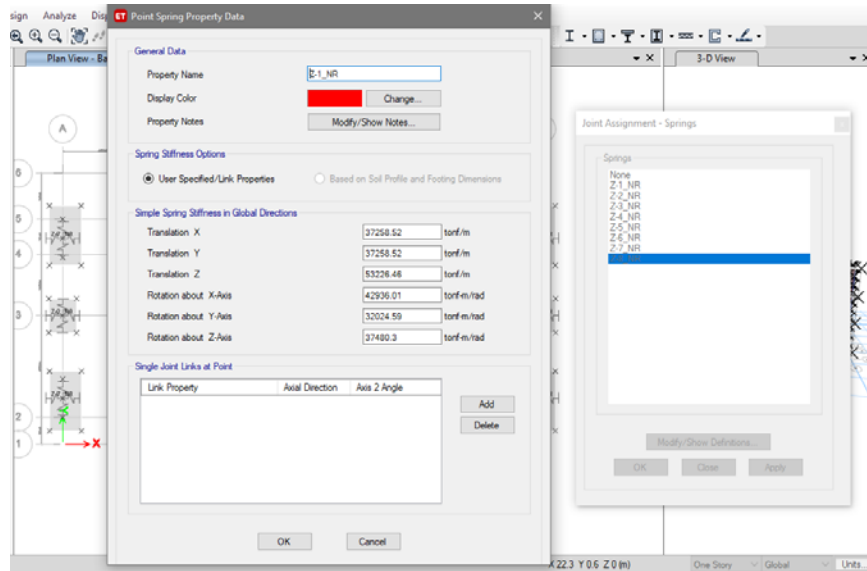
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 50:** Asignación de Rigidez (k); Norma Rusa SNIP 2.02.05-87



Fuente: Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 51:** Rigidez (k); Norma Rusa SNIP 2.02.05-87



**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Resultados de Interacción Suelo – Estructura;** implementado el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, a continuación:

- f) **Periodos y Frecuencias**, la norma E.030 -2018 nos dice que se considera aquellos modos cuya suma de masas sea por lo menos el 90% de la masa total, se toma en cuenta los tres primeros modos predominantes.

**Tabla 57:** Participación Modal, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Case	ItemType	Item	Estatico %	Dinamico %
Modal	Acceleration	UX	100	98.21
Modal	Acceleration	UY	100	97.79
Modal	Acceleration	UZ	100	99.21

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 58:** Tabla de Periodo, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

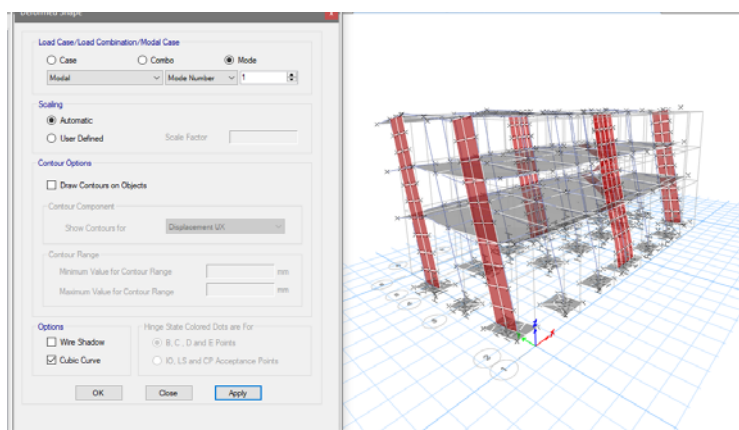
Caso	Modo	Periodo sec	SumUX	SumUY	SumUZ
Modal	1	0.517	0.76%	84.98%	0.02%
Modal	2	0.489	88.60%	85.73%	0.02%
Modal	3	0.404	88.62%	86.16%	0.02%
Modal	4	0.132	88.64%	90.26%	6.49%
Modal	5	0.128	88.67%	90.26%	8.58%
Modal	6	0.125	93.77%	90.41%	8.63%
Modal	7	0.122	95.63%	90.81%	8.63%
Modal	8	0.114	95.68%	93.07%	9.93%
Modal	9	0.103	95.69%	95.27%	19.13%
Modal	10	0.089	95.69%	95.64%	46.61%
Modal	11	0.076	95.70%	95.74%	77.52%
Modal	12	0.062	95.96%	95.74%	81.11%
Modal	13	0.053	96.00%	95.79%	99.01%
Modal	14	0.034	96.01%	97.75%	99.18%
Modal	15	0.028	98.21%	97.79%	99.21%

Fuente: Etabs V. 18.1.1 – 2

La **tabla 58** muestra los modos de la estructura y su participación total de las masas por Nodo, verificando así que en modo 6 tiene una participación de 93.77% en el eje “X”, en el modo 4 tiene una participación de 90.26% en el eje “Y”, en el modo 13 una participación de 99.01% en el eje “Z”, cumpliendo así lo que nos dice la norma E.030 – 2018.

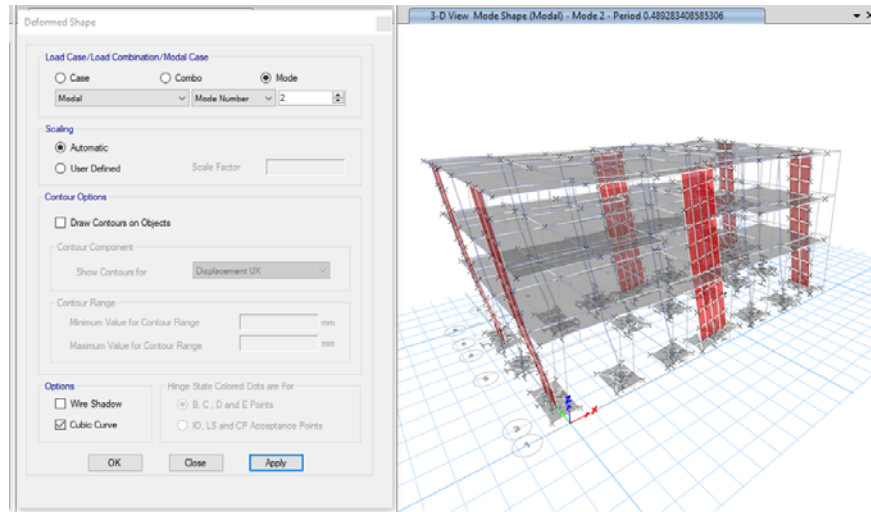
A continuación, se muestra los 3 primeros modos de vibración de la estructura:

**Figura 52:** Modo 1, traslación en Y, Periodo 0.517; Norma Rusa SNIP 2.02.05-87



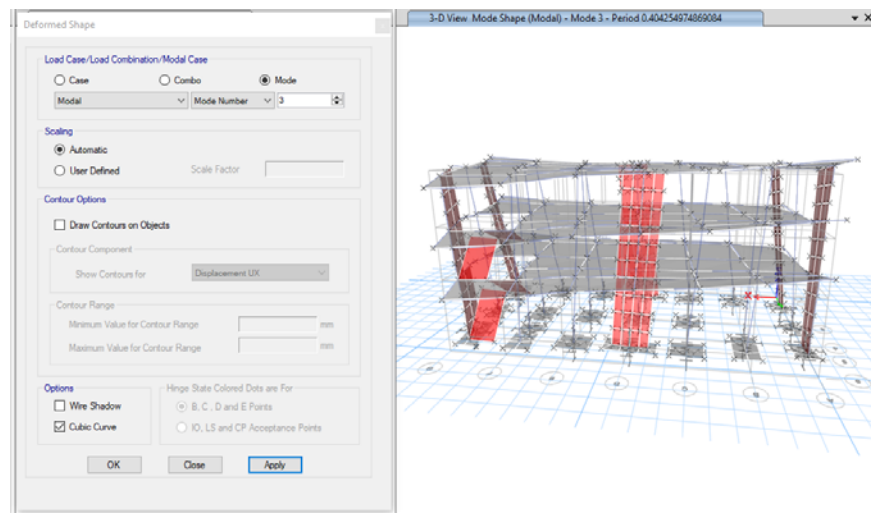
Fuente: Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 53:** Modo 2, traslación en X, Periodo 0.489; Norma Rusa SNIP 2.02.05-87



**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Figura 54:** Modo 3, rotacional, Periodo 0.404; Norma Rusa SNIP 2.02.05-87



**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2



**g) Desplazamientos**, se aplica las masas para cada piso en el centro de masa, para luego ingresar el espectro de diseño, se presenta los desplazamientos más críticos para ambas direcciones “X” e “Y”:

**Tabla 59:** Desplazamientos Máximos en Eje "X" - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Piso	Elevación m	Locación	X-Dir mm
Story3	11.40	Top	17.48
Story2	8.10	Top	13.39
Story1	4.80	Top	8.48

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 60:** Desplazamientos Máximos en Eje "Y" - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Piso	Elevación m	Locación	Y-Dir mm
Story3	11.40	Top	22.27
Story2	8.10	Top	16.58
Story1	4.80	Top	10.06

**Fuente:** Etabs V. 18.1.1 – 2

**h) Derivas**, están en función al desplazamiento y la altura de entre piso, que se origina en cada dirección tanto en “X” e “Y”, estos se verifican según el Reglamento Nacional de Edificaciones norma E.030 – 2018, los cuales no deben exceder el valor 0.007 en Concreto Armado, a continuación, se muestra las derivas de entrepiso en ambos ejes:

**Tabla 61:** Derivas de entrepiso eje "X" - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Piso	Load Case	Max Drift	Max Drift I X	Drift Lim. X
Story3	SxD	0.001243	0.006526	0.007
Story2	SxD	0.001490	0.007823	0.007
Story1	SxD	0.001739	0.009130	0.007

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 62:** Derivas de entrepiso eje "Y" - Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Piso	Load Case	Max Drift	Max Drift I Y	Drift Lim. Y
Story3	SyD	0.00173	0.00906	0.007
Story2	SyD	0.00198	0.01038	0.007
Story1	SyD	0.00205	0.01074	0.007

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

Se observa que para el caso de ISE con el modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, las derivas de entrepiso no cumplen con lo dicho en la norma E.030 – 2018; en ambas direcciones tanto "X" como "Y" sobrepasan el valor límite de distorsión de 0.007 de Concreto Armado.

- i) **Fuerzas Cortantes**, las **tablas 63 y 64** nos muestra las cortantes por cada nivel en cada dirección de diseño tanto como en "X" e "Y":

**Tabla 63:** Fuerzas Cortantes eje "X", Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Piso	Tipo	Caso	VX tonf
Story3	SxD	Max	61.84
Story2	SxD	Max	131.21
Story1	SxD	Max	178.48

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 64:** Fuerzas Cortantes eje "Y", Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Piso	Tipo	Caso	VY tonf
Story3	SyD	Max	60.94
Story2	SyD	Max	128.91
Story1	SyD	Max	172.88

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

j) **Momento Flector**, las **tablas 65 y 66** nos muestra los momentos flectores máximos de la estructura por cada nivel en cada dirección de diseño tanto como en “X” e “Y”:

**Tabla 65:** Fuerzas de Momento Flector en "X", Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

<b>Piso</b>	<b>Tipo</b>	<b>Caso</b>	<b>MX tonf-m</b>
Story3	SxD	Max	14.74
Story2	SxD	Max	42.81
Story1	SxD	Max	96.03

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

**Tabla 66:** Fuerzas de Momento Flector en "Y", Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

<b>Piso</b>	<b>Tipo</b>	<b>Caso</b>	<b>MY tonf-m</b>
Story3	SyD	Max	42.58
Story2	SyD	Max	108.52
Story1	SyD	Max	176.35

**Fuente:** Elaboración Propia, Etabs V. 18.1.1 – 2

#### 4.4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS:

Se realiza la comparación del resultado de los 3 modelos de análisis Dinámico (Base empotrada, D.D. Barkan – O.A. Savinov y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87), el cual se detalla a continuación:

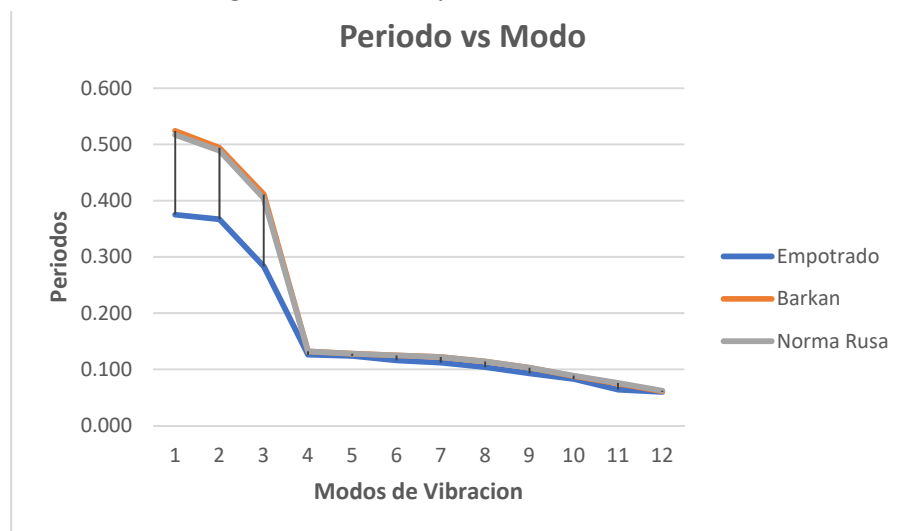
##### a) Periodos de Vibración:

**Tabla 67:** Tabla Comparativa de Periodos de Vibración

Caso	Estructuras - Modo	Empotrado Periodo sec	Barkan Periodo sec	Norma Rusa Periodo sec
Modo	1	0.375	0.524	0.517
Modo	2	0.367	0.494	0.489
Modo	3	0.283	0.411	0.404
Modo	4	0.126	0.132	0.132
Modo	5	0.124	0.128	0.128
Modo	6	0.116	0.125	0.125
Modo	7	0.112	0.122	0.122
Modo	8	0.104	0.114	0.114
Modo	9	0.093	0.103	0.103
Modo	10	0.083	0.088	0.089
Modo	11	0.064	0.075	0.076
Modo	12	0.060	0.061	0.062

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 55:** Periodos y modos de Vibración



Fuente: Elaboración Propia

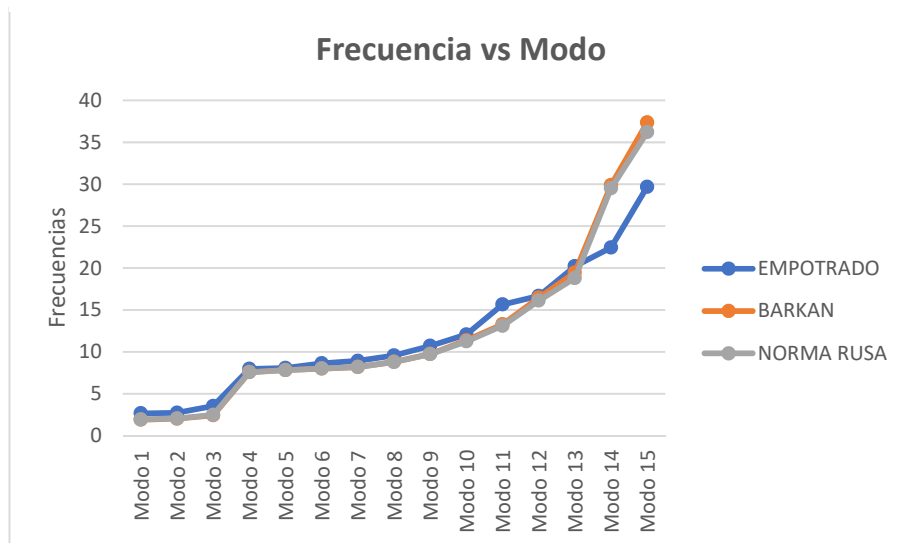
**b) Frecuencias de Vibración:**

**Tabla 68:** Tabla Comparativa de Frecuencias

Modos	EMPOTRADO Frecuencia cyc/sec	BARKAN Frecuencia cyc/sec	NORMA RUSA Frecuencia cyc/sec
Modo 1	2.663	1.91	1.936
Modo 2	2.725	2.025	2.044
Modo 3	3.534	2.43	2.474
Modo 4	7.961	7.579	7.565
Modo 5	8.063	7.82	7.818
Modo 6	8.625	7.998	8.01
Modo 7	8.917	8.193	8.183
Modo 8	9.57	8.803	8.784
Modo 9	10.704	9.733	9.717
Modo 10	12.061	11.371	11.244
Modo 11	15.647	13.275	13.1
Modo 12	16.66	16.467	16.117
Modo 13	20.206	19.443	18.795
Modo 14	22.444	29.891	29.509
Modo 15	29.68	37.363	36.209

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 56:** Frecuencias de Vibración



Fuente: Elaboración Propia

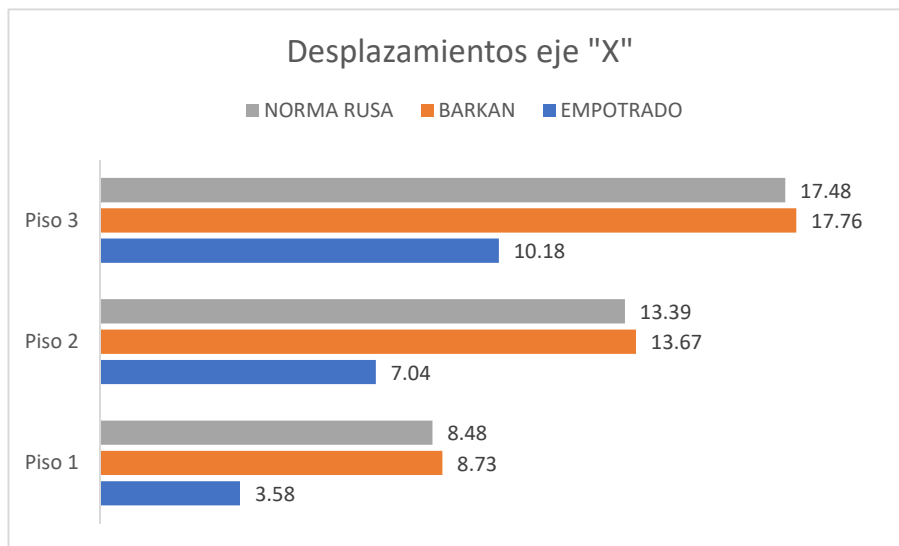
**c) Desplazamientos:**

**Tabla 69:** Desplazamientos Máximos eje "X"

	<b>EMPOTRADO</b>	<b>BARKAN</b>	<b>NORMA RUSA</b>
<b>Pisos</b>	<b>X-Dir</b>	<b>X-Dir</b>	<b>X-Dir</b>
	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
Piso 1	3.58	8.73	8.48
Piso 2	7.04	13.67	13.39
Piso 3	10.18	17.76	17.48

**Fuente:** Elaboración Propia

*Figura 57:* Desplazamientos Máximos eje "X"



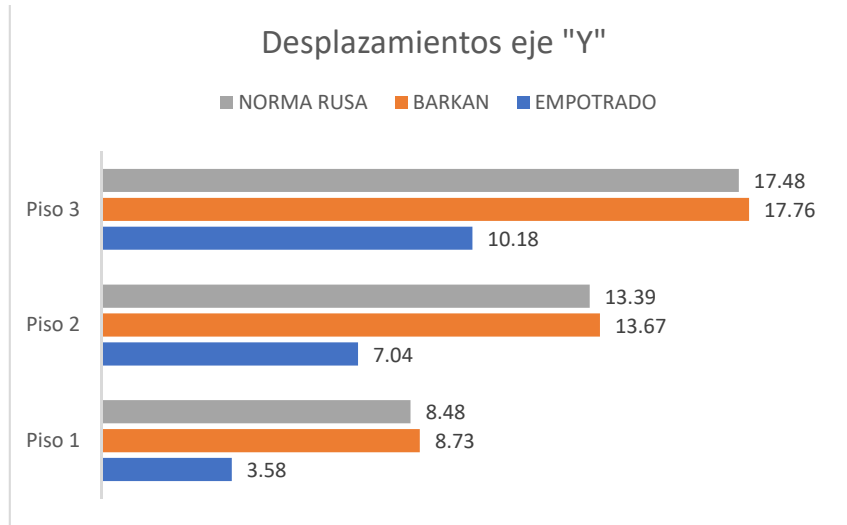
**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 70:** Desplazamientos Máximos eje "Y"

	<b>EMPOTRADO</b>	<b>BARKAN</b>	<b>NORMA RUSA</b>
<b>Pisos</b>	<b>Y-Dir</b>	<b>Y-Dir</b>	<b>Y-Dir</b>
	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
Piso 1	3.58	8.73	8.48
Piso 2	7.04	13.67	13.39
Piso 3	10.18	17.76	17.48

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 58: Desplazamientos Máximos eje "Y"**



Fuente: Elaboración Propia

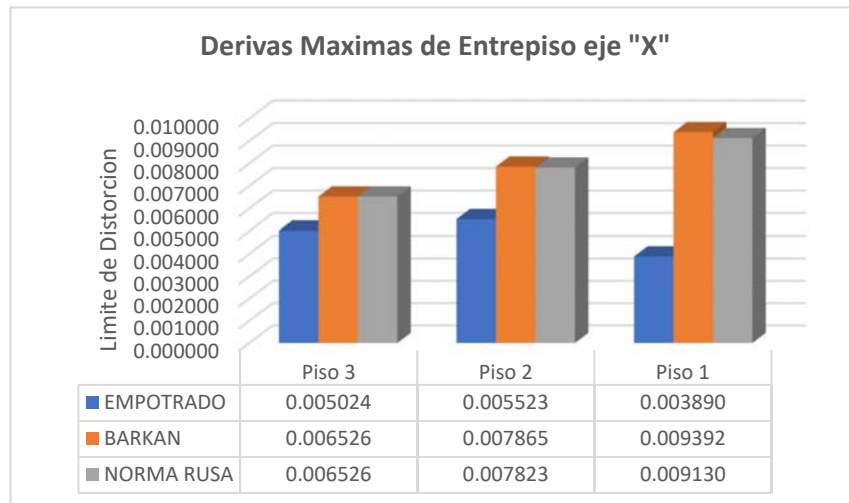
**d) Derivas de Entrepiso:**

**Tabla 71: Derivas de Entrepiso eje "X"**

	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA
<b>Pisos</b>	<b>Max Drift I X</b>	<b>Max Drift I X</b>	<b>Max Drift I X</b>
Piso 3	0.005024	0.006526	0.006526
Piso 2	0.005523	0.007865	0.007823
Piso 1	0.003890	0.009392	0.009130

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 59: Derivas Máximas de Entrepiso "X"**



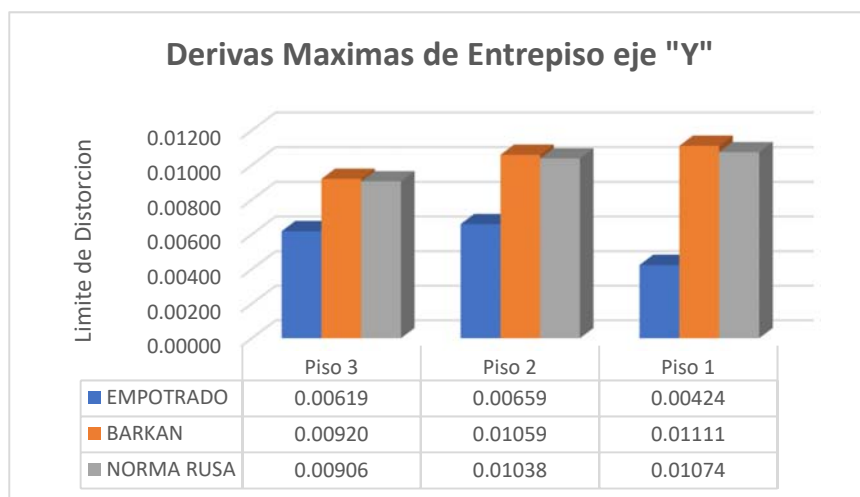
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 72:** Derivas de Entrepiso eje "Y"

	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA
<b>Pisos</b>	<b>Max Drift I Y</b>	<b>Max Drift I Y</b>	<b>Max Drift I Y</b>
Piso 3	0.00619	0.00920	0.00906
Piso 2	0.00659	0.01059	0.01038
Piso 1	0.00424	0.01111	0.01074

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 60:** Derivas Máximas de Entrepiso "Y"



**Fuente:** Elaboración Propia

**e) Fuerzas Cortantes:**

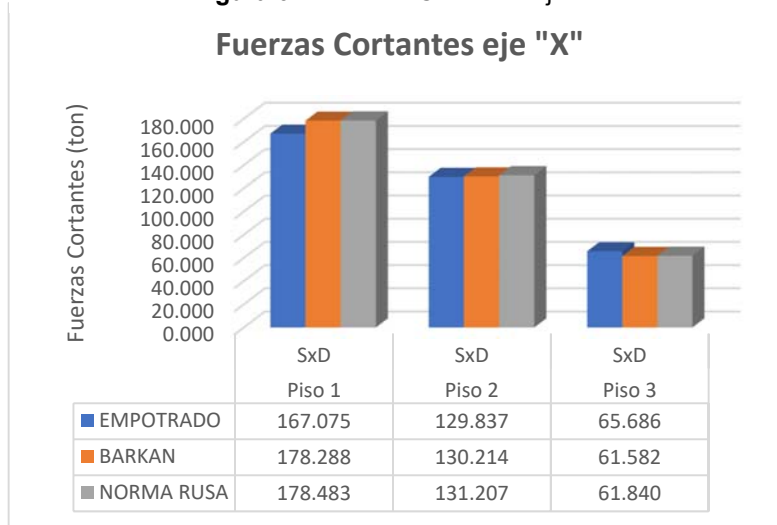
**Tabla 73:** Fuerzas Cortantes eje "X"

		EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA
<b>Piso</b>	<b>Caso</b>	<b>VX tonf</b>	<b>VX tonf</b>	<b>VX tonf</b>
Piso 1	SxD	167.075	178.288	178.483
Piso 2	SxD	129.837	130.214	131.207
Piso 3	SxD	65.686	61.582	61.840

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 61: Fuerzas Cortantes eje "X"**



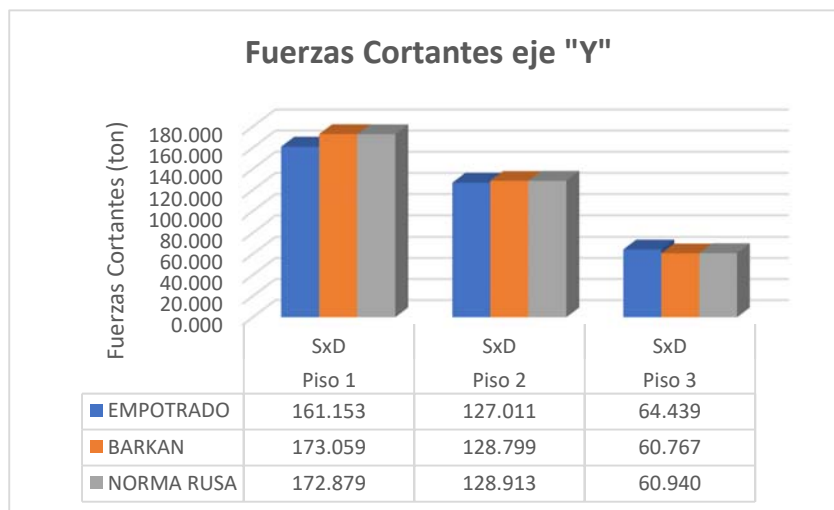
**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 74: Fuerzas Cortantes eje "Y"**

Piso	Caso	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA
		VY tonf	VY tonf	VY tonf
Piso 1	SxD	161.153	173.059	172.879
Piso 2	SxD	127.011	128.799	128.913
Piso 3	SxD	64.439	60.767	60.940

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura 62: Fuerzas Cortantes eje "Y"**



**Fuente:** Elaboración Propia

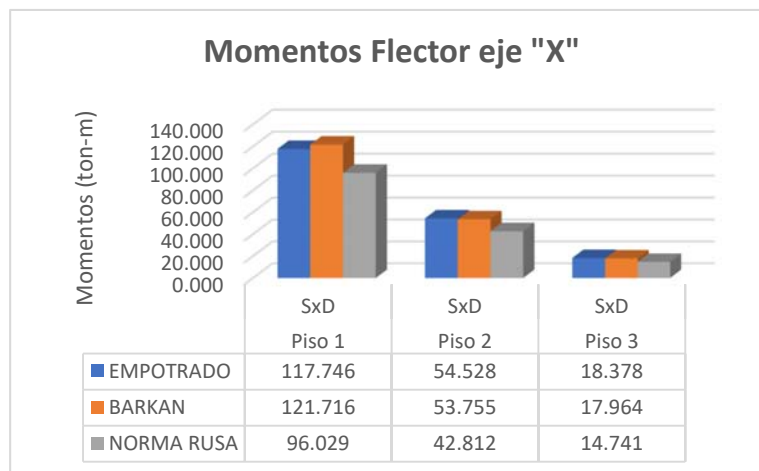
f) Momentos flectores:

**Tabla 75:** Momento Flector eje "X"

Piso	Caso	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA
		MX tonf-m	MX tonf-m	MX tonf-m
Piso 1	SxD	117.746	121.716	96.029
Piso 2	SxD	54.528	53.755	42.812
Piso 3	SxD	18.378	17.964	14.741

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 63:** Momento Flector eje "X"



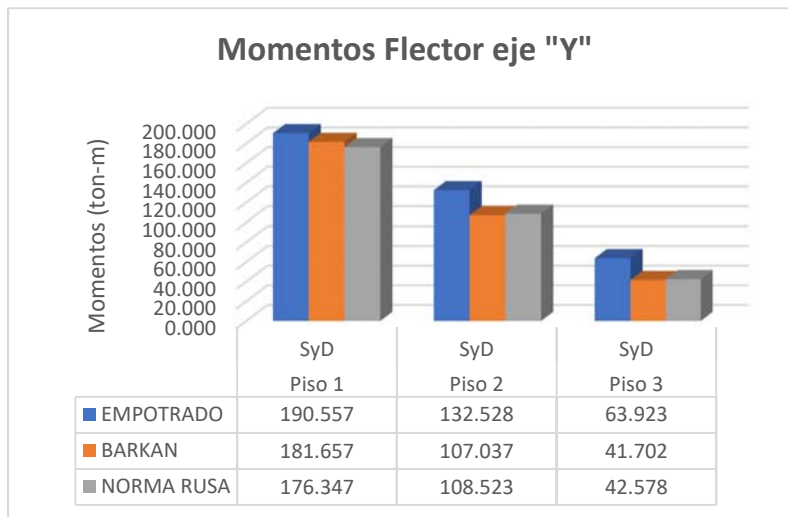
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 76:** Momento Flector eje "Y"

Piso	Caso	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA
		MY tonf-m	MY tonf-m	MY tonf-m
Piso 1	SyD	190.557	181.657	176.347
Piso 2	SyD	132.528	107.037	108.523
Piso 3	SyD	63.923	41.702	42.578

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 64:** Momento Flector eje "Y"



Fuente: Elaboración Propia

## **V. DISCUSIÓN**

Luego de analizar los resultados de la influencia de la interacción suelo – estructura del módulo de aulas del I.E. Misty - Arequipa, se pudo observar:

**a) Periodos de Vibración:**

- Al incluir los modelos ISE, influye ante la aplicación de la flexibilidad en la base, según el tipo de suelo el esfuerzo sísmico incrementa considerablemente, provocando así un incremento en los periodos de vibración, observándose que los incrementos más significativos se dan en los tres primeros modos de vibración.

Al comparar con el modelo de base empotrada se obtuvo un incremento promedio de 15.79% con respecto al modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov y un 15.69% con respecto al modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

**b) Frecuencias de Vibración:**

- Al observar las frecuencias de vibración con respecto con los modelos con base flexible, estos se reducen con un valor de 6.15% con el modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov y un 6.86% con respecto al modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

**c) Desplazamientos:**

- Al considerar la base flexible en los modelos dinámicos se produce mayor vibración, por ende, los desplazamientos se incrementan considerablemente, así como se observa en la Tabla N°69 y Tabla N°70, el incremento se da en ambas direcciones teniendo un incremento del 104% (6.46mm de incremento) en la dirección del eje “X” y 124% (8.87mm de incremento) en la dirección del eje “Y” con el modelo dinámico de D.D. Barkan – O.A. Savinov; y un incremento del 99.70% (6.19mm de incremento) en la dirección del eje “X” y 117.24% (8.37mm de incremento) en la dirección del eje “Y” con el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, teniendo en cuenta también que en el suelo a cimentar tiene baja capacidad portante.

#### **d) Derivas de Entrepiso:**

- Se observó que las derivas de entrepiso halladas en modelo dinámico con base empotrada cumplen con la norma E.030 – 2018 (Tabla N°31 y Tabla N° 32), en ambas direcciones, y al implementar la base flexible con el modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov se obtuvo un incremento del 71.24% con respecto al eje “X” y un incremento del 90.39% con respecto al eje “Y”, dándose el mayor incremento en el primer nivel para ambas direcciones. Y al implementar la base flexible con el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, se obtuvo un incremento del 68.73% con respecto al eje “X” y un incremento del 85.67% con respecto al eje “Y”, dándose el mayor incremento en el primer nivel para ambas direcciones, como se puede observar en las Imágenes N°58 y 59, así como en las tablas N°71 y 72. Con lo cual no cumple con la norma E.030 – 2018 del reglamento nacional de edificaciones.

#### **e) Fuerzas Cortantes:**

- Las fuerzas cortantes que se producen en los modelos dinámicos con base flexible con respecto con el modelo de base empotrada; se observa que la variación con respecto al modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov, es mínima con un valor del 0.25% con respecto al eje “X” y 1.03% con respecto al eje “Y”, de igual manera con respecto al modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, con valores de 0.68% con respecto al eje “X” y 1.11% con respecto al eje “Y”, así como se pueden observar en las Tablas N° 73 y 74.

#### **f) Momentos flectores:**

Los momentos flectores que se hallaron en los modelos dinámicos con base flexible se redujeron, obteniendo un valor de 0.10% con respecto al eje “X” y un valor de 19.56% con respecto al eje “Y” con el modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov; y un valor de 19.91% con respecto al eje “X” y un valor de 19.65% con respecto al eje “Y” con el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87. Esto se debe a que en los modelos con base flexible tienen una mejor redistribución de las fuerzas internas.

## **VI. CONCLUSIONES**

- Para la realización del análisis sísmico del presente proyecto de investigación se llevó a cabo en una edificación de tres niveles para una institución educativa, el sistema estructural que se empleó es el sistema dual (Sistema de Pórticos y Muros Estructurales), con cimentación de zapatas aisladas. Los modelos dinámicos aplicados fueron de Base empotrada y con base flexible (ISE) se realizaron los modelos dinámicos de D.D. Barkan – O.A. Savinov y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.
- El análisis sísmico con ayuda de los modelos dinámicos de ISE, nos muestra que la elasticidad del suelo de fundación influye directamente en los parámetros de cálculo, teniendo así datos más coherentes a la realidad.
- Analizando los periodos fundamentales de vibración con base flexible tiene un aumento de 15.79% con respecto al modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov y un 15.69% con respecto al modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87., de igual manera los desplazamientos laterales incrementaron en ambas direcciones teniendo un incremento del 104% (6.46mm de incremento) en la dirección del eje “X” y 124% (8.87mm de incremento) en la dirección del eje “Y” con el modelo dinámico de D.D. Barkan – O.A. Savinov; y un incremento del 99.70% (6.19mm de incremento) en la dirección del eje “X” y 117.24% (8.37mm de incremento) en la dirección del eje “Y” con el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.
- Las derivas de entrepiso también incrementaron con respecto al modelo de base empotrada con valores de 71.24% con respecto al eje “X” y un incremento del 90.39% con respecto al eje “Y” con el modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov; y 71.24% con respecto al eje “X” y un incremento del 90.39% con respecto al eje “Y” con el modelo de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, en ambos modelos con ISE el mayor incremento se dio en el primer nivel de la estructura.

Con respecto a las derivas de entrepiso con ISE no cumplen con la norma E.030 – 2018, debido a que presenta mayor flexibilidad.

- Al comparar las fuerzas cortantes que se original en el modelo de base empotrada con los modelos de ISE esta tiene una variación mínima de 0.25% para el eje “X” y 1.03% para el eje “Y” con el modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov, y 0.68% para el eje “X” y 1.11% para el eje “Y” con el modelo



de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87. Los momentos flectores tiene una reducción de 0.10% para el eje "X" y 19.56% para el eje "Y" con el modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov y 19.91% para el eje "X" y 19.65% para el eje "Y" con el modelo dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, la mayor reducciones fuerzas internas seda en el modelo de la Norma Rusa debido a que el suelo alcanza una amortiguación máxima de 6%, lo cual origina que llegue menor energía a la estructura y se produzcan la reducción de fuerzas internas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar el análisis con base flexible en las categorías A, B y C; según norma E.030 – 2018, considerando el estudio de mecánica de suelos, en especial en suelos blandos ( $S_3$ ) y suelos Intermedios ( $S_2$ ) y zonas 4 y 3.
- Es recomendable realizar el estudio de mecánica de suelos considerando las cargas dinámicas.
- Realizar estudios de ISE en todo tipo de estructuras como muros de contención, puentes, otro sistema estructural, diferentes tipos de cimentación y distintos tipos de suelos.
- Realizar el estudio económico comparativo de un diseño con el método convencional (base empotrada) y con incorporación de Interacción Suelo – Estructura.

## Referencias

- A.L.L., B. (1957). *Raft foundations the soil-line method of design*. Concrete Publications Limited. London.
- Abanto Oblitas, R. M., Cisneros Meneses, L. K., Gomez Cordova, G., Díaz Esquivel, C. M., & Rojas Peralta, P. S. (2020). *Propuesta preliminar de método de análisis de interacción suelo - estructura para suelos peruanos (Tesis de grado)*.
- Amendola, C., de Silva, F., Vratsikidis, A., Pitilakis, D., Anastasiadis, A., & Silvestri, F. (2021). Foundation impedance functions from full-scale soil-structure interaction tests. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 141*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106523>.
- Arancibia Abarca, D. A. (2020). *Estudio del efecto de la interaccion Suelo - Estructura en edificios bajos de Albañileria (tesis de grado)*.
- Arquiñego Laulate, J. J., & Velásquez Barrios, N. I. (2020). *Evaluación de la interacción suelo - estructura en una edificación de 4 pisos, en el distrito de Cercado de Lima (Tesis de grado)*.
- Barry, P. L., & Reid, D. (1993). *Mecánica de suelo*. Santa Fé de Bogotá: McGraw-Hill.
- Berrocal Canchari, J. (2013). *Métodos analíticos y numéricos aplicados al diseño de cimentaciones superficiales considerando su interacción con el suelo (Tesis para obtención el grado de maestro)*.
- Blanco , A. (1997). *Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. 2da edición*. Lima – Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Carhuapoma Meza, M. D., & Parodi Choccelahua, I. (2015). *Interacción sísmica suelo- estructura en edificaciones aporticadas en el barrio de Pueblo Nuevo de la Ciudad de Lircay (Tesis de grado)*.
- Castillo Fuentes, E. (2018). *Acumulación de deformaciones en interfaces suelo estructura inducidas térmicamente (Tesis de grado)*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152349>

- Cortés Mena, J. (2010). *Estudio exploratorio para la determinación del coeficiente de balasto a partir de ensayos en laboratorio para suelos cohesivos (Tesis de grado)*.
- Das, B. M. (2015). *RESISTENCIA CORTANTE DEL SUELO*. California.
- Das, B. M., León, C. J., & García, M. L. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México, D.F: Cengage Learning.
- Fernández Sola, L. R. (2011). *Efectos de Interaccion Dinamica suelo - estructura en edificacion con primer piso blando (Tesis Grado de Maestria)*.
- Freire, T. (1999). *Documento: interacción suelo cimiento estructura, el caso de las zapatas partes I y II. Dpto. Tecnología de la Construcción. Universidad de La Coruña*.
- Gamarra Gomez, N. D. (2014). *Análisis de la interacción sísmica suelo - estructura en edificación de albañilería estructural. Tema: Análisis interacción sísmicas suelo-estructura (Tesis de Grado)*.
- García Torres , R. P. (2018). *Cálculo y Diseño de Edificio Multifamiliar de Concreto Armado Considerando la Interacción Dinámica Suelo – Estructura (Tesis de grado)*.
- González Acosta, J. L., Vardon, P. J., & Hicks, M. A. (2021). Study of landslides and soil-structure interaction problems using the implicit material point method. *Engineering Geology, Volume 285*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106043>.
- Hahn, J. (1994). *Vigas continuas, pórticos, placas y vigas flotantes sobre terreno elástico. 3ra Edición. España: Editorial Gustavo Gill*.
- Harmsen, T. (2002). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO. lima: PUCP*.
- Horta Muñoz, I. (2019). *Estudio de vulnerabilidad sísmica de estructuras altas en el sector norponiente de Santiago empleando métodos de identificación de estructuras*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170977>

- Huanca Sihuayro, J. C. (2019). *Análisis de la Interacción Suelo-Estructura Frente a Eventos Sísmicos en Viviendas Cercanas a la Bahía de La ciudad de puno (Tesis de grado)*.
- Institute, A. C. (2002). *Suggested Analysis and Design Procedures for Combined Footings and Mats. Comité 336.2R-88 Journal of the ACI*.
- Interacción suelo-estructura. reflexiones sobre su importancia en la respuesta dinámica de estructuras durante sismos. (2019). *Revista internacional de Ingeniería de Estructuras*.
- Lizarzaburu Aguilar, H., & Vélez Leyva, A. (2013). *Comparación de métodos de cálculo de asentamiento y análisis de confiabilidad de cimentaciones superficiales sobre suelos granulares (Tesis de grado)*.
- Lopez , E. (2012). *Análisis de Interacción sísmica suelo - estructura para la reducción de esfuerzos en elementos estructurales de edificaciones regulares e irregulares con zapatas aisladas (Tesis grado de magister)*.
- Lozano Gómez, J. P., & Ramos Vásquez, J. D. (2019). *Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/24277>
- Meza Espinoza, J. M. (2018). *Optimización del diseño estructural de un edificio multifamiliar en suelos blandos, con el modelo interacción suelo - estructura, en Lurín - Lima (Tesis de grado)*.
- Picón Santamaria, A. T., & Ruiz Sanchez, L. A. (2019). *Análisis del problema de interaccion suelo - estructura para un portico 2D en suelos granulares (Tesis de grado)*.
- PierfrancescoCacciola, & AlessandroTombari. (2021). Steady state harmonic response of nonlinear soil-structure interaction problems through the Preisach formalism. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 144*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106669>

- Ren - Ping, L., & Liu, J. (2012). Nonlinear analysis of settlement for cohesionless soil foundations based on in-situ tests. *Journal of Geotechnical Engineering*.
- Respuesta dinámica de edificaciones producidas por campos de ondas incidentes considerando la ISE. (2018). *Revista internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*.
- Sahil Abbas Zaidi, Tabassum Naqvi, & Syed Muhammad Ibrahim. (2021). Study on the effects of seismic soil-structure interaction of concrete buildings resting on hill slopes. *Materials Today: Proceedings*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.532>.
- Shutong Liu, Peizhen Li, Wenyang Zhang, & Zheng Lu. (2020). Experimental study and numerical simulation on dynamic soil-structure interaction under earthquake excitations. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 138*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106333>.
- Soriano Martínez, A. (2015). *ESTUDIO DINÁMICO DE CIMENTACIONES EN OBRAS PORTUARIAS*. Madrid.
- Soto Conde, J. N. (2016). *Estimación objetiva de la dispersividad en suelos arcillosos en el ensayo de Pinhole basada en una carta de colores y valores cuantitativos de turbidez*. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civ. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10983/14157>
- Srijit Bandyopadhyay, Parulekar, Y. M., Aniruddha Sengupta, & Chattopadhyay, J. (2021). Structure soil structure interaction of conventional and base-isolated building subjected to real earthquake. *Structures, Volume 32*, 474-493. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.03.069>.
- Sucasaca Collanqui, H., & Mamani Vargas, J. H. (2017). *Evaluación de los efectos de interacción suelo - estructura en el estadio universitario UNA - Puno (Tesis de Grado)*.
- Valencia Guamán, C. (2014). Análisis de la relación del coeficiente de balasto y su incidencia en la estabilidad estructural de un edificio de 7 pisos de hormigón



armado en la parroquia La Matriz, Cantón Ambato, provincia Tungurahua.  
Ambato, Ecuador.

Zegarra Pellane, J. (2016). Capítulo I: Introducción. (Curso de Mecánica). En P. U.  
Perú. Lima, Perú.

## **Anexos**

## **Anexo 1: Ubicación del Proyecto**



DEPARTAMENTO : AREQUIPA  
 PROVINCIA : AREQUIPA  
 DISTRITO : MIRAFLORES  
 NOMBRE DE LA VÍA : AVENIDA GOYENECHE  
 NUMERO : 2000

PROYECTO:  
 "Análisis estructural comparativo del módulo de aulas I.E. Misty - Arequipa, con base fija y considerando interacción suelo - estructura, 2021"

PLANO: ANIMA

UBICACION/LOCALIZACION

U - 001

INDICADAS  
 FECHA: ENERO 2021

## **Anexo 2: IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES**

# IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES

Según la NTE, E.030 - 2018

## IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA

### IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ (PISO BLANDO)

$$K_i < 0.70 \cdot K_{i+1} \quad \text{ó} \quad K_i < 0.8 \cdot \frac{1}{3}(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$$

$$\frac{V_i}{\Delta e_{CM(i)}} < (0.7) \cdot \frac{V_{i+1}}{\Delta e_{CM(i+1)}} \quad \text{ó} \quad \frac{V_i}{\Delta e_{CM(i)}} < (0.8) \cdot \frac{1}{3} \left( \frac{V_{i+1}}{\Delta e_{CM(i+1)}} + \frac{V_{i+2}}{\Delta e_{CM(i+2)}} + \frac{V_{i+3}}{\Delta e_{CM(i+3)}} \right)$$

En la dirección "X":

Story	Load Case	VX, VY		Z	UX	$\Delta e_{CM(i)}$	$K_i$	$0.70 \cdot K_{i+1}$	ESTRUCTURA	$K_i$	$0.8 \cdot \frac{1}{3}(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$	ESTRUCTURA	
		tonf	m										mm
Story3	Sismo X	-69.14	11.4	20.910	0.001730	39962.543			REGULAR	39962.543		REGULAR	
Story2	Sismo X	-145.62	8.1	15.201	0.001968	73987.473	27973.780		REGULAR	73987.473	31970.035	REGULAR	
Story1	Sismo X	-192.96	4.8	8.706	0.001814	106387.154	51791.231		REGULAR	106387.154	45580.007	REGULAR	
F.I. (X)									1			F.I. (X)	1

En la dirección "Y":

Story	Load Case	VX, VY		Z	UY	$\Delta e_{CM(i)}$	$K_i$	$0.70 \cdot K_{i+1}$	ESTRUCTURA	$K_i$	$0.8 \cdot \frac{1}{3}(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$	ESTRUCTURA	
		tonf	m										mm
Story3	Sismo Y	-69.14	11.4	16.084	0.001477	46799.212			REGULAR	46799.212		REGULAR	
Story2	Sismo Y	-145.62	8.1	11.209	0.001649	88319.912	32759.449		REGULAR	88319.912	37439.370	REGULAR	
Story1	Sismo Y	-192.96	4.8	5.768	0.001202	160576.727	61823.938		REGULAR	160576.727	54047.650	REGULAR	
F.I. (Y)									1			F.I. (Y)	1

F.I. (X)  1      F.I. (Y)  1

### IRREGULARIDAD DE RESISTENCIA (PISO DÉBIL)

$$\sum V_i < 0.80 \cdot \sum V_{i+1}$$

$$\sum (bw \cdot d)_i < 0.8 \cdot \sum (bw \cdot d)_{i+1}$$

CUADRO DE COLUMNAS			
	AREA (m2)	CANT.	TOTAL
C1	0.2375	4	0.95
C2	0.125	7	0.875
C3	0.1625	5	0.8125
POR PISO			2.6375

CUADRO DE PLACAS			
	AREA (m2)	CANT.	TOTAL
P-1	0.4938	4	1.9752
P-2	0.6626	2	1.3252
			3.3004

Story	C1	P1	$\sum (bw \cdot d)_i$	$0.8 \cdot \sum (bw \cdot d)_{i+1}$	ESTRUCTURA
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>			
Story3	2.6375	3.3	5.9375		REGULAR
Story2	2.6375	3.3	5.9375	4.75	REGULAR
Story1	2.6375	3.3	5.9375	4.75	REGULAR
F.I.					1

### IRREGULARIDAD DE MASA O PESO

$$W_i > 1.5 \cdot [W_{i+1}; W_{i-1}]$$

Story	$M_i$	W <sub>i</sub>	1.5 · W <sub>i+1</sub>	ESTRUCTURA	W <sub>i</sub>	1.5 · W <sub>i-1</sub>	ESTRUCTURA	
								tonf
Story3	21.81	213.88			213.88	470.13	REGULAR	
Story2	31.96	313.42	320.8262	REGULAR	313.42	521.77	REGULAR	
Story1	35.47	347.84	470.1332	REGULAR	347.84			
F.I.				1			F.I.	1

### IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL

$$L_1 > 130\% L_2$$

Story	Dirección en X (m)							
	L <sub>i</sub>	L <sub>i+1</sub>	1.3 · L <sub>i+1</sub>	ESTRUCTURA	L <sub>i-1</sub>	1.3 · L <sub>i-1</sub>	ESTRUCTURA	
Story3	22.5				22.5	29.25	REGULAR	
Story2	22.5	22.5	29.25	REGULAR	22.5	29.25	REGULAR	
Story1	22.5	22.5	29.25	REGULAR				
F.I. (X)				1			F.I. (X)	1

Story	Dirección en Y (m)						ESTRUCTURA
	$L_i$	$L_{i+1}$	$1.3 * L_{i+1}$	$L_{i+1}$	$1.3 * L_{i+1}$		
Story3	12.7			12.7	16.51		REGULAR
Story2	12.7	12.7	16.51	12.7	16.51		REGULAR
Story1	12.7	12.7	16.51				
F.I. (Y)			1	F.I. (Y)			1

#### DISCONTINUIDAD DE SISTEMAS RESISTENTES

$$\Delta_{ejes} > 0.25 * L_{elemento} \quad \text{Si: } V_{elemento} > 0.10 * V_f$$

$\Delta_{ejes} =$	0 m.
$L_{elemento} =$	1.65 m.
$0.25 * L_{elemento} =$	0.4125 m.
ESTRUCTURA	REGULAR
F.I.	1

$V_{elemento} =$	50 tonf
$V_f =$	473.0824 tonf
$0.10 * V_f =$	47.30824 tonf
$\therefore$	APLICA

$$I_a(x) = 1$$

$$I_a(y) = 1$$

#### IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA

##### Irregularidad torsional

$$\frac{\Delta_{máx}}{\Delta_{prom}} > 1.3$$

Cuando:  $\Delta_{mediana} > 50\% \Delta_{límite}$

$$\text{Donde: } \Delta_{prom} = \frac{\Delta_L + \Delta_R}{2} \quad \Delta_L = \frac{\Delta_{L-1} + \Delta_{L-2}}{2} \quad \Delta_R = \frac{\Delta_{R-1} + \Delta_{R-2}}{2}$$

Story	Load Case	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Max Loc Z	PROM	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTURA	Max Drift I	Drift Lim.
						m					
Story3	Sismo X	Diaph D3 X	0.001066	0.001028	1.037	11.4	0.001028	1.037	REGULAR	0.0055965	0.007
Story2	Sismo X	Diaph D2 X	0.00118	0.001143	1.032	8.1	0.001143	1.032	REGULAR	0.006195	0.007
Story1	Sismo X	Diaph D1 X	0.000846	0.000827	1.023	4.8	0.000827	1.023	REGULAR	0.0044415	0.007
F.I.									1		

Story	Load Case	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Max Loc Z	PROM	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTURA	Max Drift I	Drift Lim.
						m					
Story3	Sismo Y	Diaph D3 Y	0.001206	0.001117	1.079	11.4	0.001117	1.079	REGULAR	0.0063315	0.007
Story2	Sismo Y	Diaph D2 Y	0.001295	0.001209	1.071	8.1	0.001209	1.071	REGULAR	0.00679875	0.007
Story1	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.000865	0.000806	1.074	4.8	0.000806	1.074	REGULAR	0.00454125	0.007
F.I.									1		

##### Irregularidad por esquinas entrantes

$$L_{esquina(x)} > 0.20 * L_x \quad \text{ó} \quad L_{esquina(y)} > 0.20 * L_y$$

Story	Dirección en X (m)			ESTRUCTURA	Dirección en Y (m)			ESTRUCTURA	
	$L_x$ (mayor)	$L_{esq}$ (menor)	$0.20 * L_x$		$L_y$ (mayor)	$L_{esq}$ (menor)	$0.20 * L_y$		
Story3	22.5	0	4.5	REGULAR	9.3	0	1.86	REGULAR	
Story2	22.5	0	4.5	REGULAR	9.3	0	1.86	REGULAR	
Story1	22.5	0	4.5	REGULAR	9.3	0	1.86	REGULAR	
F.I.				1	F.I.				1

NOTA: Para que se considere irregular por esquinas entrantes debe cumplir la condición en ambas direcciones, si en caso solo haya en solo una dirección; se considerara regular.

##### Irregularidad por discontinuidad del diafragma

$$A_{abertura} > 0.50 * A_i \quad \text{ó} \quad S_{resistente} < 0.25 * S_{área bruta}$$

$A_i =$	291.38 m <sup>2</sup>
$0.50 * A_i =$	145.69 m <sup>2</sup>
$A_{abertura} =$	17.06 m <sup>2</sup>
ESTRUCTURA	REGULAR
F.I.	1

$S_{área bruta} =$	4.5 m <sup>2</sup>
$0.25 * S_{área bruta} =$	1.13 m <sup>2</sup>
$S_{resistente} =$	7.31 m <sup>2</sup>
ESTRUCTURA	REGULAR
F.I.	1

**Irregularidad por sistemas no paralelos**

Ángulo máximo entre ejes: 30°

$\Delta X =$	22.5 m.
$\Delta Y =$	0 m.
Relación:	0 rad
En grados sexag.:	0.00 °
ESTRUCTURA	REGULAR
F.I.	1

$V_{elemento} =$	10 tonf
$V_i =$	158.22 tonf
$0.10 \cdot V_i =$	15.822 tonf
$\therefore$	<b>NO APLICA</b>

$I_p(x) = 1$

$I_p(y) = 1$



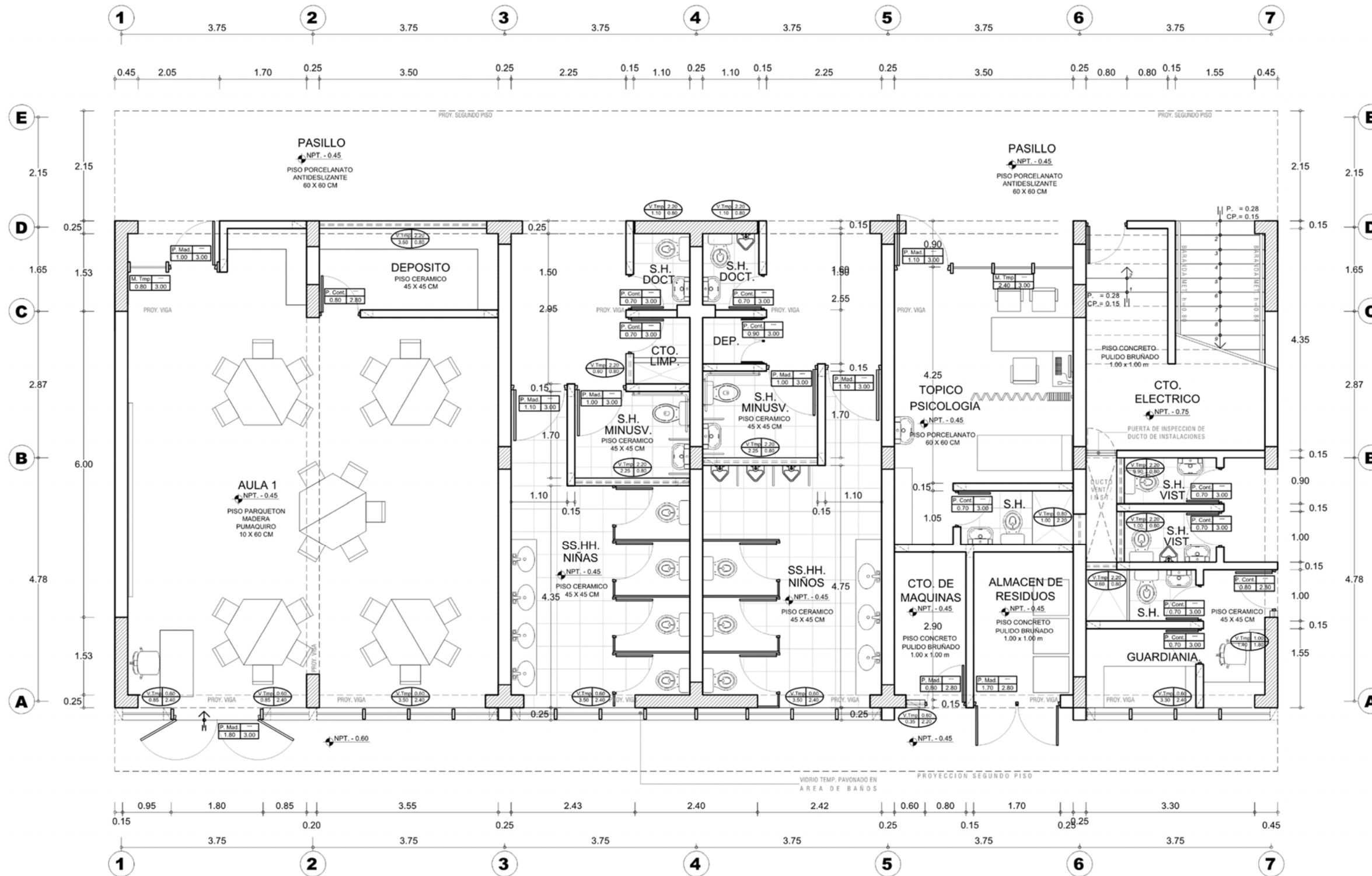
### **Anexo 3: Matriz de Consistencia**

**Tabla 77: Matriz de Consistencias**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>DIMENSIONES</b>
<b>Problema Principal</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Dependientes</b>	-Análisis de la estructura con y sin ISE	-Iteraciones
¿Qué diferencias existen respecto al análisis estructural del módulo de aulas del I.E. Misty con base fija y los modelos ISE, D.D. Barkan – O.A. Savinov y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en Arequipa- Arequipa- Miraflores, 2021?	Determinar las diferencias que existen respecto al análisis estructural del módulo de aulas del I.E. Misty con base fija y con los modelos ISE, D.D. Barkan – O.A. Savinov y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en Arequipa- Arequipa- Miraflores, 2021.	Existe diferencia significativa respecto del análisis estructural del módulo de aulas del I.E. Misty con base fija y con los modelos ISE, D.D. Barkan – O.A. Savinov y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en Arequipa- Arequipa- Miraflores, 2021.	- Fuerzas internas máximas estructurales con y sin ISE.  - Derivas de entrepiso, desplazamientos laterales y periodos de vibración.		
<b>Problemas Secundarios</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Especificas</b>	<b>Independientes</b>	-Base empotrada	-Observación
¿Cuál es la influencia en las fuerzas internas al implementar la interacción suelo – estructura?	- Determinar las fuerzas internas que se generan al considerar la interacción suelo – estructura.	- Con la aplicación de interacción suelo - estructura influye en las fuerzas internas de la estructura.	- Rigidez variable.  -Comportamiento Dinámico de la estructura.	-Modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov	
¿Cuál es la influencia en los desplazamientos y derivas de entrepiso al implementar interacción suelos – estructura?	- Determinar la influencia en los desplazamientos y derivas de entrepiso considerando interacción suelo – estructura.	- Con la aplicación de interacción suelo – estructura influye en los desplazamientos y derivas de entrepiso de la estructura.		-Modelo dinámico de la Norma Rusa Snip 2.02.05-87.	
¿Cuál será la influencia al implementar interacción suelo – estructura con respecto a la Norma E.030 – 2018?	- Determinar los parámetros para el cumplimiento de la norma E.030 - 2018	- Con la aplicación de Interacción Suelo - Estructura cumple con los parámetros de la norma E.030 – 2018.			

**Fuente:** Elaboración propia.

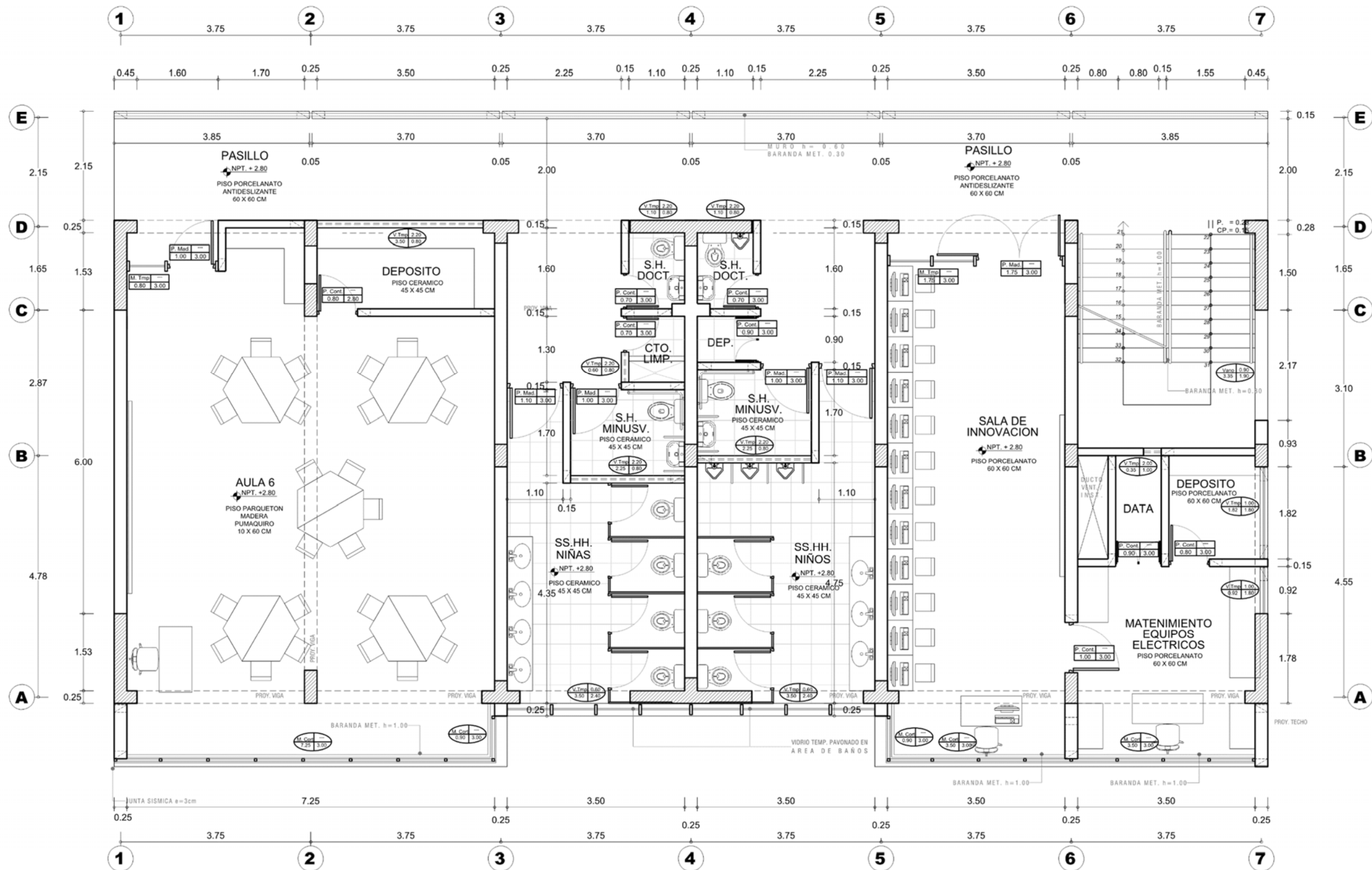
## **Anexo 4: Planos de Arquitectura**



# PRIMER PISO

ESC: 1/75

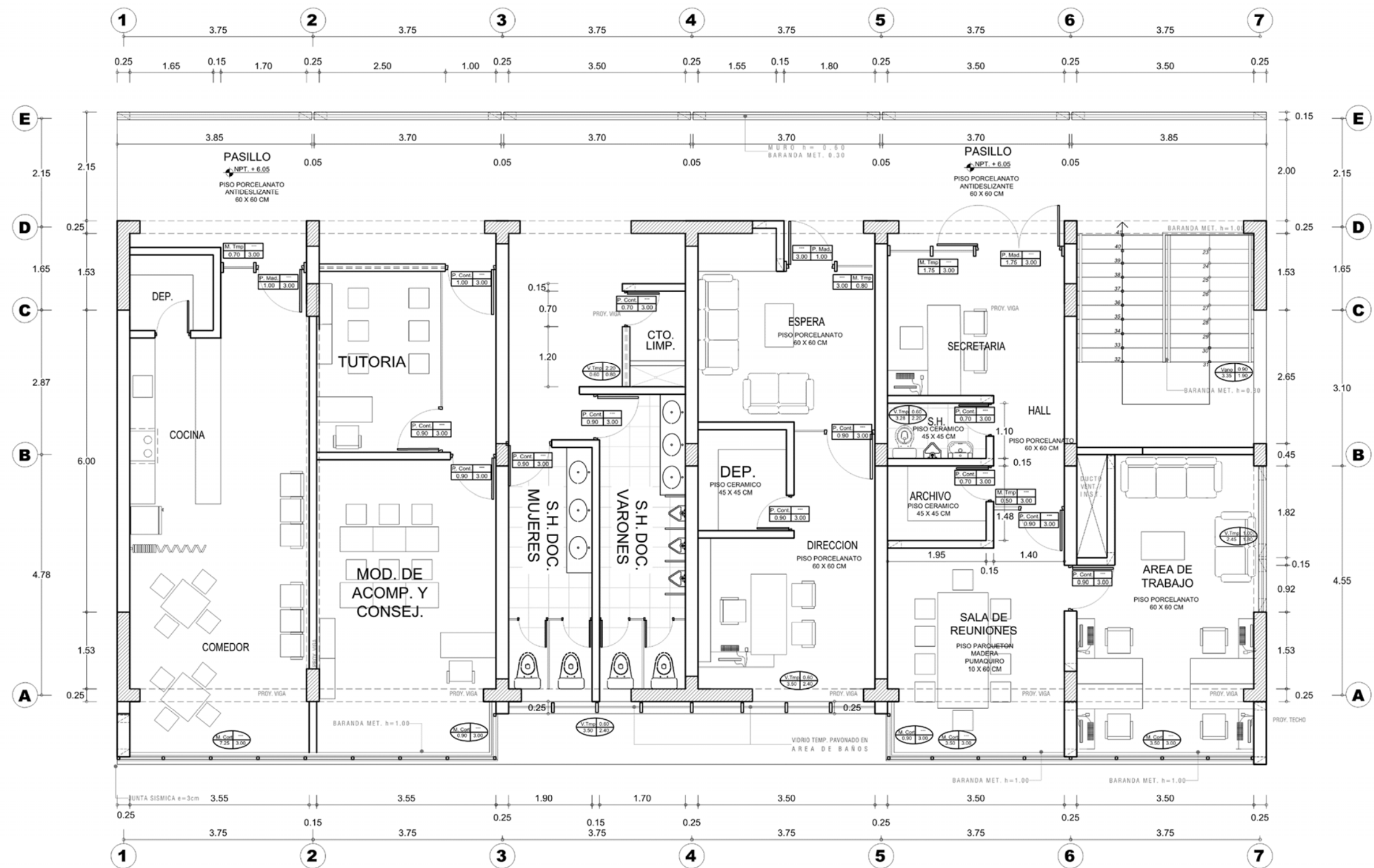
Proyecto: Análisis estructural comparativo del módulo de aulas del I.E. Misty - Arequipa con base fija y considerando interacción suelo estructura, 2021			
Propietario: Midward Joel Ortega Mamani			
Plano: Arquitectura - 1er nivel			Levi Dig CAD
Districto: MIRAFLORES	Provincia: AREQUIPA	Departamento: AREQUIPA	
Revisado y Aprobado:	Datum: psad-56	Fecha: MAYO 2021	Lamina: P-01
PROYECTISTA:	Zona: 19	Escala: Indicada	



# SEGUNDO PISO

ESC: 1/75

Proyecto: Análisis estructural comparativo del módulo de aulas del I.E. Misty - Arequipa con base fija y considerando interacción suelo estructura, 2021			
Propietario: Midward Joel Ortega Mamani			
Plano: Arquitectura - 2do nivel			Lev. Dig. CAD
Districto: MIRAFLORES	Provincia: AREQUIPA	Departamento: AREQUIPA	
Revisado y Aprobado:	Fecha: psad 56	Fecha: MAYO 2021	Lamina: P-02
PROYECTISTA:	Zona: 19	Escala: Indicada	

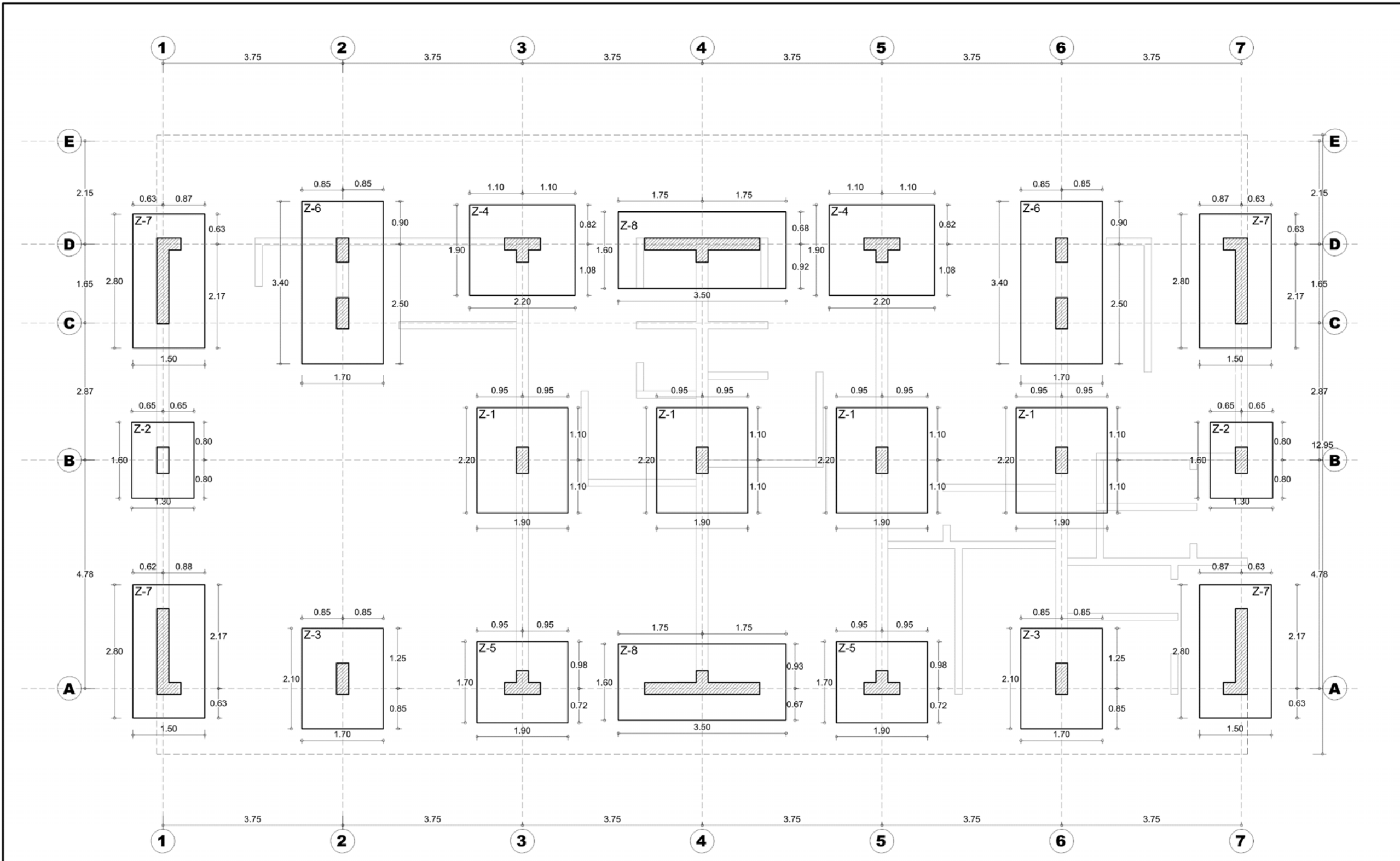


# TERCER PISO

ESC: 1/75

Proyecto: <i>Análisis estructural comparativo del módulo de aulas del I.E. Misty - Arequipa con base fija y considerando interacción suelo estructura, 2021</i>			
Propietario: <i>Midward Joel Ortega Mamani</i>			
Plano: <i>Arquitectura - 3er nivel</i>			Lev. Dp. CAD
Districto: <i>MIRAFLORES</i>	Provincia: <i>AREQUIPA</i>	Departamento: <i>AREQUIPA</i>	
Revisado y Aprobado:	Datos: <i>psad-56</i>	Fecha: <i>MAYO 2021</i>	Lamina: <b>P-03</b>
PROYECTISTA:	Zona: <i>19</i>	Escala: <i>Indicada</i>	

## **Anexo 5: Zapatas Aisladas**



Proyecto: <i>Análisis estructural comparativo del módulo de aulas del I.E. Misty - Arequipa con base fija y considerando interacción suelo estructura, 2021</i>			
Propietario: <i>Midward Joel Ortega Mamani</i>			
Plano: <i>Estructuras - Cimentacion</i>			Lev. Dg. CAD:
Districto: <i>MIRAFLORES</i>	Provincia: <i>AREQUIPA</i>	Departamento: <i>AREQUIPA</i>	
Revisado y Aprobado:	Datado: <i>psad-58</i>	Fecha: <i>MAYO 2021</i>	Lamina:
PROYECTISTA:	Zona: <i>19</i>	Escala: <i>Indicada</i>	<b>P-04</b>



## **Anexo 6: Estudio de Mecánica de Suelos**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## **INFORME TECNICO:**

### **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION**



#### **PROYECTO:**


**"ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO  
DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y  
CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA,  
2021"**



SOLICITANTES: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI

UBICACION: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.

**MAYO DE 2021**

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## CONTENIDO

INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELO.....	3
1. GENERALIDADES .....	3
1.1. OBJETIVOS .....	3
1.2. NORMATIVIDAD .....	3
1.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	3
1.4. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO.....	4
1.5. CONDICIÓN CLIMÁTICA Y ALTITUD DE LA ZONA .....	4
2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA DE ESTUDIO .....	4
2.1. GEOMORFOLOGIA.....	4
2.2. MARCO GEOLOGICO.....	6
2.3. MARCO GEOLOGICO.....	7
2.3.1. ESTATIGRAFIA.....	7
2.2. SISMICIDAD.....	14
3. INVESTIGACION DE CAMPO.....	14
4. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	15
5. AGRESIÓN DEL SUELO.....	16
6. PERFIL ESTATIGRÁFICO .....	
16 7. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	17
7.1. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE.....	17
7.2. ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN.....	19
7.3. CAPACIDADES PORTANTES:.....	19
7.4. CALCULO DE ASENTAMIENTO PARA ZAPATA AISLADA/CONECTADA. ....	20
8. PANEL FOTOGRÁFICO.....	22
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	24
10. ANEXOS.....	26
ANEXO Nº 01 .....	27
ENSAYOS DE LABORATORIO .....	27
ANEXO Nº 02 .....	46
PERFIL ESTATIGRÁFICO .....	
46 ANEXO Nº 03.....	
49 PLANO DE UBICACIÓN DECALICATA .....	49





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELO.

### 1. GENERALIDADES

El presente informe técnico tiene por finalidad determinar la capacidad portante de las estructuras de cimentación así mismo la clasificación y propiedades físicas del suelo en cuestión; en el cual se emplaza la cimentación del Proyecto

Página | 3

Para tal fin se han realizado trabajos de campo y laboratorio:

- El primero con reconocimiento del lugar, excavación de calicatas de exploración, muestreo y registro de exploración.
- El segundo con ensayos de laboratorio cuasi inalteradas, caracterización geotécnica y determinación de parámetros de diseño para las estructuras de cimentación; capacidad portante admisible, asentamiento diferencial tolerable.

#### 1.1. OBJETIVOS

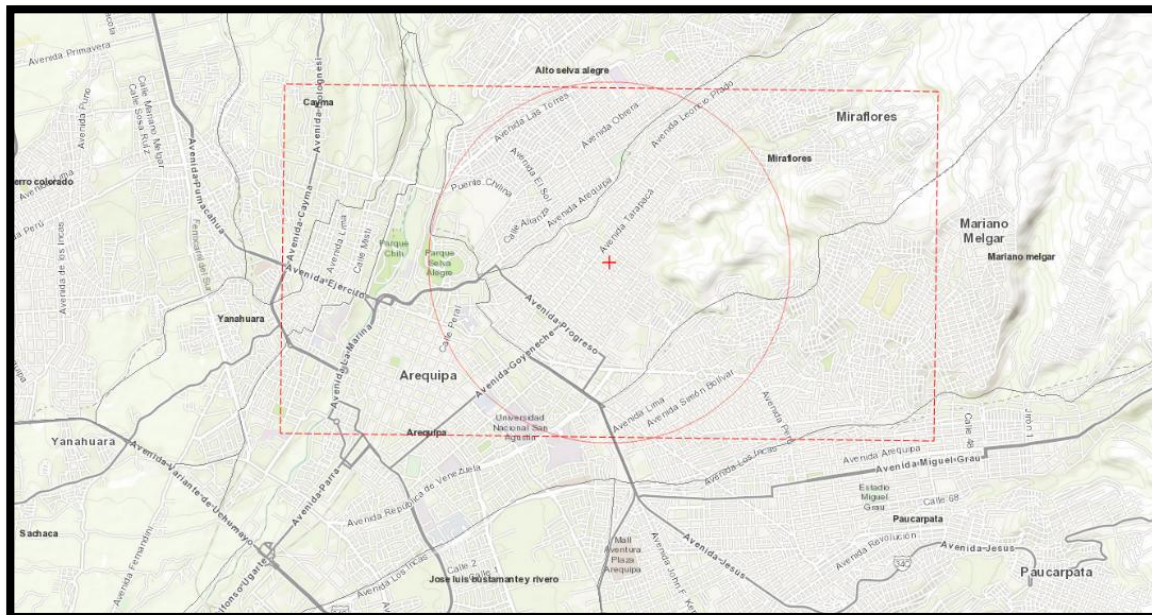
El informe Geotécnico que se describe a continuación presenta el resultado del estudio de mecánica de suelos para el proyecto **"ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"**

#### 1.2. NORMATIVIDAD

Para la realización del presente estudio de los estudios de suelos se tomará como referencia la norma E-050 Suelos y Cimentaciones del RNE.

#### 1.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto previamente descrito se ubica en la siguiente imagen satelital indicando la zona de estudio.



UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO (FUENTE GEOCAT)



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

#### 1.4. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO

Se tiene acceso múltiple al área de estudio donde nombramos las entradas principales por la Av. Prolongación Goyeneche y por la Av. Tarapaca, tomando las calles aledañas Francisco Mostajo y Alto de la Alianza. Del distrito de Miraflores.

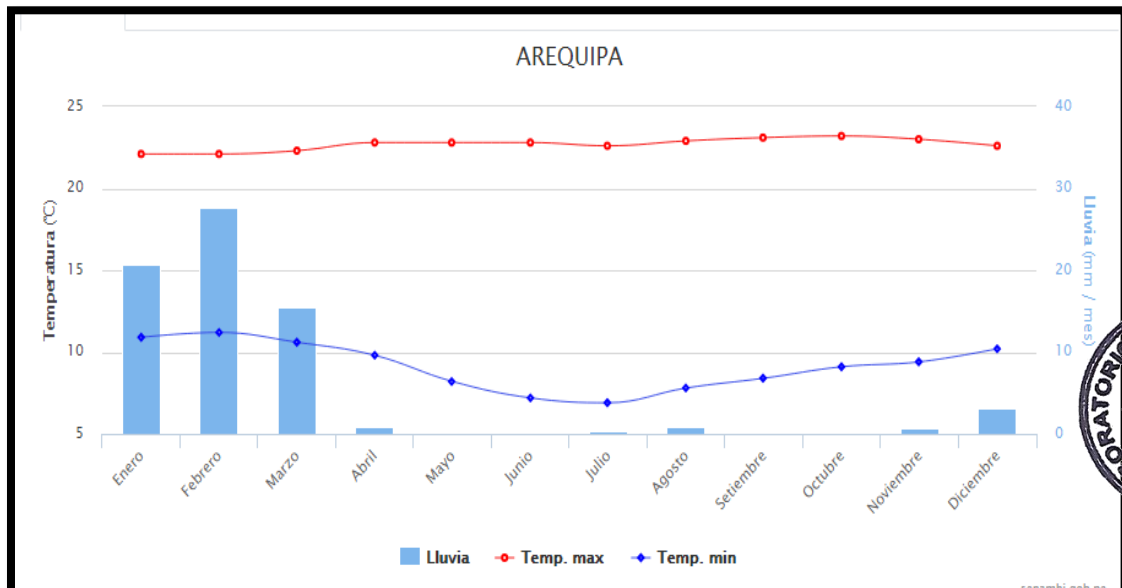
#### 1.5. CONDICION CLIMATICA Y ALTITUD DE LA ZONA

El clima de Arequipa es templado, desértico y con amplitud térmica moderada.

La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1950-1991) es 22.2°C y 7.0°C, respectivamente.

La precipitación media acumulada anual para el periodo 1950-1991 es 95.3 mm

se encuentra ubicada al Suroeste del Perú, con una extensión de 63,345.39 Km<sup>2</sup>, que representa el 4.9% del total de la extensión del País, tiene una altitud de 2,335 m.s.n.m.



GRÁFICA DEL TIEMPO DE AREQUIPA (FUENTE SENAMHI)

## 2. GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1. GEOMORFOLOGIA

En el área de estudio comprende de las siguientes unidades Geomorfológicas siendo estas variadas a causa del sistema geológico que se presenta en el cuadrángulo de Arequipa, teniéndose de este modo unidades Geomorfológicas variadas desde unidades geomorfológicas de estrato volcán (Es-v), otra Unidad Geomorfológica es la de Terraza alta aluvial (Ta-al), otra Unidad Geomorfológica es la de Vertiente glacio-fluvial (V-gfl), Colina y lomada en roca volcánica (RCL-rv), otra unidad geomorfológica es la que corresponde a Coladas o campo de lavas basalto-andesíticas (Ca-la), otra unidad Geomorfológica es la que corresponde a Superficie de flujo piroclástico (Sfp), otra unidad geomorfológica es la que corresponde a Colina y lomada en roca sedimentaria (RCL-rs), otra unidad Geomorfológica que se presenta es la de Domo volcánico (Do-v), otra unidad geomorfológica es la que corresponde a Montañas y colinas en roca volcánica (RMC-rv), otra unidad Geomorfológica es la de Llanura o planicie inundable (PI-i), otra unidad Geomorfológica es la de Colina y lomada en roca metamórfica (RCL-rm).

Esta unidad comprende a geoformas relacionadas al estratovolcán Estribo perteneciente al complejo volcánico Chachani y al estratovolcán Misti. El Estribo, se encuentra al noroeste del cañón del río Chili, con afloramiento que forma una pared muy empinada de flujos de lava y depósitos volcanoclásticos. El



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

volcán Misti se ubica entre los 3000 y 5822 msnm. Se caracteriza por presentar pendientes moderadas (entre 15° y 40°), y es surcado por un sistema

de drenaje radial, con quebradas de 10 a 50 m de profundidad (figura 2). El cual está conformado por flujos de lava del volcán Misti, emplazados entre 50 y 120 mil años (Thouret et al., 2001).

Superficialmente está cubierto por depósitos volcanoclásticos que corresponden a cenizas retrabajadas y depósitos coluviales. Los flujos de lava poseen entre 10 y 50 m de espesor. En el estrato-cono inferior se distinguen lavas con algunas estructuras tipo levée las cuales se hallan distribuidos de manera radial. En la parte central del mapa geomorfológico (figura 2) la unidad está conformada por un depósito de avalancha de escombros producto de un colapso del flanco noroeste del volcán Misti.

#### **VERTIENTE GLACIO-FLUVIAL (V-GFL)**

Esta vertiente se formó debido a la erosión del río Chili labrada en una secuencia volcanoclástica de los volcanes Misti y Chachani. Donde la vertiente se inicia cerca de la represa Aguada Blanca, a 3700 msnm, y está ubicado entre los volcanes Misti y Chachani. Las márgenes o paredes de la vertiente se caracterizan por presentar pendientes muy fuertes que van de 35° a 75°. Posee una longitud cercana a 20 km; en sus primeros 5 km está orientado en dirección E-O y los restantes están orientados en dirección NESO. Posee una profundidad que va de 150 a 400 m en sus tramos iniciales y finales, y más de 2600 m en su parte media. En las zonas más estrechas tiene menos de 30 m de ancho. Llanura inundable (PI-i) Corresponde a un valle angosto, orientado en dirección NE-SW, de 150 a 200 m de ancho y 50 m de profundidad, donde la llanura de inundación está formada por terrazas originadas por el emplazamiento de lahares en su gran mayoría ocurridos en el Holoceno.

#### **TERRAZA ALTA ALUVIAL (TA-AL)**

Son terrenos con pendientes bajas a subhorizontales, se encuentran a mayor altura que las terrazas bajas y el cauce del río chili, dispuestos a los costados de la llanura de inundación. Representan niveles antiguos inconsolidados de materiales aluviales, con procesos erosivos como consecuencia de la profundización del valle o quebrada.

#### **COLINA Y LOMADA EN ROCA VOLCÁNICA (RCL-RV)**

Esta forma de relieve, es compuesta litológicamente por rocas volcánicas que son reducidos por procesos denudativos, el cual se caracterizan por presentar laderas disectadas y de pendiente moderada a baja.

#### **COLADAS O CAMPO DE LAVAS BASALTO-ANDESÍTICAS (CA-LA)**

Se presenta en formas alargadas con lóbulos frontales de corto recorrido y poco espesor se asocian a lavas "lavas en bloques tipo aa". En conjunto asociadas a volcanes monogenéticos lavas fisurales y domo-lavas pequeños.

#### **SUPERFICIE DE FLUJO PIROCLÁSTICO (SFP)**

Esta se presenta en un área relativamente plana y extensa que se ubica hacia el oeste de la ciudad de Arequipa y limita al norte con los flujos de lava del volcán Chachani. Esta zona tiene pendientes menores a 15°, el cual está cortada por quebradas que tienen menos de 20m de profundidad. El cual es conformada por una secuencia de ignimbritas y cubiertas por una delgada capa de depósitos volcanoclásticos que son provenientes de los volcanes Misti y Chachani.

#### **COLINA Y LOMADA EN ROCA SEDIMENTARIA (RCL-RS)**

Estas geoformas presentan baja a moderada susceptibilidad a ser afectados por movimientos en masa y se asocian a la ocurrencia de caída de rocas, derrumbes y deslizamientos.

#### **DOMO VOLCÁNICO (DO-V)**

Se presenta en colinas entre 30-50 m de altura, con pendientes moderadas a fuertes de 15-30° a 40-60°, y que son cortados por quebradas que forman un drenaje dentrítico. El cual es conformado por domos – coladas que son provenientes del volcán Chachani, el cual son ubicados en el sector noroeste, el cual se encuentra por el Aeropuerto de Arequipa, en el gran complejo del Chachani se han identificado 12 domos





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

según (Forget, 2004) el cual poseen entre 100 y 400 m de diámetro, presentando paredes de hasta 200m de alto.

### **MONTAÑAS Y COLINAS EN ROCA VOLCÁNICA (RMC-RV)**

Estas presentan en el paisaje muestra acumulaciones de materiales volcánicos del tipo de derrames lávicos, piroclásticos o intercalaciones de ambos. La morfología más característica está representada por superficies planas y onduladas que forman altiplanos volcánicos amplios, con frentes escarpados a abruptos. Los movimientos en masa asociados son derrumbes, deslizamiento, caída de rocas y erosión en laderas.

## **2.2. FISIOGRAFIA**

Las unidades presentadas se enmarcan dentro de la geomorfología regional del cuadrángulo de Arequipa, (Orihuela 1981) se diferencian las siguientes unidades fisiográficas - geomorfológicas son: La Cordillera de Laderas, La Cadena del Barroso y la Peniplanicie de Arequipa, que son de mucha utilidad para el presente estudio.

### **CORDILLERA DE LADERAS**

A ésta unidad se describe en la hoja Geológica de Arequipa, a la cadena de los cerros ubicados hacia el Sur de la ciudad, bordeada por los ríos Chili, Socabaya y Yarabamba, que forman parte del Batolito de la Caldera, que a su vez, es una continuación del Batolito Costanero que se extiende a lo largo del litoral peruano. Se caracteriza por presentar un relieve de cerros moderadamente conspicuos, con relieve marcadamente dendrítico y en algunos casos paralelo. La superficie de esta unidad es rocosa con bloques que llegan hasta los 3 m. de diámetro, en la vecindad de los ríos aparecen afloramientos desnudos, por lo general se encuentra bastante meteorizada, debido al clima desértico de la región.

Aunque con el tiempo transcurrido la superficie muestra resistencia de los materiales que los constituyen, de alguna manera se observa, que el material erosionado ha aportado en pequeñas proporciones material de acarreo en las zonas adyacentes de sus emplazamientos, fundamentalmente en las zonas de Hunter Tiabaya, favorecido por las fuertes pendientes de esta superficie. Los cerros que mas sobresalen en esta superficie son: Sachaca (35 m.), Cerro la Aparecida (45 m.), Tío Grande (77 m. y 94 m.), Hunter (175 m.), la señal de Tiabaya registra una cota de 2,669 m.s.n.m. lo cual se deduce aproximadamente que tiene una altura de 470 m.



### **CADENA DEL BARROSO**

Esta unidad geomorfológica, es descrita a partir de los flujos de lodo y lava, conocidos como estribaciones que estén asociadas a las erupciones volcánicas y a depósitos por la actividad post-volcánica de los tres volcanes que tutelan la ciudad, estos volcanes se encuentran dentro de la cordillera mencionada y son: El Chachani, Misti y Pichu Pichu. Los límites de esta unidad son fácilmente distinguibles debido a que su relieve muestra frentes de paredes empinadas conformando un sistema de drenaje paralelo a subparalelo, con un contraste notorio con la peniplanicie. La superficie es ondulada e inclinada en dirección Sur-Oeste, con una pendiente promedio de 10% (Qda. San Lázaro), esta superficie está cortada por numerosas quebradas que permanecen secas durante la mayor parte del año, convirtiéndose en torrentes agresivos en épocas de lluvia, favorecidos por sus marcadas pendientes, que a su vez modifican su relieve por la erosión y transporte de sus materiales, convirtiéndose los pueblos jóvenes y urbanizaciones que se encuentran ubicados en esta zona, en un riesgo por la actividad modificadora.

### **PLENILLANURA DE AREQUIPA**

Es una superficie ligeramente plana, inclinada hacia el Suroeste con una pendiente que va decreciendo conforme desciende de nivel, aproximadamente 4%. Esta superficie originada por el levantamiento de la Cordillera del Barroso y las rocas ígneas de la Caldera, en la cual se depositaron materiales de distinta naturaleza que dieron lugar a la nivelación de esta superficie, se encuentran conformados por materiales tufáceos hacia el oeste y materiales detríticos hacia el este, los demás depósitos que rellenaron esta unidad han dejado superficies y relieves peculiares asociados a sus respectivos materiales.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

Geológicamente el Suelo estudiado es proveniente de un depósito aluvial, conformado por clastos Sub-angulosos con arenas y limos, sin plasticidad y con baja a regular compacidad. Por lo general el suelo de la zona presenta propiedades homogéneas, estas propiedades le confiere al suelo regulares compacidades relativas que representan una adecuada capacidad de soporte.

## 2.3. MARCO GEOLOGICO

### 2.3.1. ESTATIGRAFIA

La secuencia estratigráfica muestra una variedad de unidades sedimentarias recientes, volcánicas y rocas intrusivas, las mismas que tienen edades de amplio rango. La roca más antigua corresponde a las tobas de la formación Añashuayco, el cual es compuesta por Tobas riolíticas y riodacíticas blancas en estrato basal de toba rosada. Coladas de tobas de amplia distribución en la hoja el cual suprayace a unidades más antiguas como intrusiones ígneas, de tipo granodioríticos - Monzoníticos, el cual es seguido de depósitos volcánicos, como flujos piroclásticos, caídas de tefras, flujos de avalanchas, y seguido de depósitos aluviales recientes, fluviales recientes, donde el cuaternario más antiguo está representado mayormente por las rocas del grupo Barroso, diferenciado en volcánicos Chila y Barroso, que constituyen la Cadena del Chachani y Misti. conformando hacia el Sur una faja angosta entre el río Yura y las lavas de grupo Barroso, hasta llegar al denominado "triángulo de Arequipa" (Yura, Arequipa y Quishuarani, W. Jenks, 1948), donde ocupa una mayor superficie. También se les encuentra en las paredes del cañón del río Chili (Planta hidroeléctrica de Characani), en los flancos del valle del río Vitor y en otros lugares. Encima de éstos, se tiene los depósitos de flujos de barro, morrenas, fluvio-glaciares, piroclásticos, aluviales y eólicos.

#### **VOLCÁNICO CHOCOLATE: (Ji-cho) (Jurásico Inferior).**

En el presente trabajo se hace una descripción litológica de los afloramientos ubicados al NO de Arequipa en el cerro Yanacoto y cantera Chocolate. La Formación Chocolate fue estudiada y determinada por Jenks (1948) quien la describe como una unidad principalmente volcánica. Esta información fue asumida como tal por los posteriores autores. Sin embargo, nuestro levantamiento de columnas estratigráficas en detalle permiten poner en evidencia que la Formación Chocolate, en su localidad tipo de la cantera Chocolate, así como en el afloramiento

mas cercano del cerro Yanacoto, se trata de un conjunto de rocas sedimentarias mas no de rocas volcánicas. Las columnas levantadas en el cerro Yanacoto se hallan al sur de la planta embotelladora Socosani a 25 km al NO de la ciudad de Arequipa, en la margen izquierda del río Yura. La cantera Chocolate está ubicada a 20 km al NO de Arequipa. La potencia mejor expuesta de esta formación ha sido medida en el valle labrado por el río Tambo a la altura del paraje denominado El Fiscal y en Chucarapi, donde se ha determinado un espesor de más de 3,500 m.

Magníficos afloramientos de esta unidad se observan cortados por el cañón del río Tambo, donde alcanzan grosores que sobrepasan los 3,000 m. Al oeste de la mina Atahualpa en el área de Chapi, las rocas consisten en andesitas de color gris a chocolate de textura porfiróide, la pasta es afanítica, en la que destacan fenos de feldespatos. En general la roca de este sector del área es densa y compacta, encontrándose altamente metamorfozada en los contactos con rocas intrusivas.

En el área de La Joya, en esta secuencia se intercalan sedimentos calcoarenosos, encontrándose en ellos lamelibránquios mal conservados, así como miembros calcáreos con corales, siendo estos últimos más frecuentes (W. García 1968).

Estructuralmente, estas rocas se presentan formando monoclinales simples, con bancos de 2 a 3 m. de espesor en los afloramientos, donde se intercalan con areniscas u otras sedimentarias; y, cuando son macizas constituyen grandes farallones en la generalidad de los casos. Los bancos presentan un rumbo general noroeste-sureste y están afectados por fallas y fuerte fracturamiento.

Edad y Correlación. La ausencia de fósiles guías en sedimentos que se intercalan con los derrames de esta formación, impide establecer la edad de estas rocas; sin embargo, teniendo en consideración que los niveles basales tienen una edad que llegaría al Triásico superior (GARCIA, 1968), y estando los niveles del techo cubiertos en débil discordancia por rocas de la Formación Pelado en Palca (WILSON y







- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

GARCIA, 1962), cuya edad va del Sinemuriano al Toarciano, esta gruesa secuencia volcánico-sedimentaria debió depositarse en el intervalo respectivo.

#### **FORMACIÓN SOCOSANI (Jm-so): (mayor de 1000 m.) – (Jurásico Inferior a Medio)**

Corresponde a rocas sedimentarias de ambiente marino similares en litología, posición y contenido faunístico, con las secuencias descritas por JENKS, W. (1948) en el sector de Arequipa.

El paso de la Formación Chocolate a la Formación Socosani es mediante una discordancia erosional, observándose en la base del Socosani, conglomerados con clastos volcánicos color verde bien alterados, clastos de areniscas, calizas y fragmentos de conchillas, en matriz arcillosa calcárea con presencia de paleosuelos, seguido por bancos delgados de calizas grises masivas con abundantes fósiles interestratificados con conglomerados de color verde. A estos conglomerados se le sobreponen paquetes masivos de calizas de color gris claro, con abundante contenido fosilífero, que en conjunto conforman corales y pelecípodos tales como Terebratula phillipsi MORRIS, Loboidothyris cf. L. pervalis (SOWERBY), Actinostrea sp., Nerinea sp. y Buchia sp (M. Aldana, INGEMMET), indicando aguas muy someras, tranquilas y limpias. Respecto a la edad en este sector, sugieren el Bajociano, ósea Jurásico medio basal para estos niveles. Litológicamente consiste de lutitas intercaladas con calcarenitas fosilíferas En las cercanías de la quebrada Agua Blanca tiene principalmente calizas de textura biomicritica a esparítica, variando a calcarenitas fosilíferas intercaladas con calcilitas. En este mismo sector cerca del contacto con la Formación Puente la alternancia de lutitas y areniscas es predominante.

#### **FORMACIÓN PUENTE (JM-P) (Jurásico Superior).**

V. Benavides (1962) al describir al Miembro Puente, anota lo siguiente : “Se caracteriza por la predominancia de areniscas cuarcíticas de grano muy fino, apenas discernible, de colores amarillentos, pardos y verdosos aceitunados, que intemperizan a colores pardo oxidado claro, rojo oxidado o rojo grisáceo, en algunos sitios con chispas ferruginosas, generalmente en estratos medianos u ocasionalmente gruesos, algo impuros y a veces con chispas ferruginosas, con restos de plantas, estratificadas con cantidades menores de lutitas negras, carbonáceas, duras, que llevan concreciones esféricas y achatadas, algunas de ellas conteniendo ammonites”. Asimismo, a dicho Miembro le da un grosor de 600 m. tan solo por el hecho de que las lutitas negras empiezan a engrosar y predominar. También, le da un origen marino y por la presencia de plantas infiere la proximidad a tierra emergida probablemente a poca altura. Es compuesta de cuarcitas gris parduscas, por intemperismo rojo amarillentas, de grano fino, con impregnaciones de limonita. Estas intercalan con bancos de areniscas pardo amarillentas, de grano fino y lutitas verdes y negras. Algunos estratos de areniscas y lutitas contienen abundantes restos de plantas y concreciones silíceas, en las que se pueden encontrar moldes mal conservados de ammonites.



#### **FORMACIÓN AÑASHUAYCO (Np-añ) (Plioceno inferior)**

La formación Añashuayco es compuesta por Tobas riolíticas y riodacíticas blancas en estrato basal de toba rosada. Coladas de tobas de amplia distribución en la zona. En la zona de estudio tenemos tobas rosáceas, las cuales en esta unidad se encontraron estructuras de caída y niveles con pómez, representando sus facies proximales.

Los primeros estudios de las ignimbritas, “sillar de Arequipa”, fueron realizados por Fenner (1948) y Jenks (1945) quienes opinaron sobre el origen y modo de formación de estas ignimbritas, coinciden ambos en que se trata de depósitos de tipo de “nube ardiente” y que se originaron por la salida a la superficie terrestre, por entre una o más fisuras producidas desde el lugar donde se encuentra el complejo volcánico del Chachani, se considera que la misma salió por una serie de fisuras un material silícico en estado fluido y cargado de gas, que fue expulsado con tal violencia que se desmenuzó en pequeñísimos fragmentos vítreos, al ponerse en libertad este gas, quedó cargado de finas partículas rocosas que en lugar de esparcirse por el aire como el humo, se mantuvo en las proximidades del suelo como una masa móvil que a elevada temperatura se fue extendiendo rápidamente por encima del ancho valle abierto que existía entonces entre Arequipa y Yura. Así, esta mezcla de gas y material sólido, a su paso iba llenando todas las depresiones existentes y acabó por nivelar la superficie. Una vez que esta nube piroclástica, cargada de gas y de partículas sólidas dejara de desplazarse por acción de la gravedad, comenzó la consolidación



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

del material, que en algunos sitios por acción de la temperatura se fundieron sus partículas y en otras sólo se consolidó por el peso del material suprayacente o por una ligera cementación.

Al producirse la fisura o las fisuras por donde salió esta masa de lava cargada de gas, los bordes de esta fisura (bordes andesíticos), se destrozaron y cuyos residuos los englobó la nube ardiente que los tuvo flotando por decir así, y no teniendo la suficiente temperatura para fundirlos los transportó en tal estado e incorporó a su masa, y es así como se les encuentra dentro de la masa del sillar. Rellena casi toda la cuenca nororiental de Arequipa constituyendo un glacis, cuyo origen está determinado por nubes ardientes que emergieron de fisuras durante la orogenia andina. Estudios posteriores demuestran que el centro de origen de las ignimbritas proviene de la “caldera Chachani”, la cual es identificada por primera vez en vistas verticales de imágenes Landsat y observaciones laterales de imágenes radar ERS. Dicha caldera se formó en el Plioceno superior, la cual al producirse una erupción arrojó las ignimbritas de Arequipa. Posteriormente estrato-volcanes andesíticos se emplazaron dentro y en los bordes de la caldera como el Baquetane y el Misti esto según (García, Chorowicz y Legros 1997).

#### **CONGLOMERADO ALUVIAL: (mayor de 150 m.) – (Plioceno Medio a Superior)**

Esta unidad geológica se encuentra constituyendo las pampas de Vitor y Sihuas, que conforman la unidad geomorfológica denominada Planicie costanera. Las mencionadas pampas tienen un declive relativamente parejo, de unos cuantos grados hacia el Suroeste; estas han sido cortadas por valles profundos como el de Majes, Sigvas y Vitor y, por barrancos espaciados. En los flancos del valle del Vitor este conglomerado yace directamente, con discordancia erosional, sobre el volcánico Sencca y en partes se halla cubierto por una delgada capa de material aluvial y eólico recientes. Esta unidad tiene un espesor de 60 m., pero tiende a engrosarse hacia el Noroeste; así, en el valle del Sigvas llega hasta los 150 m. (J. Guizado. 1968). EL conglomerado está formado principalmente por elementos de 20 cm. de diámetro, y bien redondeados, procedentes del batolito, gneis, cuarcita y lavas amigdaloides, dentro de una matriz débilmente cementada.

Edad y Correlación. - Desde que no se dispone de evidencias precisas para determinar la edad de este conglomerado, se recurre a sus relaciones estratigráficas con el volcánico Sencca (Plioceno medio a Superior) y con los derrames volcánicos posteriores al conglomerado (J. Guizado, 1968) posiblemente relacionados con los del grupo Barroso (cuyo límite inferior tienen asignada arbitrariamente una edad Plio-pleistocénica), mediante las cuales tentativamente se le asigna una edad pleistoceno inferior. Se le correlaciona con los depósitos similares existentes en la Planicie costanera del Sur del país.

#### **MISTI ANTIGUO – Cenozoica – Pleistocénica.**

Al Misti antiguo se le asigna una edad Pleistocénica inferior a media (Thouret,1997). El cual está compuesto por una secuencia de sedimentos volcánicos (200 m de espesor); Flujos escoriales (50 m de espesor) localizado por inmediaciones del Colegio Militar Francisco Bolognesi; Derrames de lava andesítica que se extiende a lo largo del río Chili; Derrames de lava en bloques (200 m de espesor) los cuales también se les encuentra en el río Chili; Secuencia de flujos ignimbriticos no soldados (20 a 30 m de espesor), localizados por la hidroeléctrica de Charcani I y II; El piedemonte del Misti “antiguo” está cubierto por depósitos de avalancha de escombros y cubren más de 50 Km<sup>2</sup> hacia el Sur y SW; estos registran el derrumbe del flanco del volcán antiguo que ocurrió probablemente antes del Pleistoceno superior. Estos depósitos de avalancha de escombros se entretajan con otros depósitos similares hacia el SE del piedemonte, reflejando la desestabilización del extinto complejo volcánico Pichu Pichu ubicado a 35 Km al Este de Arequipa.

#### **DEPÓSITOS DE AVALANCHA DEL MISTI – Cenozoica – Pleistoceno medio.**

Las avalanchas de detritos, asociadas a colapsos parciales de edificios volcánicos, son fenómenos comunes en la evolución de un volcán. Este tipo de flujos son por inestabilidades, que pueden deberse a factores tales como la existencia de zonas afectadas por alteración hidrotermal, cambios climáticos, terremotos, intrusión de magmas en zonas superficiales (criptodomas y/o diques) y/o movimiento de fallas bajo el edificio volcánico o cercanas a él. El producto final de estos flujos -denominado depósito de avalancha de detritos, las cuales presentan morfologías típicas de cerrillos y drenajes cerrados.

Los depósitos generados por las avalanchas de detritos corresponden a una mezcla, generalmente pobremente seleccionada, de detritos que varían de bloques intactos a otros totalmente brechizados. En





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

esta mezcla predomina el material lítico proveniente del volcán, pudiendo estar presente algún material juvenil; Los depósitos de avalancha de detritos tienen espesores que varían desde algunos decímetros a centenas de metros, y cubren áreas de varias centenas, e incluso miles de kilómetros cuadrados (Ui, 1983; Francis y Wells, 1988; Capra et al., 2002).

#### **DEPÓSITOS DE AVALANCHA DEL PICHU PICHU – Cenozoica – Pleistoceno medio.**

Esta unidad se localiza al pie del flanco oeste del volcán Pichu Pichu. Esta superficie posee poca pendiente, entre 5° y 15° de inclinación y está surcada por quebradas que tienen entre 30 a 50 m de profundidad, y de 50 a 100 m de ancho. Litológicamente está conformada por una potente secuencia de depósitos de avalanchas de escombros provenientes del volcán Pichu Pichu

#### **GRUPO BARROSO – Terciario Superior a Cuaternario Inferior Pleistocénico**

Se conoce con este nombre a un complejo de rocas volcánicas, que fueron descritas por WILSON y GARCIA (1962). El nombre proviene de la cordillera del Barroso ubicada en el cuadrángulo de Palca (departamento de Tacna). Posteriormente MENDIVIL (1965) diferencia tres unidades dentro de este complejo de rocas intrusivas, las mismas que de abajo hacia arriba son descritas con los nombres siguientes: volcánico Chila, volcánico Barroso y volcánico Purupurine. En atención a esta diferenciación de rocas elevó la unidad a una categoría superior y la describe con el nombre de grupo Barroso.

En el área que nos ocupa, solo se ha podido diferenciar los niveles inferior y medio, habiéndose distinguido en consecuencia el volcánico Chila y el volcánico Barroso, por lo que suponemos que estas unidades tienen una amplia distribución en el sector sur del país.

Los materiales originados por estas fases efusivas constituyen la unidad geomórfica descrita con el nombre de Arco del Barroso, la misma que representa la expresión positiva de la fosa marina de América (MENDIVIL 1965). Los productos corresponden a las últimas pulsaciones de la actividad magmática del tipo lávico, fisural y central.

Las relaciones estratigráficas están bien marcadas por discordancias con las unidades tanto infrayacentes como suprayacentes. Suprayacen a los clásticos de la formación Capillune del Terciario tardío e infrayacen al Cuaternario reciente; además, esta unidad se encuentra afectada por las glaciaciones del Pleistoceno, que han destruido parte de las formas cónicas y cumbres de las cadenas de cerros con la consecuente formación de morrenas y otros depósitos glaciáricos.

Estas rocas presentan un buzamiento de alto ángulo (50° 60°) alrededor de los conos o en las crestas de las cadenas de cerros. Dichos buzamientos van disminuyendo hacia la periferie hasta ponerse horizontales en los lugares más alejados donde, finalmente, se acomodan rellenando la superficie Capillune o superficies más antiguas.

#### **VOLCANICO CHILA – (TQ-vch)**

Con esta denominación describió MENDIVIL (1965) a la Unidad inferior del Grupo Barroso en atención a una sección bien expuesta en el cerro Chila (hoja Maure en el departamento de Puno). En la localidad típica dicha unidad está constituida por una alternancia de andesitas, traquiandesitas y conglomerados. Los flujos son de color gris oscuro, afaníticos y faneríticos de estructura masiva. Los elementos de los conglomerados se encuentran dentro de una matriz tufácea de coloración ligeramente rojiza. Rocas similares, tanto textural como mineralógicamente de igual posición estratigráfica, se han detectado en diferentes lugares del Norte del cuadrángulo de Puquina, razón por la cual se les describe con el mismo nombre. Estas vulcanistas se exponen en bancos de 8 a 10 m. y toda la unidad, dentro de los límites del área en estudio, no sobrepasa los 400 mts.

Estratigráficamente, esta sub-unidad se encuentra, como se ha mencionado, sobre la Formación Capillune e infrayace en ligera discordancia a las rocas de Volcánico Barroso.

Estructuralmente, estas masas extrusivas se presentan intensamente fracturadas y afectadas por fallas del tipo tensional, las mismas que ponen de manifiesto un pequeño desplazamiento vertical.

#### **VOLCANICO BARROSO – (TQ-vba)**

El nombre como ya se han indicado proviene de la cordillera del Barroso en la Sierra Sur del Perú (departamento de Tacna) y corresponde a una secuencia de rocas volcánicas constituidas por una intercalación de bancos de tufos y lavas de composición traquítica con cantidades menores de andesitas.





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

Estas rocas tienen una amplia propagación en la región Sur, habiéndose reconocido inclusive en las regiones centrales del país.

La subunidad presenta variaciones litológicas aún en área próximas, cambiando de una fase traquítica a una traquiandesítica y mayormente andesítica en el área que nos ocupa. También, intercalan algunos bancos de brechas lenticulares.

Es manifiesto el gran fracturamiento que presentan estas rocas al igual que la sub- unidad anteriormente descrita, a través de dichas fracturas, en algunas localidades, se producen emanaciones de gases sulfurosos, con la consecuente formación de depósitos de azufre, y

todas ellas permiten una circulación fácil de las aguas meteóricas originando acuíferos muy importantes en las rocas subyacentes, constituidas por materiales clásticos con capas impermeables.

Edad y correlación. Para localizar a este complejo de rocas en la escala geológica, nos valemus de su posición estratigráfica, según la cual sabemos que Suprayacen a la Formación Capillune de edad pliocénica e infrayacen a depósitos del Cuaternario antiguo por lo que, tentativamente, ubicamos al Grupo Barroso entre el Plioceno y el Pleistoceno.

Estos volcánicos los correlacionamos con parte del Volcánico Sillapaca descrito por NEWELL (1949), en la región del Titicaca y con las series descritas, tanto al sur como al norte del área, por geólogos del Instituto de Geología y Minería.

#### **DOMOS – LAVAS CORTADERAS– (Qpl-co/ap)**

Los domos de Cortaderas, estas geoformas de la última etapa de actividad del volcán Chachani, forma una pequeña cordillera que ha jugado un rol muy importante en el desarrollo geomorfológico de la zona nor-occidental de Arequipa. Alcanzan una altitud de 2900 m.s.n.m. y están constituidos de lavas andesíticas y basálticas. La prolongación de estos domos hacia el sur, se cortan en un tramo de la carretera Arequipa - Yura, antes de la quebrada Buenavista. Es una colina más o menos redondeada que forma una estructura de domo y representan el frente del avance de las coladas de andesitas porfíricas escoriáceas. Las lomadas de Chila, son colinas de poca altitud de superficies más o menos redondeadas que cortan el piedemonte, corresponden a los frentes de coladas basálticas que se prolongan hacia el sur.

#### **FORMACIÓN CUICO (Qpl-Cu)**

Se da mediante una disposición de conglomerados aluviales del pleistoceno, según Guizado, 1968, Vargas, 1970), se da de aproximadamente 60 m. a 80 m. de espesor con una parte inferior conglomerática con cantos de rocas intrusivas, gnéis, cuarcitas etc., areniscas tufáceas y cineritas con intercalaciones de bancos de tufos traquíticos, dacíticos y riolíticos, limos -arcillas, niveles de tufos redepositados con diferentes grados de compactación (la parte superior más endurecida). Según Guizado (1968), esta unidad cubre áreas extensas del SO de Arequipa (Pampas de Vitor y Siguas).

#### **DEPÓSITO DE CAÍDAS DE TEFRA (Qpl-mm/ct)**

Son fragmentos de lava porosa, de unos cuantos centímetros de dimensión, producidos por la rápida liberación de los gases, donde las erupciones explosivas se producen cuando

(1) la presión del gas contenido en el magma supera la resistencia a la tracción de la roca o el fundido.

(2) las velocidades de deformación viscosa del magma son mayores que la velocidad de relajación de la masa fundida o (3) el magma interactúa con agua externa (McBirney y Murase, 1970; Wohletz, 1983; Dingwell, 1989; Zimanowski et al., 1991; Alidibirov, 1994; Zimanowski et al., 1995; Zimanowski et al., 1997; Papale, 1999; Zhang, 1999; Spieler et al., 2004).

Cuando el magma se aproxima a la superficie, al disminuir la presión de confinamiento ocurre la exsolución gradual de los volátiles por sobresaturación, formando burbujas de gas que se distribuyen al interior del líquido, siendo responsables finalmente de la fragmentación del magma en una serie de trizas vítreas suspendidas en el gas (Farfitt y Wilson, 2008). Los mecanismos para la formación de tefra son básicamente tres:

(1) pérdida de gases producto de la descompresión dentro del magma cuando alcanza niveles superficiales la corteza terrestre (erupciones magmáticas).



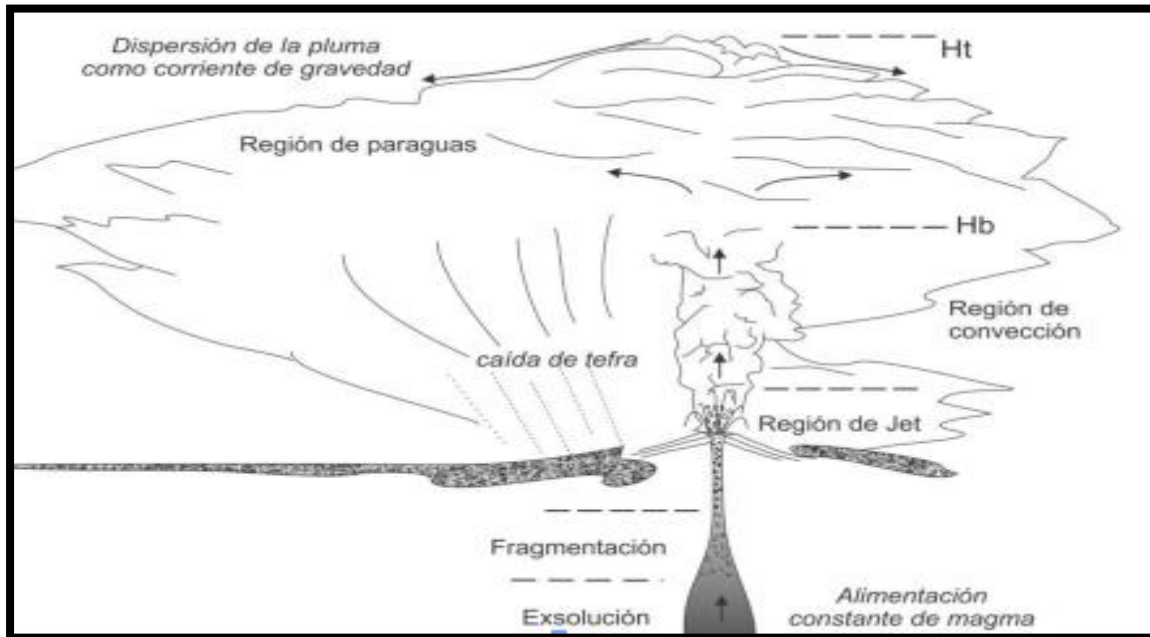


- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

(2) enfriamiento y fragmentación explosiva del magma durante el contacto con agua subterránea y/o superficial como hielo, nieve o lluvia (erupciones hidromagmáticas).

(3) la fragmentación e incorporación de partículas desde las paredes del conducto en procesos de colapso de cráter o calderas o "voladura" del material suprayacente durante erupciones vulcanianas o de vapor sobrecalentado (erupciones freáticas) (Heiken y Wohletz, 1985).

La caída de tefra es un el fenomeno más frecuente en las erupciones de carácter explosivo; sin embargo, los depósitos más voluminosos se producen en erupciones cuyo Índice de Explosividad Volcánica es superior a 4 (VEI; Newhall y Self, 1982).



ESQUEMA ILUSTRADO DE LAS DISTINTAS REGIONES Y PROCESOS QUE OCURREN AL INTERIOR DE LA COLUMA (JORGE ROMERO M.) HT= ALTURA MÁXIMA DE LA PLUMA; HB= ALTURA DONDE LA DENSIDAD DE LA PLUMA ES IGUAL A LA ATMÓSFERA (ADAPTADO DE CAREY Y BURSIK, 2000).



### DEPÓSITOS DE FLUJOS PIROCLÁSTICOS (Qpl-pi)

Esta unidad está formada principalmente por capas de lapilli de color amarillo y blanquecino, que contienen pequeños fragmentos de pómez, lavas y algunas escorias y bombas, cementados por ceniza en parte arenosa y poco consolidada. Alternando con dichas capas de hallan otras más delgadas de arena de grano grueso y de color gris oscuro, que parece haber sido acarreada por el agua. El espesor calculado para el conjunto es de 15 a 20 m., pero varía según la topografía preexistente

Los depósitos Piroclásticos (ceniceros), que representan la actividad volcánica más reciente están constituidos por capas de lapilli de colores blanco-amarillentas, con fragmentos de pómez, lavas, escorias y bombas, las cuales alternan con delgados niveles de areniscas volcánicas, capas de arenas y algunas cenizas volcánicas negras. Pueden alcanzar espesores de 15 a 20 m., pero es variable según la topografía. Se infiere que este evento ocurrió entre las dos últimas crisis climáticas (80,000 - 8,000 años).

### CUATERNARIO RECIENTE

#### DEPÓSITOS DE FLUJOS DE BARRO

Los depósitos de flujos de barro ocupan la esquina Sureste del cuadrángulo (Socayaba, Urbanización Hunter, y más al Norte, en la falda occidental del Misti). Estos, por su poca compactación, han sido erosionados dando lugar, en algunos sitios, a quebradas profundas. En general, consisten de una masa formada por fragmentos y bloques angulares de rocas de origen volcánico (tufos y lavas), dentro de una



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

matriz areno-tufácea o arcillosa consolidada. Posiblemente, estos flujos tengan su origen en la acumulación de material piroclástico y clastos de naturaleza volcánica en lugares de gran pendiente, que se movilizaron por la saturación de agua proveniente de las lluvias o deshielos, perdiendo velocidad conforme iba disminuyendo su contenido líquido hasta ocupar los lugares mencionados.

Edad y Correlación. - Los flujos de barro son posteriores al volcánico Barroso y al considerárseles relacionados con la actividad glaciár pleistocénica, se les supone de una edad neo-pleistocénica; correlacionándoseles con los depósitos similares descritos por S. Mendivil (1956), R. Marocco (1966) y C. Guevara (1969).

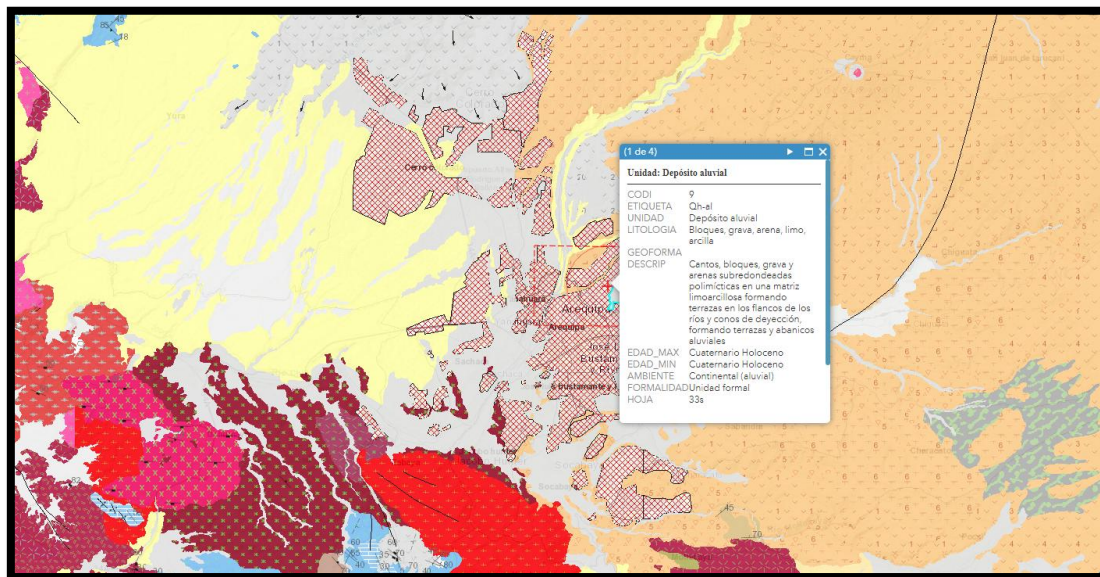
### DEPÓSITOS ALUVIALES

Se desarrolla en los extremos del Río Chili; constituidos por gravas, arenas, generalmente formando terrazas; los cuales son útiles para los cultivos. Estos depósitos se encañonan en el curso medio del Río Chili, presentando excelentes terrazas predominantemente de Gravas, Arenas, arena – limosos.

Depósitos de esta clase, como producto de aluvionamientos, constituyen el suelo de la mayor parte de las llauras y depresiones como en la pampa de Vítor (sobre el conglomerado aluvial pleistocénico), en la Pampa del Cural, Pampa Chilcayo, en Huanca y otros lugares. También se encuentran ocupando el lecho y laderas de los diferentes riachuelos, quebradas y a lo largo de los valles principales, como el Vítor, Chili y Yura, donde se observan terrazas bajas de pequeña extensión y algunos abanicos de deyección depositados por sus tributarios, como el que existe en la desembocadura de la Quebrada Millo en el valle del Vítor.

El material consiste principalmente de gravas o conglomerados poco consolidados, arenas y limos.

El espesor es variable, dependiente del carácter de la deposición y la configuración topográfica de la superficie sobre la cual se depositaron. En algunos lugares asociados con los materiales aluviales se encuentran pequeños depósitos de travertinos, como los de La Calera, Cuico y Socosani.



MAPA GEOLOGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO (PERFIL ALUVIAL)

### INTRUSIVOS

Las rocas oscuras corresponden a rocas de tipo Gabrodioritas – Granodioritas, de este grupo han sido determinadas en el laboratorio como gabro y diorita. La relación entre una y otra especie posiblemente sea transicional, o también es posible que la diorita se hubiese producido, a expensas del gabro, por procesos deutéricos. El mayor afloramiento está situado entre los cerros Gloria y San Ignacio, prolongándose hacia el Sur dentro del cuadrángulo de La Joya. Otros afloramientos importantes están en el cerro Palco (al Norte del río Vítor), en el borde occidental del C° Huasamayo, en Quishuarani y Cerro



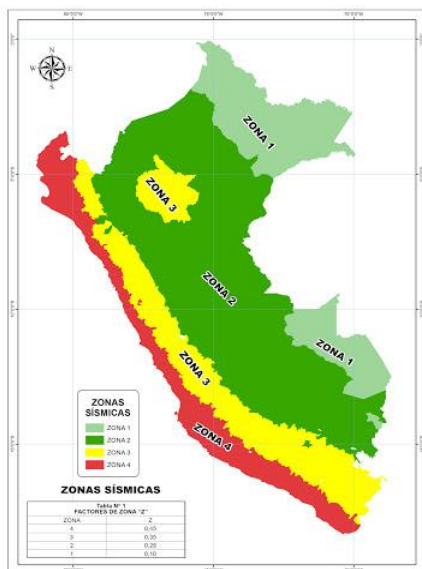
- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

Gloria. Exposiciones más pequeñas, se hallan en los alrededores de Tiabaya y en la urbanización Hunter. Por su distribución, se puede suponer, que primitivamente constituían un cuerpo alargado de dimensiones considerables y con una dirección Noroeste, en la parte meridional del cuadrángulo, el cual posteriormente fue afectado por intrusiones ácidas más jóvenes. Una gran parte de esta unidad ha sufrido efectos tectónicos, especialmente fracturas y cizallamientos. El emplazamiento de las vetas de epidota y cuarzo, probablemente se deba al mismo proceso.

La roca, en superficie fresca, es de color gris oscuro y gris verdoso por alteración y algo rojizo por intemperismo; el grano es mediano a grueso, reconociéndose cristales de feldespato y hornblenda, y en algunos casos biotita y cuarzo.

## 2.2. SISMICIDAD

El territorio Nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la figura. La zonificación propuesta en la norma E.030 del reglamento Nacional de edificaciones se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica.



Parámetros de diseño Sismorresistente según la norma E-030 "diseño Sismorresistente" del RNE.



Factor de Zona (Z)	0.35 (Zona 3)
Tipo de Suelo	S2
Factor de Amplificación del Suelo (S)	1.15
Periodo Tp	0.6
Periodo Tl	2.0
Factor de Uso	1.5

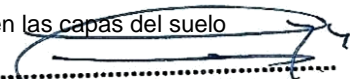
## 3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

En campo se excavó dos calicatas con profundidades de 4.00 m. y 3.40 m. se hizo toma de muestras donde se realizó una descripción visual en los suelos de acuerdo a la norma técnica ASTM D 2488 registrando el perfil estratigráfico de campo, paralelamente al muestreo se realizaron los registros de excavación con coordenadas UTM siguientes. en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, consistencia y/o compacidad, gradación, etc.

Cuando se detectó la presencia de cambios de las características de los materiales encontrados en la excavación, se tomó una muestra representativa para la evaluación e identificación correspondiente, se miden los espesores de los estratos de suelo encontrados.

De cada estrato de suelo identificado, se tomaron muestras representativas, las que fueron convenientemente identificadas y empaquetadas en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio para efectuar ensayos de sus características físicas y mecánicas.

Se ha elaborado el perfil estratigráfico de la calicata ejecutada, en el cual se describen las capas del suelo de fundación encontradas, tipo de partículas, color, compacidad, etc.

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

Se toma las coordenadas UTM de cada punto de investigación:

CALICATA	COORDENADAS UTM	
	ESTE	NORTE
C-01	231311.03	8186328.60
C-02	231275.55	8186348.91

#### 4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el objeto de identificar y clasificar el material de fundación conforme a sus propiedades físico-mecánicas, se han efectuado los siguientes ensayos de laboratorio:

ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYOS	NORMA
Análisis granulométrico de suelos	(ASTM D 422)
Sistema de Clasificación Unificado de Suelos (SUCS)	(ASTM D 2487)
Descripción Visual – Manual	(ASTM D 2488)
Análisis químico del suelo (Sales Solubles)	(MTC 209)
Corte Directo	(ASTM D 3080)
Límites de Atterberg	(ASTM D 4318)
Humedad natural	(ASTM D 2216)
Peso unitario	(ASTM D 2937-71)
Peso Específico	(ASTM D 2937)

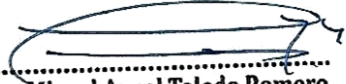
#### RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO POR CALICATA

##### CALICATA 01

MUESTRA	01
CLASIFICACIÓN DE SUELO	SM
PORCENTAJE DE GRAVAS	8.2 %
PORCENTAJE DE ARENAS	73.5 %
PORCENTAJE DE FINOS	18.3 %
HUMEDAD NATURAL	8.0 %
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP

MUESTRA	02
CLASIFICACIÓN DE SUELO	SM
PORCENTAJE DE GRAVAS	8.2 %
PORCENTAJE DE ARENAS	73.6 %
PORCENTAJE DE FINOS	18.3 %
HUMEDAD NATURAL	8.5 %



  
Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

<b>PESO UNITARIO</b>	<b>1.533 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA</b>	<b>2.51 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>NP</b>
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>	<b>NP</b>

**CALICATA 02**

<b>MUESTRA</b>	<b>01</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE SUELO</b>	<b>SM</b>
<b>PORCENTAJE DE GRAVAS</b>	<b>10.4 %</b>
<b>PORCENTAJE DE ARENAS</b>	<b>66.9 %</b>
<b>PORCENTAJE DE FINOS</b>	<b>22.8 %</b>
<b>HUMEDAD NATURAL</b>	<b>5.2 %</b>
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>NP</b>
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>	<b>NP</b>

<b>MUESTRA</b>	<b>02</b>
<b>CLASIFICACIÓN DE SUELO</b>	<b>SM</b>
<b>PORCENTAJE DE GRAVAS</b>	<b>10.3 %</b>
<b>PORCENTAJE DE ARENAS</b>	<b>66.9 %</b>
<b>PORCENTAJE DE FINOS</b>	<b>22.8 %</b>
<b>HUMEDAD NATURAL</b>	<b>9.2 %</b>
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA</b>	<b>2.53 g/cm<sup>3</sup></b>
<b>LIMITE LIQUIDO</b>	<b>NP</b>
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>	<b>NP</b>



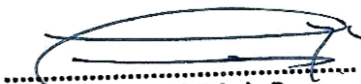
**5. AGRESIÓN DEL SUELO**

A partir de esta definición de tipos de suelos se ha podido realizar una caracterización de suelos para el área en investigación. A partir de los ensayos de sales solubles corroboramos que el suelo no es agresivo a la cimentación.

**6. PERFIL ESTATIGRÁFICO**

Se presenta la columna estratigráfica del suelo por capas, y se clasifica según la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería. Ubicadas en la zona del proyecto con una profundidad de 4.00 m. desde la cual se puede apreciar materiales como; arena limosa mal graduada con grava.

Los materiales predominantes son arenas limosas y limo de baja plasticidad:

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

**CALICATA Nro. 1**

PROFUNDIDAD (m)		DECEPCIONAR	CLASIFICACIÓN SUCS
DE	A		
		0.00 1.80	
		Arena limosa de color marrón claro en esta húmedo a menos y compacidad media.	SM
1.80	4.00	Arena limosa de color gris claro en estado húmedo a menos y compacidad media a mas presenta boloneria de 3 a 5" a una profundidad de 3.80 m. de manera masiva y de forma subredondeada.	SM

VER MAYOR DETALLE EN ANEXO PERFIL ESTATIGRAFICO

**CALICATA Nro. 2**

PROFUNDIDAD (m)		DECEPCIONAR SUCS	CLASIFICACIÓN
DE	A		
0.00	1.40	Arena limosa de color marron claro en esta húmedo a menos y compacidad media.	SM
1.40	3.50	Arena limosa de color gris claro en estado húmedo a menos y compacidad media a mas presenta boloneria de 3 a 5" a una profundidad de 3.00 m. de manera masiva y de forma subredondeada.	SM

VER MAYOR DETALLE EN ANEXO PERFIL ESTATIGRAFICO



**7. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN**

**7.1. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE**

Basándose en el muestreo de campo, registro de exploración y del perfile estratigráfico determinado, así como en las características de la estructura a construir, se asume inicialmente cimentar las estructuras a una profundidad de 3.0 m. apoyándose en el estrato I muestra I para verificar la diferencia de capacidad portante de acuerdo a la profundidad de desplante para mayor análisis.

Se ha determinado la carga de rotura al corte para las estructuras al emplazarse en la cercanía de la ubicación de la calicata ejecutada, considerando zapata cuadrada, apoyados en el estrato I muestra I,

para un factor de 3, por el mecanismo de Meyerhoff, Vesic y Hansen como principal valor de carga admisible, se tiene:

MEYERHOFF, VESIC Y HANSEN :

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

$$q_u = CNc.Fcs.Fcd.Fci + q.Nq.Fqs.Fqd.Fqi + 0,5.\gamma.B.Ny.Fys.Fyd.Fyi$$

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

Donde:

Qadm: Capacidad admisible del terreno (Kg/cm2)

Y: Densidad Natural del terreno (gf/cm3)

Df: Profundidad de desplante de la estructura (cm)

Factores de Capacidad de Carga

Nq: Factor unidimensional de capacidad de carga, pendiente del ancho y de la zona de empuje pasivo función del ángulo de fricción interna, considera la

Influencia del peso de suelos.

Ny: Factor adimensional de capacidad de carga debido a la presión de la sobrecarga, función del ángulo de fricción la sobrecarga se halla representada por el peso por unidad de área Df del suelo que rodea la zapata.

Nc: Factor de seguridad de forma

FS: Factor de Seguridad; FS=3

Factores de Forma


Fc, Fy, Fq: Originados mediante las dimensiones de estribos



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

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

$$N_y = 2(N_q + 1) \tan \phi'$$

  
Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

<b>Nq</b>	20.53
<b>Nc</b>	32.56
<b>Ng</b>	25.84

Los factores de forma

<b>sc</b>	1.63
<b>sq</b>	1.59
<b>sg</b>	0.6
<b>D/B</b>	1.6

Factores de profundidad

<b>dc</b>	1.01
<b>dq</b>	1.02
<b>dg</b>	1
<b>K</b>	0.027

Factor de inclinación

<b>ic</b>	1
<b>iq</b>	1
<b>ig</b>	1

<b>Af</b>	1
-----------	---

F. inclin. Cimentación

<b>bc</b>	1
<b>bq</b>	1
<b>bg</b>	1

Fatt. d'inclin. Terreno

<b>gc</b>	0.932
<b>gq =gg</b>	0.678



## 7.2. ANGULO DE FRICCIÓN Y COHESIÓN

Se ha realizado el ensayo de Corte Directo en el laboratorio, para el caso más desfavorable se tiene:

$$\phi = 25.60^\circ$$

$$C = 0.0 \text{ Kg/cm}^2$$

Norma E..050 Art.15\*

## 7.3. CAPACIDADES PORTANTES:

Se estiman las capacidades portantes de acuerdo a la profundidad y al ancho de la cimentación.

Las unidades se encuentran en  $\text{Kg/cm}^2$ . se observa que mientras la profundidad aumenta las cargas admisibles también aumentan gradualmente por ende si aumentamos las dimensiones de las zapatas las cargas admisibles también aumentarían, dándole así mayor estabilidad y seguridad a la estructura.

POR EL MECANISMO DE VESIC:

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

Consideraciones

Peso volumétrico unitario	: 1.62 g/cm3
Angulo de Rozamiento	: 25.60°
Cohesión de efectiva	: 0.0 Kg/cm2

Inclinación de la carga que llega a la zapata: 10° (se toma en cuenta por las fuerzas axiales y cortantes sísmicas)

**Zapata aislada cuadrada:**

Ancho de la cimentación	: 1.20 m
Profundidad de Desplante Efectiva	: 1.80 m

**Carga admisible zapata aislada cuadrada: qadm. = 1.56 kg/cm2**

**Cimiento Corrido:**

Ancho de la cimentación	: 0.60 m
Profundidad de Desplante Efectiva	: 1.20 m

**Carga admisible cimiento corrido: qadm. = 1.03 kg/cm2**

**COEFICIENTES DE DISEÑO**

<b>modulo de elasticidad del suelo</b>	<b>5000 tn/m2</b>
<b>densidad del suelo</b>	<b>1.62 kg/cm2</b>
<b>coeficiente de poisson</b>	<b>0.30</b>
<b>coeficiente de balasto (Por Vogt)</b>	<b>54.3445 MN/m3</b>



**7.4. CALCULO DE ASENTAMIENTO PARA ZAPATA AISLADA/CONECTADA.**

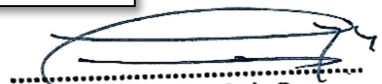
A continuación, se procede a determinar:

El asentamiento diferencial producido por la carga máxima admisible del terreno por resistencia y su distorsión angular. La presión admisible que tendría que aplicarse para causar una distorsión angular crítica (0,007 para concreto)

$$s_0 = 2qB \frac{1-\nu^2}{E_s} I_p ; s = (s_0) (c_w)$$

(asentamiento elástico producido por una carga q)

$$I_p = \frac{1}{\pi} \left[ m \ln \left( \frac{\sqrt{1+m^2} + 1}{m} \right) + \ln \left( \sqrt{1+m^2} + m \right) \right] ; m = \frac{L}{B}$$

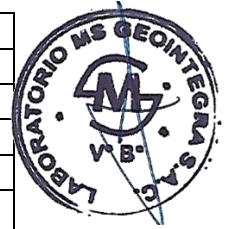
  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**

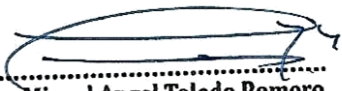


- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

<b>FACTOR DE FORMA (If)</b>				
<b>Tipo de Cimentación</b>	<b>Centro</b>	<b>Esquina</b>	<b>Medio</b>	<b>Rígida</b>
Rectangular L/B=2	153	77	130	120
Rectangular L/B=5	210	105	183	170
Rectangular L/B=10	254	127	225	210
Cimiento Corrido	254	127	225	210
Cuadrada	112	56	95	82
Circular	100	84	85	88

<b>ASENTAMIENTOS (cm)</b>				
<b>Tipo de Cimentación</b>	<b>Centro</b>	<b>Esquina</b>	<b>Medio</b>	<b>Rígido</b>
Rectangular L/B=2	0.09	0.04	0.07	0.07
Rectangular L/B=5	0.11	0.05	0.09	0.09
Rectangular L/B=10	0.06	0.03	0.05	0.05
Cimiento Corrido	0.03	0.01	0.03	0.02
Cuadrada	0.04	0.02	0.03	0.03
Circular	0.03	0.03	0.03	0.03



  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## 8. PANEL FOTOGRAFICO



CALICATA 01, FOTO DE DETALLE.





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales



CALICATA 01, FOTO PANORAMICA







- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El terreno presenta forma regular
- Las columnas estatigráficas presenta forma regular
- Los esfuerzos aplicados no deben exceder a la capacidad admisible.
- No extrapolar estos resultados.
- Los parámetros del ángulo de fricción y la carga admisible y asentamiento son únicos de la muestra obtenida en la excavación.
- Se ha podido determinar que la zona geomorfología es estable al efecto del depósito transitorio accidental
- El material predominante es de clasificación SUCS es SM
- Agresividad del suelo a la Cimentación: se ha considerado que el suelo no es agresivo para tal efecto se considerara utilizar cemento tipo IP
- Napa freática: no se encontró napa freática hasta la profundidad de 4.00 m.
- Las cargas aplicadas para definir el dimensionamiento de la cimentación se realizan con cargas sin amplificar puesto que la capacidad de carga admisible se ha determinado con un factor de seguridad de 3.0 (esfuerzos admisibles)


Tipo de cimentación: Zapatas aisladas o conectada  
Estrato de apoyo en la cimentación: Estrato II  
**Parámetros de diseño:**

CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE ( $q_{Adm}$ ) (Kg/cm <sup>2</sup> )				
Tipo de Cimentación	Centro	Esquina	Medio	Rígida
Rectangular L/B=2	2.62	2.62	2.62	2.62
Rectangular L/B=5	2.36	2.36	2.36	2.36
Rectangular L/B=10	1.03	1.03	1.03	1.03
Cimiento Corrido	1.03	1.03	1.03	1.03
Cuadrada	1.56	1.56	1.56	1.56
Circular	1.50	1.50	1.50	1.50

ANCHO DE CIMENTACIÓN (B) (m)				
Tipo de Cimentación	Centro	Esquina	Medio	Rígida
Rectangular L/B=2	1.20	1.20	1.20	1.20
Rectangular L/B=5	1.20	1.20	1.20	1.20
Rectangular L/B=10	1.20	1.20	1.20	1.20
Cimiento Corrido	0.60	0.60	0.60	0.60
Cuadrada	1.20	1.20	1.20	1.20
Circular	1.20	1.20	1.20	1.20

FACTOR DE FORMA ( $I_f$ )				
Tipo de Cimentación	Centro	Esquina	Medio	Rígida
Rectangular L/B=2	153	77	130	120
Rectangular L/B=5	210	105	183	170
Rectangular L/B=10	254	127	225	210
Cimiento Corrido	254	127	225	210
Cuadrada	112	56	95	82
Circular	100	84	85	88



  
Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

ASENTAMIENTOS (cm)				
Tipo de Cimentación	Centro	Esquina	Medio	Rígido
Rectangular L/B=2	0.09	0.04	0.07	0.07
Rectangular L/B=5	0.11	0.05	0.09	0.09
Rectangular L/B=10	0.06	0.03	0.05	0.05
Cimiento Corrido	0.03	0.01	0.03	0.02
Cuadrada	0.04	0.02	0.03	0.03
Circular	0.03	0.03	0.03	0.03

<b>modulo de elasticidad del suelo</b>	<b>5000 tn/m<sup>2</sup></b>
<b>densidad del suelo</b>	<b>1.62 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>coeficiente de poisson</b>	<b>0.30</b>
<b>coeficiente de balasto (Por Vogt)</b>	<b>54.3445 MN/m<sup>3</sup></b>

- Los parámetros de diseño corresponden a las dimensiones del ancho de la zapata y la profundidad de desplante como valores mínimos, en el caso de que las fuerzas aplicadas al terreno sean mayores (cargas vivas y cargas muertas) incrementar estas dimensiones para que el parámetro de la carga admisible aumente.
- Los cuadros muestran la variación de capacidad de carga admisible el cual resulta dividiendo la capacidad de carga límite entre el factor de seguridad.
- Para el diseño de concreto simple trabajar según la Norma (E-060) diseño en rotura, además de considerar las cargas aplicadas de la Norma (E-020) y la Norma de Diseño Sismorresistente (E-030).
- Los parámetros del suelo, factor de uso son:

Factor de Zona (Z)	0.35 (Zona 3)
Tipo de Suelo	S2
Factor de Amplificación del Suelo (S)	1.15
Periodo Tp	0.6
Periodo TI	2.0
Factor de Uso	1.5



- Las muestras fueron depositadas en las instalaciones del laboratorio.
- Las conclusiones y Recomendaciones son válidas para la zona de estudio y para los niveles de cargas consideradas en el proyecto.

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## 10. ANEXOS





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

**ANEXO N° 01**  
**ENSAYOS DE LABORATORIO**





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

**INFORME DE ENSAYO**  
**CORTE DIRECTO CD**  
**ASTM D-3080**

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES - AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCIÓN: --

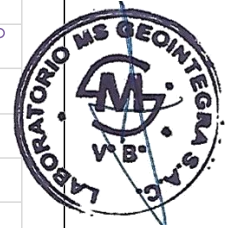
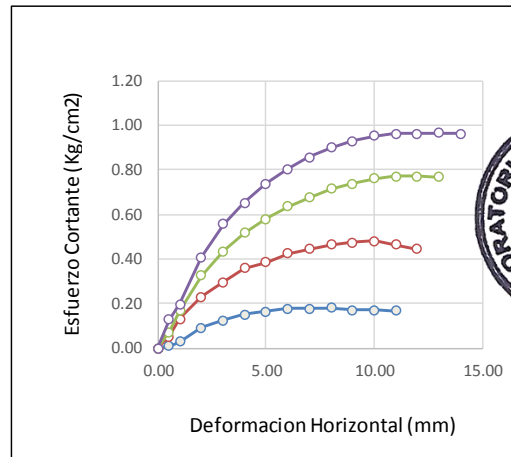
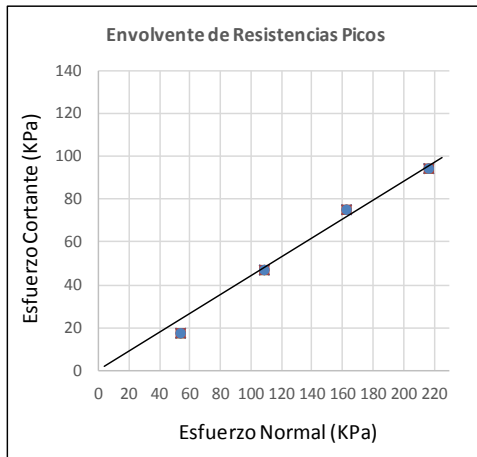
Página | 28

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA: CALICATA 2  
ESTRATO: MUESTRA 2  
CONDICIÓN: ALTERADO

CÓDIGO DE MUESTRA: MS-1223-2021  
F. RECEPCIÓN: 14/05/2021  
F. EMISIÓN: 20/05/2021

Muestra Nº	Tipo de Muestra	Fuerza Normal (N)	Esf. Normal (KPa)	Esf. Cortante Pico (KPa)
1	Circular	162.5	54.2	17.7
2	Circular	325.1	108.4	47.3
3	Circular	487.6	162.6	75.6
4	Circular	650.2	216.7	94.8



**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Pendiente Pico:	0.480
Densidad Natural (g/cm <sup>3</sup> ):	1.620
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ):	0.000
∅ de fricción :	25.6

OBSERVACIONES:

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## DETERMINACION DE ENSAYOS QUIMICOS

### SALES SOLUBLES

**OBRA** : "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

**SOLICITA** : MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI

**FECHA** : 20-may-21

Página | 29

**PESO DE MATERIAL** 100 gr.

**MATERIAL** : TERRENO DE FUNDACION CALICATA 02

**C=** Constituyentes Solubles en partes por Millón

**D=** Disolución de la Mezcla tierra- agua - en gr.=5

**P=** Porcentaje de Constituyentes Solubles por Peso en Seco  
proporción de Tierra - Agua- 1:5

### ENSAYO N° 1

N DE MUESTRA	UBICACIÓN DE MUESTRA	N° CAPSULA	VOLUMEN DE FILTRADO EN C.C. Y Cm.	PESO CAPSULA + RESIDUO gr.	PESO CAPSULA gr.	PESO RESIDUO W gr.	$C = \frac{(w)(1'000'000)}{V}$ P.P.M.	$P = \frac{C * D}{10000}$ %
1	M-1	C	100	64.838	64.838	0.000	0	0.000



- 1.-LA COPIA DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO ES VÁLIDO SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA SAC
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

  
Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL









- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

### INFORME DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D-422

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.

CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI

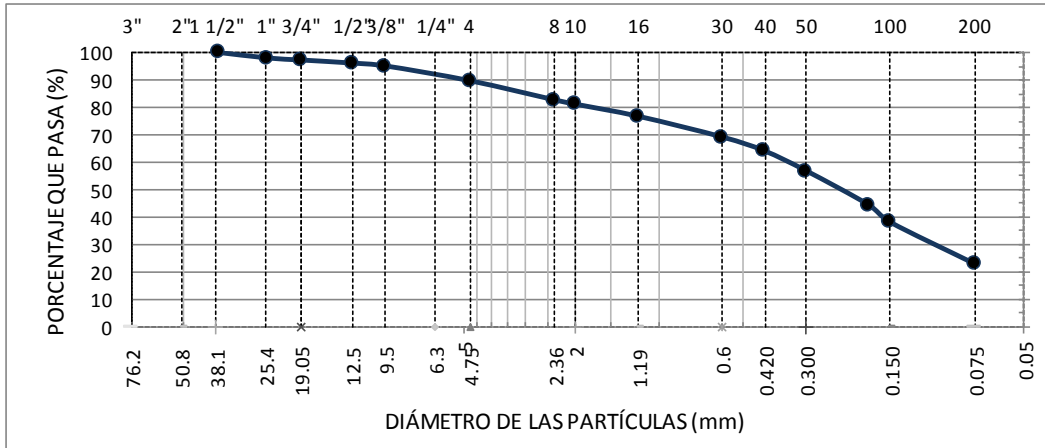
DIRECCION: --

Página | 32

#### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA:	CALICATA 2	CÓDIGO DE MUESTRA:	MS-1223-2021
ESTRATO:	MUESTRA 1	F. RECEPCIÓN:	14/05/2021
CONDICION:	ALTERADO	F. EMISIÓN:	20/05/2021

CLASIFICACIÓN SUCS	MALLA ASTM	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Pas. Acumulado	ESPECIFICACION A-1, AASHTO M - 147
SM	>3"					
ARENA LIMOSA	3"	75.00				
	2 1/2"	63.00				
	2"	50.00				
CLASIFICACIÓN AASHTO	1 1/2"	37.50			100.00	
	1"	25.00	82	2.04	97.96	
	3/4"	19.00	29	0.72	97.24	
	1/2"	12.50	45	1.12	96.12	
	3/8"	9.50	43	1.07	95.05	
COEFICIENTES	N° 4	4.75	217	5.40	89.65	
	N° 8	2.36	48.0	7.05	82.60	
	N° 10	2.00	10.2	1.50	81.10	
	N° 16	1.19	30.3	4.45	76.65	
	N° 30	0.60	51.3	7.53	69.12	
W <sub>mi</sub>	4018.0	N° 40	0.425	34.2	5.02	64.10
W <sub>p</sub> N°4	3602.0	N° 50	0.300	50.3	7.38	56.72
W <sub>mi f</sub>	600.0	N° 80	0.180	84.3	12.38	44.34
GRAVA	10.4%	N° 100	0.150	43.9	6.45	37.89
ARENA	66.9%	N° 200	0.075	103.5	15.20	22.70
FINOS	22.7%	FONDO		154.6	22.70	



OBSERVACIONES:

- 1.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 2.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

**INFORME DE ENSAYO**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**NORMA ASTM D-2216**

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCIÓN: --

Página | 34

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA:	CALICATA 1	CÓDIGO DE MUESTRA:	MS-1223-2021
ESTRATO:	MUESTRA 1	F. RECEPCIÓN:	14/05/2021
CONDICIÓN:	ALTERADO	F. EMISIÓN:	20/05/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD	
DESCRIPCIÓN	
PESO SUELO HÚMEDO + CÁPSULA (g)	2247.0
PESO SUELO SECO + CÁPSULA (g)	2081.0
PESO DEL AGUA (g)	166.0
PESO DE LA CÁPSULA (g)	0.0
PESO NETO DEL SUELO SECO (g)	2081
PORCENTAJE DE HUMEDAD %	8.0



  
Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL

OBSERVACIONES:

- 1.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 2.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

**INFORME DE ENSAYO  
CONTENIDO DE HUMEDAD  
NORMA ASTM D-2216**

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCIÓN: --

Página | 35

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA:	CALICATA 1	CÓDIGO DE MUESTRA:	MS-1223-2021
ESTRATO:	MUESTRA 2	F. RECEPCIÓN:	14/05/2021
CONDICIÓN:	ALTERADO	F. EMISIÓN:	20/05/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD	
DESCRIPCIÓN	
PESO SUELO HÚMEDO + CÁPSULA (g)	1058.0
PESO SUELO SECO + CÁPSULA (g)	975.0
PESO DEL AGUA (g)	83.0
PESO DE LA CÁPSULA (g)	0.0
PESO NETO DEL SUELO SECO (g)	975
PORCENTAJE DE HUMEDAD %	8.5



  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
C.I.P. 185388 - CIVIL

OBSERVACIONES:

- 1.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 2.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

**INFORME DE ENSAYO**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**NORMA ASTM D-2216**

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.

CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI

DIRECCIÓN: --

Página | 36

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA:	CALICATA 2	CÓDIGO DE MUESTRA:	MS-1223-2021
ESTRATO:	MUESTRA 1	F. RECEPCIÓN:	14/05/2021
CONDICIÓN:	ALTERADO	F. EMISIÓN:	20/05/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD	
DESCRIPCIÓN	
PESO SUELO HÚMEDO + CÁPSULA (g)	4131.0
PESO SUELO SECO + CÁPSULA (g)	3927.0
PESO DEL AGUA (g)	204.0
PESO DE LA CÁPSULA (g)	0.0
PESO NETO DEL SUELO SECO (g)	3927
PORCENTAJE DE HUMEDAD %	5.2



OBSERVACIONES:

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**

1.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.

2.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

**INFORME DE ENSAYO**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**NORMA ASTM D-2216**

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCIÓN: --

Página | 37

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA:	CALICATA 2	CÓDIGO DE MUESTRA:	MS-1223-2021
ESTRATO:	MUESTRA 2	F. RECEPCIÓN:	14/05/2021
CONDICIÓN:	ALTERADO	F. EMISIÓN:	20/05/2021

CONTENIDO DE HUMEDAD	
DESCRIPCIÓN	
PESO SUELO HÚMEDO + CÁPSULA (g)	1065.0
PESO SUELO SECO + CÁPSULA (g)	975.0
PESO DEL AGUA (g)	90.0
PESO DE LA CÁPSULA (g)	0.0
PESO NETO DEL SUELO SECO (g)	975
PORCENTAJE DE HUMEDAD %	9.2



OBSERVACIONES:

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**

1.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.  
2.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 38

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCIÓN: --

#### DATOS DE LA MUESTRA

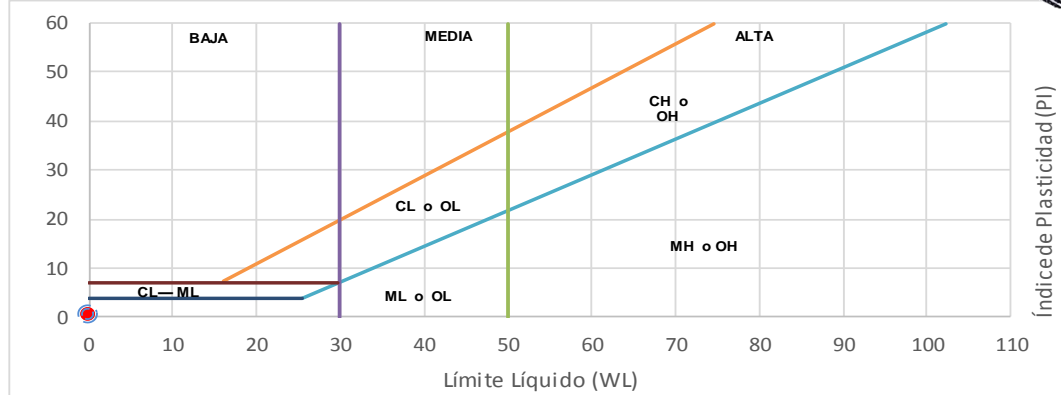
MUESTRA: CALICATA 1 CÓDIGO DE MUESTRA: MS-1223-2021  
ESTRATO: MUESTRA 1 F. RECEPCIÓN: 14/05/2021  
CONDICIÓN: ALTERADO F. EMISIÓN: 20/05/2021

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO  
NORMA ASTM D-4318

Peso del suelo húmedo + cápsula	( g )			
Peso del suelo seco + cápsula	( g )			
Peso de la cápsula	( g )			
Peso del suelo seco	( g )			
Peso del agua	( g )			
Contenido de Humedad	( % )			
Número de Golpes	( N )			

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO  
NORMA ASTM D-4319


Límite Líquido	NP	Ind.. Plasticidad	NP
Límite Plástico	NP	P. Malla N°40 (%)	



*Ing. Miguel Angel Toledo Romero*  
C.I.P. 185388 - CIVIL

OBSERVACIONES:

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA SAC..
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 39

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCIÓN: --

#### DATOS DE LA MUESTRA

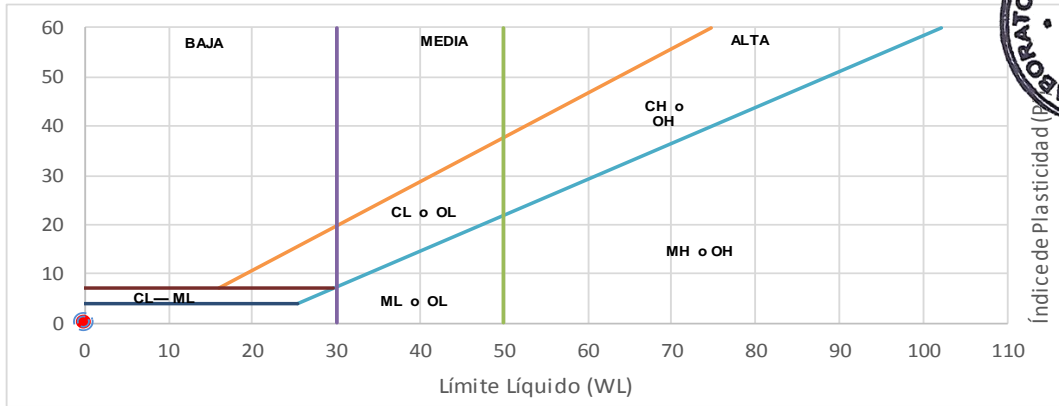
MUESTRA: CALICATA 1 CÓDIGO DE MUESTRA: MS-1223-2021  
ESTRATO: MUESTRA 2 F. RECEPCIÓN: 14/05/2021  
CONDICIÓN: ALTERADO F. EMISIÓN: 20/05/2021

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO  
NORMA ASTM D-4318

Peso del suelo húmedo + cápsula	( g )			
Peso del suelo seco + cápsula	( g )			
Peso de la cápsula	( g )			
Peso del suelo seco	( g )			
Peso del agua	( g )			
Contenido de Humedad	( % )			
Número de Golpes	( N )			

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO  
NORMA ASTM D-4319


Límite Líquido	NP	Ind.. Plasticidad	NP
Límite Plástico	NP	P. Malla N°40 (%)	



Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL

OBSERVACIONES:

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA S.A.C..
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

**PROYECTO:** "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 40

**UBICACIÓN:** I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
**CLIENTE:** MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
**DIRECCIÓN:** --

#### DATOS DE LA MUESTRA

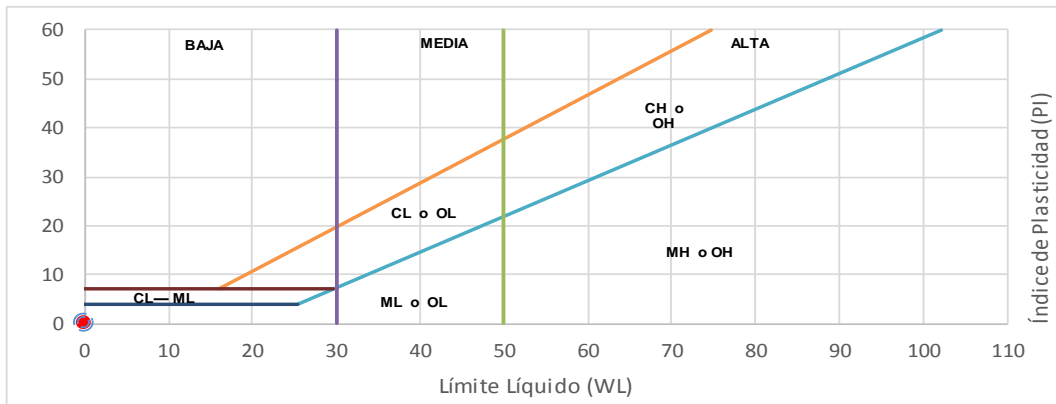
<b>MUESTRA:</b> CALICATA 2	<b>CÓDIGO DE MUESTRA:</b> MS-1223-2021
<b>ESTRATO:</b> MUESTRA 1	<b>F. RECEPCIÓN:</b> 14/05/2021
<b>CONDICIÓN:</b> ALTERADO	<b>F. EMISIÓN:</b> 20/05/2021

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO  
NORMA ASTM D-4318

Peso del suelo húmedo + cápsula	( g )			
Peso del suelo seco + cápsula	( g )			
Peso de la cápsula	( g )			
Peso del suelo seco	( g )			
Peso del agua	( g )			
Contenido de Humedad	( % )			
Número de Golpes	( N )			

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO  
NORMA ASTM D-4319


<b>Límite Líquido</b>	<b>NP</b>	<b>Ind.. Plasticidad</b>	<b>NP</b>
<b>Límite Plástico</b>	<b>NP</b>	<b>P. Malla N°40 (%)</b>	



OBSERVACIONES:

**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
CIP 185388 - CIVIL

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA S.A.C.
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 41

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCIÓN: --

#### DATOS DE LA MUESTRA

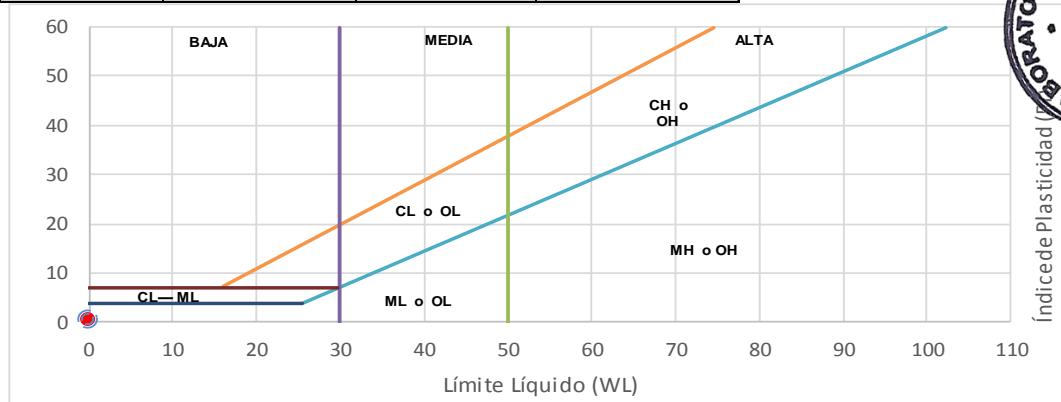
MUESTRA: CALICATA 2 CÓDIGO DE MUESTRA: MS-1223-2021  
ESTRATO: MUESTRA 2 F. RECEPCIÓN: 14/05/2021  
CONDICIÓN: ALTERADO F. EMISIÓN: 20/05/2021

#### DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO NORMA ASTM D-4318

Peso del suelo húmedo + cápsula	( g )			
Peso del suelo seco + cápsula	( g )			
Peso de la cápsula	( g )			
Peso del suelo seco	( g )			
Peso del agua	( g )			
Contenido de Humedad	( % )			
Número de Golpes	( N )			

#### DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO NORMA ASTM D-4319


Límite Líquido	NP	Ind.. Plasticidad	NP
Límite Plástico	NP	P. Malla N°40 (%)	



Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL

OBSERVACIONES:

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA S.A.C..
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME DE ENSAYO PESO ESPECIFICO DE SUELOS ASTM C 127-84

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 42

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.

CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI

DIRECCIÓN: --

### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA:	CALICATA 1	CÓDIGO DE MUESTRA:	MS-1223-2021
ESTRATO:	MUESRA 2	F. RECEPCIÓN:	14/05/2021
CONDICION:	ALTERADO	F. EMISIÓN:	20/05/2021

DESCRIPCION	UNIDAD	DATO
Peso Muestra Seca	g	100.0
Peso Picnometro + agua	g	365.5
Peso Picnometro + agua + muestra	g	427.4
Volumen de la Muestra	cm <sup>3</sup>	38.10
Temperatura	°C	19.60
Peso unitario del agua	g/cm <sup>3</sup>	1.00



Gravedad Específica	g/cm3	2.62
---------------------	-------	------

OBSERVACIONES:

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA SAC.
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

  
**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
C.I.P. 185388 - CIVIL



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME DE ENSAYO PESO ESPECIFICO DE SUELOS ASTM C 127-84

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 43

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCIÓN: --

### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA: CALICATA 2      CÓDIGO DE MUESTRA: MS-1223-2021  
ESTRATO: MUESRA 2      F. RECEPCIÓN: 14/05/2021  
CONDICION: ALTERADO      F. EMISIÓN: 20/05/2021

DESCRIPCION	UNIDAD	DATO
Peso Muestra Seca	g	100.0
Peso Picnometro + agua	g	367.1
Peso Picnometro + agua + muestra	g	429.6
Volumen de la Muestra	cm <sup>3</sup>	37.50
Temperatura	°C	20.80
Peso unitario del agua	g/cm <sup>3</sup>	1.00



Gravedad Específica	g/cm3	2.66
---------------------	-------	------

OBSERVACIONES:

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA S.A.C.
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

  
Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME DE ENSAYO DENSIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 44

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.

CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI

DIRECCIÓN: --

### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA:	CALICATA 1	CÓDIGO DE MUESTRA:	MS-1223-2021
ESTRATO:	MUESTRA 2	F. RECEPCIÓN:	14/05/2021
CONDICIÓN:	ALTERADO	F. EMISIÓN:	20/05/2021

DENSIDAD MINIMA			
DESCRIPCION	1	2	3
PESO MOLDE ( g )	8415	8415	8415
PESO MOLDE + SUELO ( g )	13052	13049	13047
PESO SECO DE LA MUESTRA ( g )	4637	4634	4632
VOLUMEN DE LA MUESTRA ( cm <sup>3</sup> )	3068.6	3068.6	3068.6
PESO ESPECIFICO ( g/cm <sup>3</sup> )	1.511	1.510	1.509



DENSIDAD MINIMA	1.510 g/cm <sup>3</sup>
-----------------	-------------------------

DENSIDAD MAXIMA			
DESCRIPCION	1	2	3
PESO MOLDE ( g )	8415	8415	8415
PESO MOLDE + SUELO ( g )	13634	13620	13631
PESO SECO DE LA MUESTRA ( g )	5219	5205	5216
VOLUMEN DE LA MUESTRA ( cm <sup>3</sup> )	3068.6	3068.6	3068.6
PESO ESPECIFICO ( g/cm <sup>3</sup> )	1.701	1.696	1.700

DENSIDAD MAXIMA	1.699 g/cm <sup>3</sup>
-----------------	-------------------------

  
Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL

OBSERVACIONES:

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA SAC.
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## INFORME DE ENSAYO DENSIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 45

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.

CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI

DIRECCIÓN: --

### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA:	CALICATA 2	CÓDIGO DE MUESTRA:	MS-1223-2021
ESTRATO:	MUESTRA 2	F. RECEPCIÓN:	14/05/2021
CONDICIÓN:	ALTERADO	F. EMISIÓN:	20/05/2021

DENSIDAD MINIMA			
DESCRIPCION	1	2	3
PESO MOLDE ( g )	8415	8415	8415
PESO MOLDE + SUELO ( g )	13042	13052	13044
PESO SECO DE LA MUESTRA ( g )	4627	4637	4629
VOLUMEN DE LA MUESTRA ( cm <sup>3</sup> )	3068.6	3068.6	3068.6
PESO ESPECIFICO ( g/cm <sup>3</sup> )	1.508	1.511	1.509

DENSIDAD MINIMA	1.509 g/cm <sup>3</sup>
-----------------	-------------------------

DENSIDAD MAXIMA			
DESCRIPCION	1	2	3
PESO MOLDE ( g )	8415	8415	8415
PESO MOLDE + SUELO ( g )	13644	13640	13635
PESO SECO DE LA MUESTRA ( g )	5229	5225	5220
VOLUMEN DE LA MUESTRA ( cm <sup>3</sup> )	3068.6	3068.6	3068.6
PESO ESPECIFICO ( g/cm <sup>3</sup> )	1.704	1.703	1.701

DENSIDAD MAXIMA	1.703 g/cm <sup>3</sup>
-----------------	-------------------------



OBSERVACIONES:

  
Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL

- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA SAC.
- 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## ANEXO N° 02 **PERFIL ESTATIGRAFICO**





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## PERFILES ESTRATIGRÁFICOS REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 47

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCION: --

### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA: CALICATA 1	CÓDIGO DE MUESTRA: MS-1223-2021
ESTRATOS: --	F. RECEPCIÓN: 14/05/2021
CONDICION: ALTERADO	F. EMISIÓN: 20/05/2021

### DATOS DE LA UBICACIÓN UTM

NORTE: 8186328.6  
ESTE: 231311.0

Prof. (m)	Gráfico	Descripción y naturaleza del terreno	Clasificación SUCS
0.1	[Gráfico de perfil con líneas de perforación y puntos de muestreo]	Arena limosa de color marron claro en esta húmedo a menos y compacidad media.	SM
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			
0.6			
0.7			
0.8			
0.9			
1.0			
1.1			
1.2			
1.3			
1.4			
1.5			
1.6			
1.7			
1.8			
1.9			
2.0			
2.1			
2.2			
2.3			
2.4			
2.5			
2.6			
3.0			
3.3			
3.7			
4.0			



Ing. Miguel Angel Toledo Romero  
C.I.P. 185388 - CIVIL

- 1.-LA COPIA DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO ES VÁLIDO SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA SAC
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

## PERFILES ESTRATIGRÁFICOS REGISTRO DE CALICATAS

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL COMPARATIVO DEL MÓDULO DE AULAS DEL I.E. MISTY - AREQUIPA, CON BASE FIJA Y CONSIDERANDO INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA, 2021"

Página | 48

UBICACIÓN: I.E. MISTI, DISTRITO DE MIRAFLORES – AREQUIPA.  
CLIENTE: MIDWARD JOEL ORTEGA MAMANI  
DIRECCION: --

### DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA: CALICATA 2	CÓDIGO DE MUESTRA: MS-1223-2021
ESTRATOS: --	F. RECEPCIÓN: 14/05/2021
CONDICION: ALTERADO	F. EMISIÓN: 20/05/2021

### DATOS DE LA UBICACIÓN UTM

NORTE: 8186348.9  
ESTE: 231275.6



Prof. (m)	Gráfico	Descripción y naturaleza del terreno	Clasificación SUCS
0.1		Arena limosa de color marron claro en esta húmedo a menos y compacidad media.	SM
0.2			
0.3			
0.4			
0.5			
0.6			
0.7			
0.8			
0.9			
1.0			
1.1			
1.2			
1.3			
1.4			
1.5			
1.6			
1.7			
1.8			
1.9			
2.0			
2.1			
2.2			
2.3			
2.4			
2.5			
2.6			
2.7			
3.0			
3.2			
3.4			

**Ing. Miguel Angel Toledo Romero**  
**C.I.P. 185388 - CIVIL**

- 1.-LA COPIA DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO ES VÁLIDO SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO MS GEOINTEGRA SAC
- 2.-EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS DEL INFORME DEL ENSAYO.
- 3.-EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.



- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frío y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

**ANEXO N° 03**  
**PLANO DE UBICACIÓN DECALICATA**





- Estudio de Suelos para Carreteras y Edificaciones
- Mecánica de Rocas
- Análisis Químico de Suelos
- Análisis Químico de Agua
- Diseño de le Mezclas en Concreto y Asfalto en frio y caliente
- Análisis y ensayos de Materiales

