



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**CONSTANCIA DE EVALUACION DE ORIGINALIDAD**  
**ID. N° 108337664**

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis de similitud con el software de verificación de Turnitin al documento de **INFORME FINAL DE TESIS** cuyo título es:

**Aplicación de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica - 2023**

presentado por:

**ALEXANDER LUIGI MARTINEZ ROMANI**

Bachiller del nivel de PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Civil. El Informe de Originalidad reporta **6% Índice de Similitud**, porcentaje que se encuentra dentro del margen permitido, por tanto, el calificativo es **APROBADO**, según el Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente, el Informe de Originalidad Turnitin -iThenticate- con el reporte de originalidad.

Ica, 19 de abril de 2024

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
  
Dra. Edith Isabel Guerra Landu  
DIRECTORA

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
Facultad de Ingeniería Civil



Aplicación de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente para  
el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado  
en San Clemente, Pisco, Ica – 2023

Línea de investigación:  
Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles.

INFORME FINAL DE TESIS  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:  
BACH. ALEXANDER LUIGI MARTINEZ ROMANI  
ASESOR: DR. ING. SANTOS ALEJANDRO CHACALTANA VASQUEZ

Ica, Perú  
2023

### **Dedicatoria**

A mis padres por haberme instruido con grandes valores profesionales y a Dios por su bendición diaria a lo largo de la vida que me protege llevándome por el buen camino.

### **Agradecimientos**

A la facultad de ingeniería civil por brindarme la mejor formación profesional, en la cual estaré siempre orgulloso de haber pertenecido en dicha casa de estudios y formar parte de su historia educacional.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos .....	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	ix
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCION .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Antecedentes de la investigación .....	1
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.2.1. Problema general.....	3
1.1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Hipótesis y variables de investigación.....	5
1.3.1. Hipótesis general.....	5
1.3.2. Hipótesis específicas.....	5
1.3.3. Variable independiente.....	5
1.3.4. Variable dependiente.....	5
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	6
2.1. Tipo de investigación.....	6
2.2. Nivel de investigación.....	6
2.3. Diseño de investigación.....	6
2.4. Enfoque de investigación.....	6
2.5. Población y muestra.....	6

2.5.1.	Población.....	6
2.5.2.	Muestra.....	6
2.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	6
2.7.	Caso de investigación.....	7
2.8.	Procesamiento de datos.....	7
2.9.	Financiamiento y presupuesto del proyecto.....	7
2.10.	Procedimientos.....	8
III.	<b>RESULTADOS</b> .....	9
3.1.	Planta, elevación y secciones arquitectónicas de la edificación en estudio.....	9
3.2.	Estructuración.....	15
3.3.	Predimensionamiento.....	15
3.3.1.	Predimensionamiento de columnas.....	15
3.3.1.1.	Metrado de cargas en columnas.....	16
3.3.2.	Predimensionamiento de placas.....	22
3.3.3.	Predimensionamiento de vigas.....	22
3.3.4.	Predimensionamiento de losas.....	23
3.4.	Cálculo de cargas de la edificación.....	25
3.5.	Modelamiento estructural.....	26
3.5.1.	Propiedades de los materiales.....	26
3.5.1.1.	Concreto.....	26
3.5.1.2.	Acero.....	26
3.5.2.	Creación de las propiedades de los materiales.....	27
3.5.3.	Creación de las secciones de concreto.....	29
3.5.4.	Vista del modelamiento terminado en el software ETABS.....	32
3.5.5.	Creación de SHELL UNIFORM LOAD SET DATA.....	33
3.5.6.	Asignación de SHELL UNIFORM LOAD SET DATA.....	34
3.5.7.	Asignación de SHELL LOAD.....	34
3.5.8.	Asignación de FRAME LOAD.....	35
3.5.9.	Aplicación de releases.....	37

3.5.10.	Diafragma rígido.....	38
3.6.	Análisis sísmico estático.....	38
3.6.1.	Zonificación.....	39
3.6.2.	Factor de uso o importancia.....	39
3.6.3.	Parámetros de sitio (S, TP, TL).....	41
3.6.3.1.	Factor suelo.....	41
3.6.3.1.1.	Clasificación geotécnica del suelo.....	41
3.6.3.1.2.	Clasificación sísmica del suelo.....	45
3.6.3.1.3.	Capacidad admisible del suelo.....	46
3.6.3.2.	Periodos “TP Y TL”.....	48
3.6.4.	Periodo fundamental de vibración.....	48
3.6.5.	Factor de amplificación sísmica.....	49
3.6.6.	Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (R).....	49
3.6.7.	Factores de irregularidad.....	50
3.6.7.1.	Irregularidades en altura.....	53
3.6.7.2.	Irregularidades en planta.....	62
3.6.8.	Restricciones de irregularidad.....	69
3.6.9.	Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R).....	69
3.6.10.	Estimación del peso.....	69
3.6.11.	Fuerza cortante en la base.....	70
3.6.12.	Distribución de fuerza sísmica en altura.....	71
3.7.	Análisis sísmico dinámico modal espectral.....	72
3.7.1.	Análisis modal.....	73
3.7.2.	Análisis espectral.....	73
3.7.2.1.	Importación de función espectro de respuesta al software ETABS.....	76
3.7.2.2.	Creación de función espectro de respuesta en ambas direcciones.....	77
3.7.3.	Derivas o límites de distorsión.....	78
3.7.3.1.	Verificación y corrección de derivas.....	78
3.7.4.	Fuerza cortante mínima.....	81
3.7.4.1.	Masa participativa según casos modales.....	82

3.7.4.2.	Periodos de vibración.....	85
3.7.4.3.	Factor de amplificación sísmica.....	85
3.7.4.4.	Cálculo de cortante estática.....	85
3.7.4.5.	Cálculo de cortante dinámica.....	86
3.7.4.6.	Cálculo de factor de escala (Fe).....	88
3.7.4.7.	Asignación de factor de escala (Fe).....	88
3.7.4.8.	Fuerzas internas de diseño.....	89
IV.	DISCUSION .....	94
V.	CONCLUSIONES .....	96
VI.	RECOMENDACIONES .....	98
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	99
VIII.	ANEXOS .....	100

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Factores para el predimensionamiento de columnas.....	16
<b>Tabla 2.</b>	Metrado de cargas en columnas.....	17
<b>Tabla 3.</b>	Predimensionamiento de columnas.....	22
<b>Tabla 4.</b>	Predimensionamiento de placas.....	22
<b>Tabla 5.</b>	Cargas según norma E.020.....	25
<b>Tabla 6.</b>	Resumen del N (SPT) vs clasificación de suelo.....	45
<b>Tabla 7.</b>	Story Forces X-X.....	53
<b>Tabla 8.</b>	Diaphragm Center Of Mass Displacements X-X.....	54
<b>Tabla 9.</b>	Verificación de irregularidad de rigidez – piso blando X-X.....	54
<b>Tabla 10.</b>	Story Forces Y-Y.....	55
<b>Tabla 11.</b>	Diaphragm Center Of Mass Displacements Y-Y.....	55
<b>Tabla 12.</b>	Verificación de irregularidad de rigidez – piso blando Y-Y.....	56
<b>Tabla 13.</b>	Verificación de irregularidad extrema de rigidez X-X.....	57
<b>Tabla 14.</b>	Verificación de irregularidad extrema de rigidez Y-Y.....	58
<b>Tabla 15.</b>	Mass Summary by Story X-X.....	59
<b>Tabla 16.</b>	Mass Summary by Story Y-Y.....	59
<b>Tabla 17.</b>	Verificación de irregularidad geométrica vertical X-X.....	60
<b>Tabla 18.</b>	Verificación de irregularidad geométrica vertical Y-Y.....	61
<b>Tabla 19.</b>	Joint Displacements X-X.....	63
<b>Tabla 20.</b>	Desplazamiento ( $\partial$ ).....	64
<b>Tabla 21.</b>	Joint Displacements Y-Y.....	64
<b>Tabla 22.</b>	Desplazamiento ( $\partial$ ).....	65
<b>Tabla 23.</b>	Desplazamiento ( $\partial$ ).....	66
<b>Tabla 24.</b>	Desplazamiento ( $\partial$ ).....	67
<b>Tabla 25.</b>	Mass Summary by Story.....	70
<b>Tabla 26.</b>	Parámetros sísmicos.....	70
<b>Tabla 27.</b>	Distribución de fuerza sísmica en altura.....	71
<b>Tabla 28.</b>	Periodo vs aceleración espectral en la dirección X-X.....	74

<b>Tabla 29.</b>	Periodo vs aceleración espectral en la dirección Y-Y .....	75
<b>Tabla 30.</b>	Story drift en la dirección X-X.....	78
<b>Tabla 31.</b>	Story drift en la dirección Y-Y.....	80
<b>Tabla 32.</b>	Modal Participating Mass Ratios .....	84
<b>Tabla 33.</b>	Story Forces X-X .....	86
<b>Tabla 34.</b>	Story Forces Y-Y .....	87
<b>Tabla 35.</b>	Modelo guía de fuerzas internas de diseño. ....	89
<b>Tabla 36.</b>	Fuerzas internas de diseño. ....	93

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	Ubicación geográfica de la edificación a proyectar. ....	7
<b>Figura 2.</b>	Planta arquitectura 1° piso. ....	9
<b>Figura 3.</b>	Planta arquitectura 2°-5° piso. ....	10
<b>Figura 4.</b>	Elevación 01 del 1°-5° piso. ....	11
<b>Figura 5.</b>	Elevación 02 del 1°-5° piso. ....	12
<b>Figura 6.</b>	Sección A-A del 1°-5° piso. ....	13
<b>Figura 7.</b>	Sección B-B del 1°-5° piso. ....	14
<b>Figura 8.</b>	Estructuración de vivienda sismorresistente. ....	15
<b>Figura 9.</b>	Distribución de áreas tributarias. ....	16
<b>Figura 10.</b>	Criterio de losa unidireccional ....	24
<b>Figura 11.</b>	Criterio de losa bidireccional ....	24
<b>Figura 12.</b>	Modelación de grillas en etabs. ....	26
<b>Figura 13.</b>	Inserción de propiedades del concreto en etabs. ....	27
<b>Figura 14.</b>	Inserción de propiedades del acero en etabs. ....	28
<b>Figura 15.</b>	Creación de sección de columna 0.25m x 0.40m. ....	29
<b>Figura 16.</b>	Creación de sección de columna 0.50m x 0.25m. ....	29
<b>Figura 17.</b>	Creación de sección de viga principal 0.25m x 0.50m. ....	30
<b>Figura 18.</b>	Creación de sección de viga secundaria 0.25m x 0.45m. ....	30
<b>Figura 19.</b>	Creación de placa de 0.25m. ....	31
<b>Figura 20.</b>	Creación de losa aligerada en una dirección. ....	31
<b>Figura 21.</b>	Creación de losa maciza en dos direcciones. ....	32
<b>Figura 22.</b>	Modelamiento estructural en 3D. ....	32
<b>Figura 23.</b>	Creación de Shell uniform load set data (salas y cuartos). ....	33
<b>Figura 24.</b>	Creación de Shell uniform load set data (corredores y escaleras). ....	33
<b>Figura 25.</b>	Asignación de shell uniform load set data (1-5 piso). ....	34
<b>Figura 26.</b>	Asignación de shell load para tabiquería. ....	34
<b>Figura 27.</b>	Asignación de frame load en vigas principales. ....	35
<b>Figura 28.</b>	Asignación de frame load en vigas secundarias. ....	36

<b>Figura 29.</b> Vista en planta de asignación de frame load. ....	36
<b>Figura 30.</b> Vista en 3D de asignación de frame load. ....	37
<b>Figura 31.</b> Aplicación de releases en vigas. ....	37
<b>Figura 32.</b> Diafragma rígido en vista 3D. ....	38
<b>Figura 33.</b> Mapa de zonificación del Perú. ....	39
<b>Figura 34.</b> Categoría de las edificaciones y factor de uso. ....	40
<b>Figura 35.</b> Factor de suelo “S” ....	41
<b>Figura 36.</b> Perfil estratigráfico – Calicata N°01 ....	42
<b>Figura 37.</b> Perfil estratigráfico – Calicata N°02 ....	43
<b>Figura 38.</b> Perfil estratigráfico – Calicata N°03 ....	44
<b>Figura 39.</b> Clasificación de los perfiles de suelo. ....	45
<b>Figura 40.</b> Sección típica de zapata corrida. ....	46
<b>Figura 41.</b> Periodos “TP” y “TL” ....	48
<b>Figura 42.</b> Relación de factor de amplificación sísmica y edificación ....	48
<b>Figura 43.</b> Factores de amplificación sísmica. ....	49
<b>Figura 44.</b> Sistemas estructurales vs coeficiente básico de reducción. ....	50
<b>Figura 45.</b> Irregularidades estructurales en altura. ....	51
<b>Figura 46.</b> Irregularidades estructurales en planta. ....	52
<b>Figura 47.</b> Elevación estructural eje 4-4. ....	60
<b>Figura 48.</b> Elevación estructural eje A-A. ....	61
<b>Figura 49.</b> Secciones para verificar la discontinuidad del diafragma. ....	68
<b>Figura 50.</b> Restricciones de irregularidad. ....	69
<b>Figura 51.</b> Consideraciones de peso sísmico. ....	69
<b>Figura 52.</b> Análisis sísmico dinámico. ....	72
<b>Figura 53.</b> Aplicación de máx. y min. número de modos de vibración. ....	73
<b>Figura 54.</b> Grafico de periodo vs aceleracion espectral direccion X-X. ....	75
<b>Figura 55.</b> Grafico de periodo vs aceleracion espectral direccion Y-Y. ....	76
<b>Figura 56.</b> Importación de función espectro de respuesta. ....	76
<b>Figura 57.</b> Creación de espectro de respuesta en la dirección X-X. ....	77

<b>Figura 58.</b> Creación de espectro de respuesta en la dirección Y-Y. ....	77
<b>Figura 59.</b> Límites para la distorsión de entrepiso.....	78
<b>Figura 60.</b> Gráfico Story drift en la dirección X-X. ....	79
<b>Figura 61.</b> Gráfico Story drift en la dirección Y-Y. ....	80
<b>Figura 62.</b> Factor de escala para diseño en el análisis dinámico. ....	81
<b>Figura 63.</b> Modo 1. Traslación en Y-Y. ....	82
<b>Figura 64.</b> Modo 2. Traslación en X-X. ....	83
<b>Figura 65.</b> Modo 3. Rotación en Z-Z.....	83
<b>Figura 66.</b> Asignación de espectro de diseño en la dirección X-X.....	88
<b>Figura 67.</b> Asignación de espectro de diseño en la dirección Y-Y.....	89
<b>Figura 68.</b> Fuerza axial máx. en dirección X-X.....	90
<b>Figura 69.</b> Fuerza cortante máx. en dirección X-X. ....	90
<b>Figura 70.</b> Momento flector máx. en dirección X-X. ....	91
<b>Figura 71.</b> Fuerza axial máx. en dirección Y-Y.....	91
<b>Figura 72.</b> Fuerza cortante máx. en dirección Y-Y. ....	92
<b>Figura 73.</b> Momento flector máx. en dirección Y-Y. ....	93
<b>Figura 74.</b> Operacionalización de variables.....	100
<b>Figura 75.</b> Análisis granulométrico C1-E1.....	101
<b>Figura 76.</b> Análisis granulométrico C1-E2.....	102
<b>Figura 77.</b> Análisis granulométrico C1-E3.....	103
<b>Figura 78.</b> Análisis granulométrico C2-E1.....	104
<b>Figura 79.</b> Análisis granulométrico C2-E2.....	105
<b>Figura 80.</b> Análisis granulométrico C2-E3.....	106
<b>Figura 81.</b> Análisis granulométrico C3-E1.....	107
<b>Figura 82.</b> Análisis granulométrico C3-E2.....	108
<b>Figura 83.</b> Análisis granulométrico C3-E2.....	109
<b>Figura 84.</b> Densidad in situ por el método del cono de arena.....	110
<b>Figura 85.</b> Ensayo de corte directo - espécimen 1.....	111
<b>Figura 86.</b> Ensayo de corte directo - espécimen 2.....	112

<b>Figura 87.</b> Ensayo de corte directo - especimen 3 .....	113
<b>Figura 88.</b> Ensayo de corte directo – curva de resistencia.....	114
<b>Figura 89.</b> Calicata C-1 a 3.00 m de profundidad.....	115
<b>Figura 90.</b> Calicata C-2 a 3.00 m de profundidad.....	115
<b>Figura 91.</b> Calicata C-3 a 3.00 m de profundidad.....	116
<b>Figura 92.</b> Identificación de estratos de suelos.....	116
<b>Figura 93.</b> Realización de ensayo de granulometría en laboratorio FIC. ....	117
<b>Figura 94.</b> Realización de ensayo de corte directo en laboratorio FIC.....	117
<b>Figura 95.</b> Registro de penetración dinámica ligera (DPL-01).....	118
<b>Figura 96.</b> Registro de penetración dinámica ligera (DPL-02).....	119
<b>Figura 97.</b> Registro de penetración dinámica ligera (DPL-03).....	120
<b>Figura 98.</b> Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL-01). ....	121
<b>Figura 99.</b> Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL-02). ....	121
<b>Figura 100.</b> Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL-03). ....	122
<b>Figura 101.</b> Conteo de golpes vs profundidad.....	122

## **RESUMEN**

Esta investigación abordo el tema de aplicar la norma técnica E.030 diseño sismorresistente para una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica; debido a que muchas de las edificaciones en la especialidad de estructuras carecen de análisis estructural, de buena práctica constructiva; al no tener la población conocimiento de normativas técnicas de construcción.

El objetivo principal de esta investigación es determinar la influencia de aplicar la norma técnica E.030 diseño sismorresistente para el comportamiento sísmico de una edificación en concreto armado. Se planteo una metodología con enfoque cuantitativo, de nivel descriptivo y diseño no experimental. El desarrollo se basó en realizar el modelamiento y análisis estructural a una edificación con ETABS, aplicando métodos estáticos y dinámicos con sistema de base rígida, con las consideraciones sismorresistentes.

De acuerdo con el análisis realizado se concluye que:

La norma técnica E.030 diseño sismorresistente influye en el comportamiento sísmico de la edificación en donde se evaluaron derivas o distorsión de entrepiso, modos de vibración, espectros de respuesta, cortante basal y factores de irregularidad; dando resultados permisibles y que se encuentran dentro de la normativa vigente.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño sismorresistente, concreto armado, análisis estructural, comportamiento sísmico, sistema de base rígida.

## **ABSTRACT**

This research addressed the topic of applying technical standard E.030 for earthquake-resistant design to a reinforced concrete building in San Clemente, Pisco, Ica. This was because many buildings in the field of structures lack structural analysis and good construction practices due to the population's lack of knowledge about technical construction regulations.

The main objective of this research is to determine the influence of applying technical standard E.030 for earthquake-resistant design on the seismic behavior of a reinforced concrete building. A methodology with a quantitative approach, descriptive level, and non-experimental design was proposed. The development was based on modeling and structural analysis of a building using ETABS, applying static and dynamic methods with a rigid base system, considering seismic resistance considerations.

According to the analysis conducted, it is concluded that:

Technical standard E.030 for earthquake-resistant design influences the seismic behavior of the building, where floor drifts or distortion, vibration modes, response spectra, base shear, and irregularity factors were evaluated, yielding permissible results that comply with current regulations.

**KEYWORDS:** Earthquake-resistant design, reinforced concrete, structural analysis, seismic behavior, rigid base system.

## I. INTRODUCCION

### 1.1. Planteamiento del problema.

En la actualidad la construcción de viviendas y/o edificaciones en nuestro país, son todavía deficientes en muchos factores, muchas de ellas carecen de buena práctica constructiva sin la participación de profesionales calificados, como arquitectos e ingenieros civiles.

En sus estructuras no cumplen con los estándares de seguridad y que están en riesgo de colapso, especialmente en condiciones climáticas extremas o en caso de desastres naturales.

Por otro lado, construir una edificación sin tener conocimiento de normativas, puede resultar en multas, demoliciones o problemas legales a largo plazo.

Otro de los factores que está sujeta a que tan seguras y resistentes podrían ser las viviendas, es construir sin un asesoramiento conllevando a la elección de materiales inadecuados que no correspondan a la ubicación, el clima y la durabilidad; lo que afecta la calidad y la vida útil de la vivienda.

Muchas veces la falta de planificación y conocimiento lleva a las familias a asumir costos imprevistos a medida que avanza la construcción, lo cual esto les resulta en retrasos, gastos adicionales y problemas financieros

En resumen, la construcción de viviendas sin la aplicación de normativas y/o asesoramiento de parte de un profesional, lleva a problemas significativos relacionados con la seguridad estructural, calidad y la durabilidad de la vivienda.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, vemos que se identifican problemas de: falta de asesoramiento y/o conocimiento para la aplicación de normativas, en este caso la E.030 diseño sismorresistente de concreto armado; la construcción informal en áreas propensas a desastres; la deficiencia de materiales y mano de obra calificada; así también como contar con infraestructuras de calidad estructural cumpliendo las normas vigentes de diseño sismorresistente.

#### 1.1.1. Antecedentes de la investigación

**Diego Poma y Elmer Rodríguez**, en su tesis titulada: Aplicación de la norma técnica sismorresistente E.030 para evaluar el comportamiento sísmico del edificio las mercedes del distrito de Cercado de Lima. [1]

Evaluaron el comportamiento sísmico del edificio las mercedes, aplicando la normativa peruana E.030 mediante un software estructural ETABS. Esta edificación es considerada como un valor monumental en el Cercado de Lima, en el cual su estructura es clasificada como un sistema dual. Con los resultados que obtuvieron después de realizar el análisis estático y dinámico, concluyeron que, al evaluar las derivas del edificio, a pesar de contar con un concreto de calidad inferior al estándar actual, los valores que obtuvieron se encontraron por debajo de los límites permisibles indicados en la norma E.030, gracias a que su estructura se encuentra bien reforzada con pórticos y muros estructurales.

En relación a la cantidad de modos de vibración, les fue suficiente con 6 modos para superar el 90% de masa participativa.

Después del análisis modal espectral obtuvieron que la cortante dinámica no supera en 90% la cortante estática, es así que tuvieron que escalar sus resultados para posteriores diseños de elementos de concreto armado.

Finalmente recomendaron en uno de sus puntos analizar cuidadosamente la estructuración de cualquier edificación, para así poder determinar si existe o no alguna irregularidad estructural contemplada en la norma, ya que esto perjudicara al diseño de elementos de concreto armado.

**Alex Aullauca**, en su tesis titulada: Aplicación de la norma sismorresistente E-030 para el diseño estructural de una edificación aporricada de concreto armado en el caserío San Martín de Porras Ica. [2]

El autor aplicó la norma E.030 diseño sismorresistente para el cálculo estructural de una edificación en sistema aporricado en San Martín de Porras Ica.

Esta edificación se clasificó como un local educativo que cuenta con 3 niveles de entrepiso, en el cual en su estudio tuvo como resultado que el predimensionamiento de los elementos estructurales influye de manera parcial en las dimensiones finales.

El autor determinó que los parámetros sísmicos contemplados en la norma influyen directamente con los resultados de fuerza estática y dinámica; y que los desplazamientos laterales influyen de manera directa para el cálculo de las derivas.

En la última parte de su investigación, recomienda verificar secciones de cada elemento estructural después de realizar el análisis estructural, además considera que se tomen en cuenta para el diseño de elementos las fuerzas máximas (V máx., M máx., N máx.).

**Favio Espinoza**, en su tesis titulada: Análisis y diseño estructural de una edificación multifamiliar de 5 niveles de concreto armado en la ciudad de Tacna – 2022. [3]

Donde el autor encontró suelo intermedio para su estudio, tuvo como objetivo realizar los análisis sísmicos tanto estático como dinámico y realizar el diseño estructural de elementos de concreto armado.

En su estudio el tesista determinó la estructuración de la edificación multifamiliar como un sistema de pórticos, en el cual obtuvo resultados favorables en cuanto a derivas, teniendo en la dirección X-X un 6.34% y en la dirección Y-Y un 6.09% en relación a los límites permisibles indicados en la norma E.030.

Se verificó las irregularidades y el investigador obtuvo una edificación regular, es así que después de efectuar el análisis dinámico obtuvo que su cortante dinámica era menor que el 80% de la cortante estática. Posteriormente tuvo que escalar sus resultados de acuerdo a lo estipulado en la norma técnica E.030.

**Daniel Barrantes y Carmen Camacho**, en su tesis titulada: Análisis sísmico aplicando NTP. E.030-2018 para edificios multifamiliar elaboradas con NTP.E.030-2003 en la ciudad de Cajamarca, 2021. [4]

Abarca la aplicación de la norma técnica E.030-2018 para edificios multifamiliares en la ciudad de Cajamarca que han sido elaboradas con normas anteriores como la E.030-2003.

Los investigadores plantearon como objetivo realizar un análisis sísmico para comparar sus resultados, con la finalidad de verificar que se cumplan los requerimientos actuales de la norma, verificar si parámetros actualizados influyen de manera directa los resultados obtenidos.

La edificación multifamiliar en estudio cuenta con 4 niveles de entrepiso, que se clasificó como un sistema estructural aporricado.

Se comprobó que las construcciones analizadas no satisfacen los requisitos actuales, siendo especialmente críticos los desplazamientos máximos permitidos según la normativa vigente, ya que su incumplimiento puede considerarse como deficiencias graves si no se fortalecen adecuadamente para mejorar la respuesta estructural siguiendo las recomendaciones proporcionadas.

Se observó que existen diferencias en la respuesta sísmica entre las distintas versiones de la normativa, principalmente debido a las modificaciones realizadas, como la introducción de una nueva zonificación que disminuye el factor en la actual zona 3. Los parámetros del sitio, como el factor S, dependen tanto del factor de zona como de las características de las ondas de corte del suelo. Del mismo modo, los factores TP y TL están relacionados con el factor S, al igual que las nuevas ecuaciones para el factor C y la inclusión de factores de irregularidad que influyen en el factor R. Esto sugiere que la actualización de la normativa busca mejorar el comportamiento sísmico sin necesariamente requerir un refuerzo adicional de la estructura.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

#### **1.1.2.1. Problema general.**

- ¿En qué manera influye la aplicación de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023?.

#### **1.1.2.2. Problemas específicos.**

- ¿En qué manera influye las derivas de entrepiso en ambas direcciones para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023?.
- ¿En qué manera influye los modos de vibración para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023?.
- ¿En qué manera influye los espectros de respuesta en ambas direcciones para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023?.

- ¿En qué manera influye la cortante basal para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023?.
- ¿En qué manera influye los factores de irregularidad para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023?.

### **1.1.3. Justificación e importancia de la investigación.**

En su gran mayoría las viviendas construidas en el Perú son prácticamente informales, esto conlleva a que tan seguras podrían estar la población en sus viviendas frente a un evento sísmico de gran magnitud. Es por eso que es muy importante considerar las solicitudes generales para los cálculos de diseño sísmico que se contempla en la norma E.030 (2018) de “Diseño Sismorresistente”.

En la mayoría de los casos la falta de información de investigaciones sobre el tema, conlleva a que nos inclinemos por el modelo de cálculo convencional.

Los cálculos sísmicos en la actualidad continúan siendo un tema amplio de investigación, por las variedades de variables que pueden tomarse en referencia al parámetro del suelo o a un movimiento sísmico que puedan originarse a lo largo de los años.

La norma de Diseño Sismorresistente contempla procedimientos para estimar la demanda sísmica, establecen resistencia, rigidez que deben contar las edificaciones según sistema estructural, ubicación e importancia.

Por consiguiente, la tesis aportara información para otras investigaciones a futuro y realizar un correcto análisis para determinar la respuesta sísmica de las estructuras empleando la norma E.030.

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

- Determinar la influencia de la aplicación de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la influencia de las derivas de entrepiso en ambas direcciones para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.
- Determinar la influencia de los modos de vibración para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.
- Determinar la influencia de los espectros de respuesta en ambas direcciones para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.
- Determinar la influencia de la cortante basal para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.

- Determinar la influencia de los factores de irregularidad para el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.

### **1.3. Hipótesis y variables de investigación.**

#### **1.3.1. Hipótesis general.**

- La aplicación de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente influye en el comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.

#### **1.3.2. Hipótesis específicas.**

- Las derivas de entrepiso en ambas direcciones influyen en determinar el reforzamiento de la edificación de concreto armado.
- Los modos de vibración influyen en determinar los porcentajes de masa participativa.
- Los espectros de respuesta en ambas direcciones influyen en determinar las fuerzas internas de diseño (normal, cortante y momentos).
- La cortante basal influye en determinar las fuerzas sísmicas laterales para distribuirlos a diferentes alturas.
- Los factores de irregularidad influyen en determinar el coeficiente de reducción sísmica.

#### **1.3.3. Variable independiente.**

Aplicación de la Norma Técnica E.030 diseño sismorresistente.

#### **1.3.4. Variable dependiente.**

Comportamiento sísmico de una edificación de concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.

## **II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.**

### **2.1. Tipo de investigación.**

Esta investigación es tipo aplicada porque aplica conocimientos teóricos o científicos existente a situaciones prácticas y concretas.

### **2.2. Nivel de investigación.**

El proyecto se desarrolla en nivel descriptiva porque describe lo que sucede durante el tiempo de la investigación.

### **2.3. Diseño de investigación.**

El diseño es no experimental ya que se aplica métodos y normas para los análisis estructurales de las edificaciones por medio de un software.

### **2.4. Enfoque de investigación.**

Esta investigación se realiza cuantitativamente porque prueba hipótesis en base de medición numérica existentes y siendo números las variables (datos medibles).

### **2.5. Población y muestra.**

#### **2.5.1. Población.**

La población son las edificaciones en concreto armado construidos en San Clemente, Pisco, Ica.

#### **2.5.2. Muestra.**

La muestra es una edificación de concreto armado de 5 pisos con categoría de tipo común ubicado en San Clemente, Pisco, Ica.

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

Se utilizarán diferentes técnicas, como la realización de simulaciones en 3D o el análisis estructural, además de llevar a cabo un análisis sísmico estático y dinámico conforme a la norma E.030 diseño sismorresistente. Todo esto se llevará a cabo con la asistencia del programa de cálculo estructural ETABS, el cual nos suministrará datos numéricos para evaluar con hojas de cálculo, formulas, tablas. y hacer cumplir las solicitaciones sísmicas que nos indica la norma.

Como instrumentos de recolección de datos, se cuenta con la utilización y revisión de normas técnicas:

- E.030 diseño sismorresistente: Se utilizará esta norma técnica para llevar a cabo el análisis estático y dinámico, siguiendo las pautas establecidas por dicha normativa. Posteriormente se examinarán los resultados de acuerdo con las solicitaciones sísmicas que esta misma norma establece en sus artículos.
- E.020 cargas: Se utilizará esta norma técnica para verificar e utilizar valores de carga viva (CV) y carga muerta (CM), para cada tipo de ambiente considerado en la distribución arquitectónica de la edificación.

Así como también programas de dibujo, hojas de cálculo, software estructural, equipos y útiles de escritorio, otros: que nos permitirán estructurar la edificación, crear modelos estructurales en

3D en donde se pueda ingresar datos de cada elemento estructural, factores establecidas por las normas técnicas, además de efectuar e interpretar cálculos mediante tablas y/o gráficos.

## 2.7. Caso de investigación.

En el desarrollo de la investigación se estudió un edificio de concreto armado de 5 pisos, con categoría de tipo común puesto que es destinada para viviendas en el distrito de San clemente, Pisco, Ica.

San clemente, es uno de los distritos que limita con:

- a) **Norte:** con la provincia de Chincha.
- b) **Sur:** con los distritos de Pisco y Tupac Amaru Inca.
- c) **Este:** con el distrito de Independencia.
- d) **Oeste:** con el Océano Pacifico.

La edificación multifamiliar proyectada se encontrará ubicado en la calle los Lirios con intersección con la calle aviación, con coordenadas geográficas UTM. E: 375507.150 m, N: 8487739.952 m.



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la edificación a proyectar.

Fuente: Creado por el autor.

## 2.8. Procesamiento de datos.

Es obtenido de la investigación y se presentara en cuadros y gráficos.

## 2.9. Financiamiento y presupuesto del proyecto.

El proyecto es autofinanciado y en el presupuesto se considera los siguientes elementos.

- a) Equipos y bienes duraderos:
  - Laptop
  - Impresora
- b) Materiales, instrumentos e insumos:

- Útiles de escritorio
- Libros
- c) Servicios.
  - Mantenimiento de laptop e impresora
  - Internet
  - Excavación de zanja para calicatas
- d) Pasajes, viáticos y representación institucional.
  - Pasaje local y provincial
  - Viáticos
- e) Otros (Ensayos de laboratorio)
  - Análisis granulométrico
  - Contenido de humedad
  - Límites de atterberg
  - Densidad de campo
  - Corte directo
  - Penetración dinámica ligera (Dpl)

## **2.10. Procedimientos.**

Alcanzar los objetivos planteados requiere de una metodología sencilla y clara, por ello la investigación está basada en estas etapas:

- La estructuración y predimensionamiento de los componentes estructurales del edificio son las primeras solicitudes para la etapa inicial.
- La segunda etapa se centra en el cálculo de las cargas del edificio por planta.
- La tercera etapa se centra en el modelamiento de la edificación mediante un software estructural.
- La cuarta etapa se centra en el análisis sísmico estático con las solicitudes sísmicas de la norma técnica E.030.
- La quinta etapa se centra en el análisis sísmico dinámico modal espectral de la edificación con las solicitudes sísmicas de la norma técnica E.030.
- En la sexta etapa pasamos a un análisis e interpretación de resultados obtenidos mediante el software estructural con respecto a las derivas, modos de vibración, espectros de respuesta, fuerzas internas de diseño y otros parámetros para cada tipo de consideración.

### III. RESULTADOS

Para entender mejor los resultados del proyecto, se presentan en conjunto algunos conceptos básicos de diseño sismorresistente y los planos de la edificación.

#### 3.1. Planta, elevación y secciones arquitectónicas de la edificación en estudio.

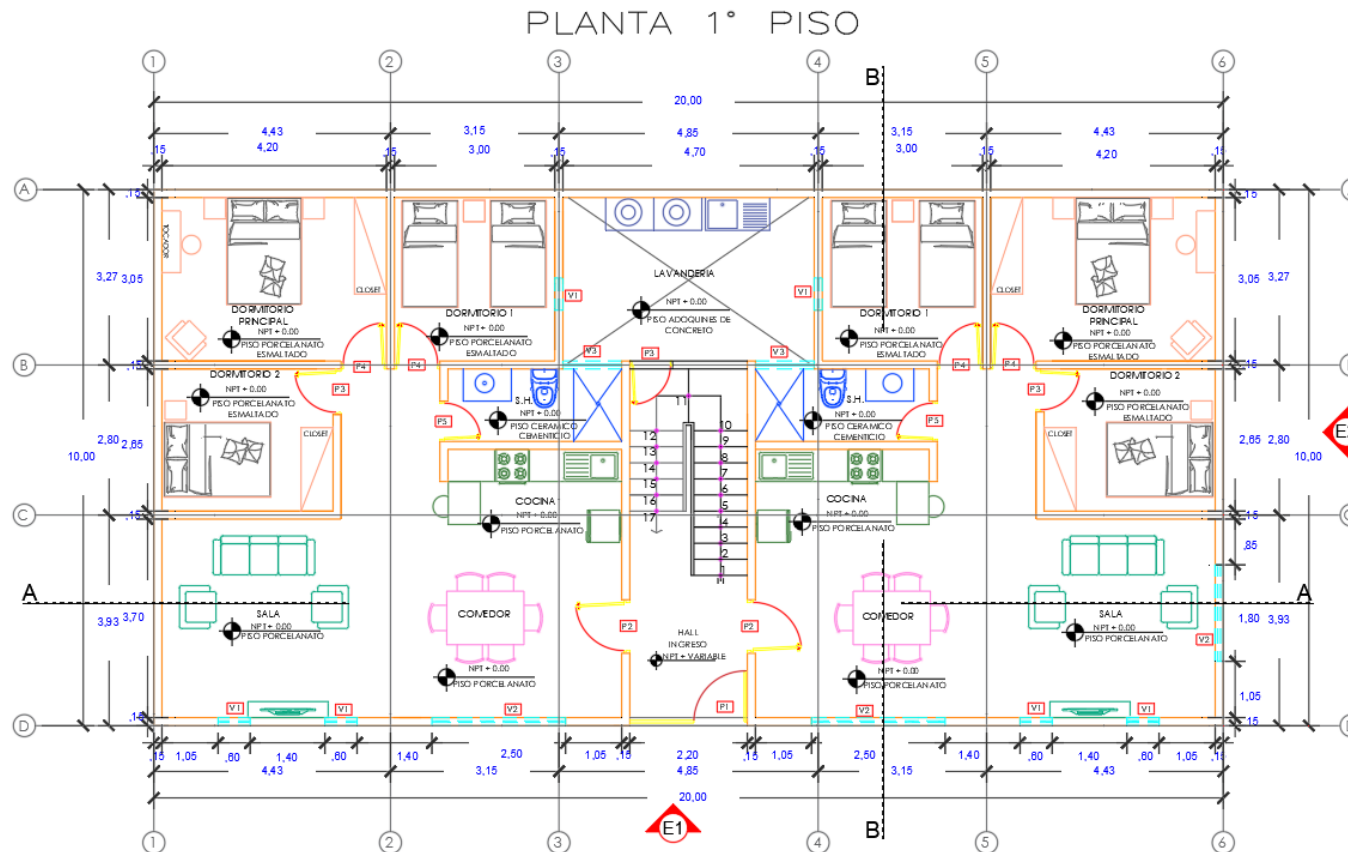
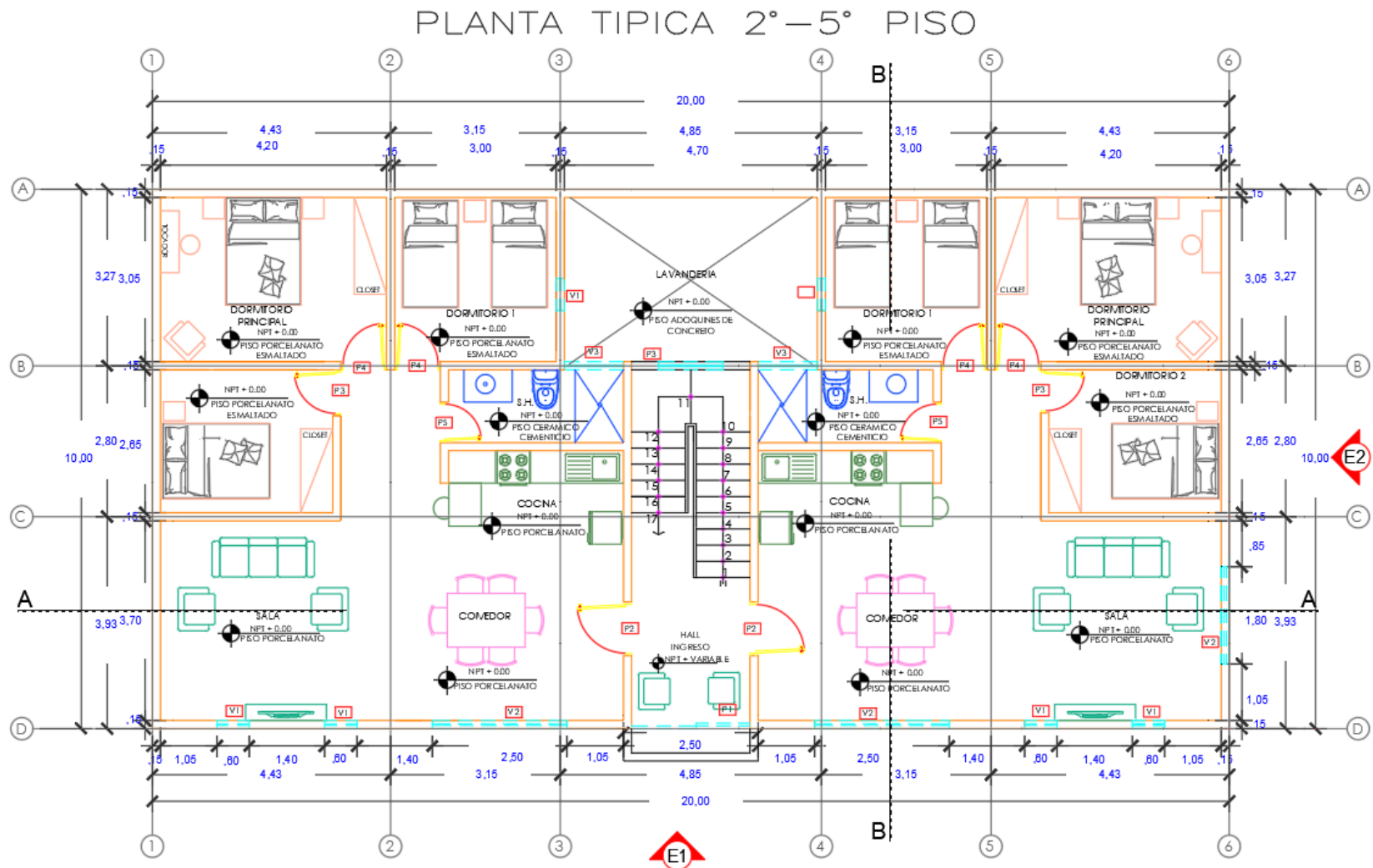
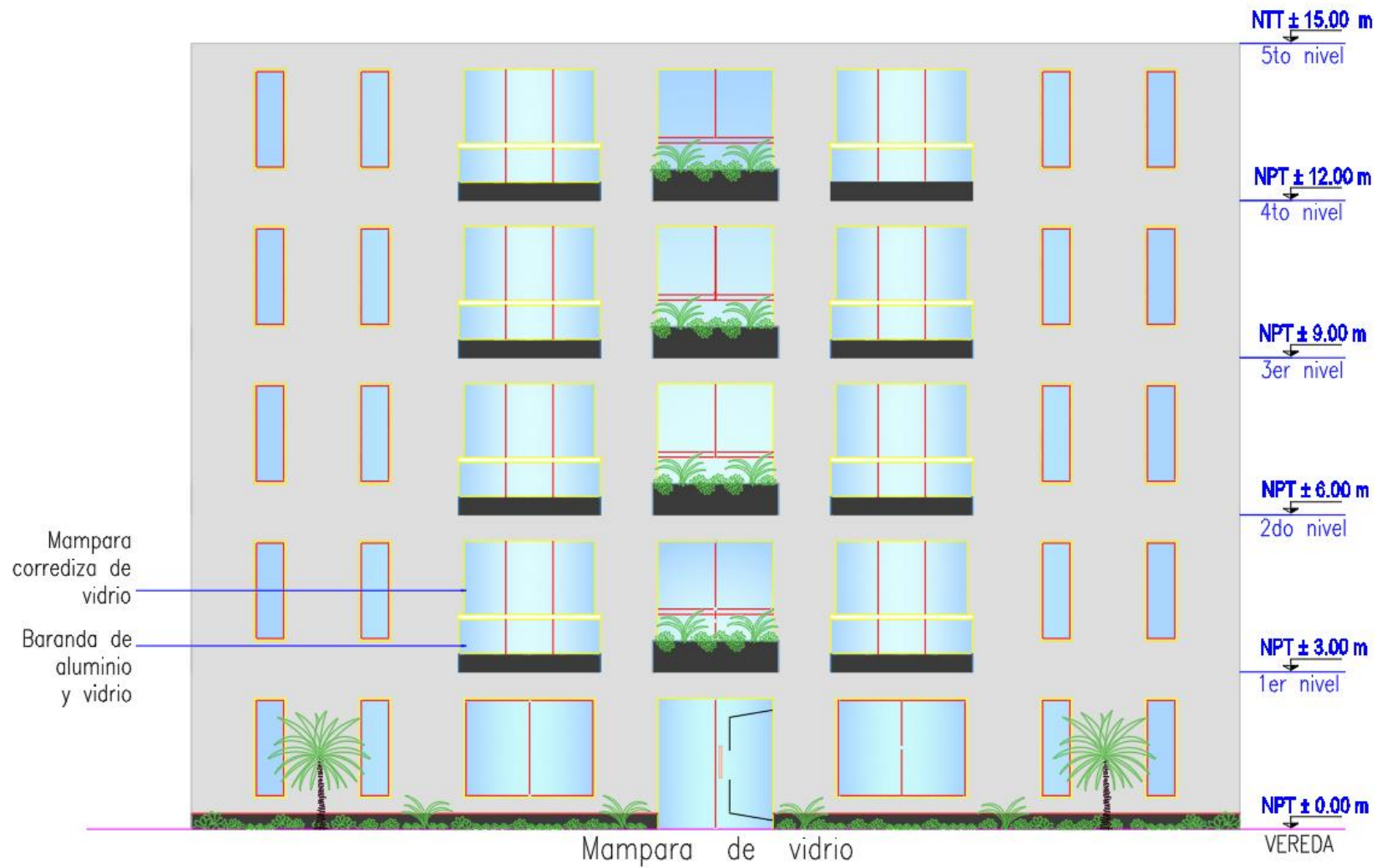


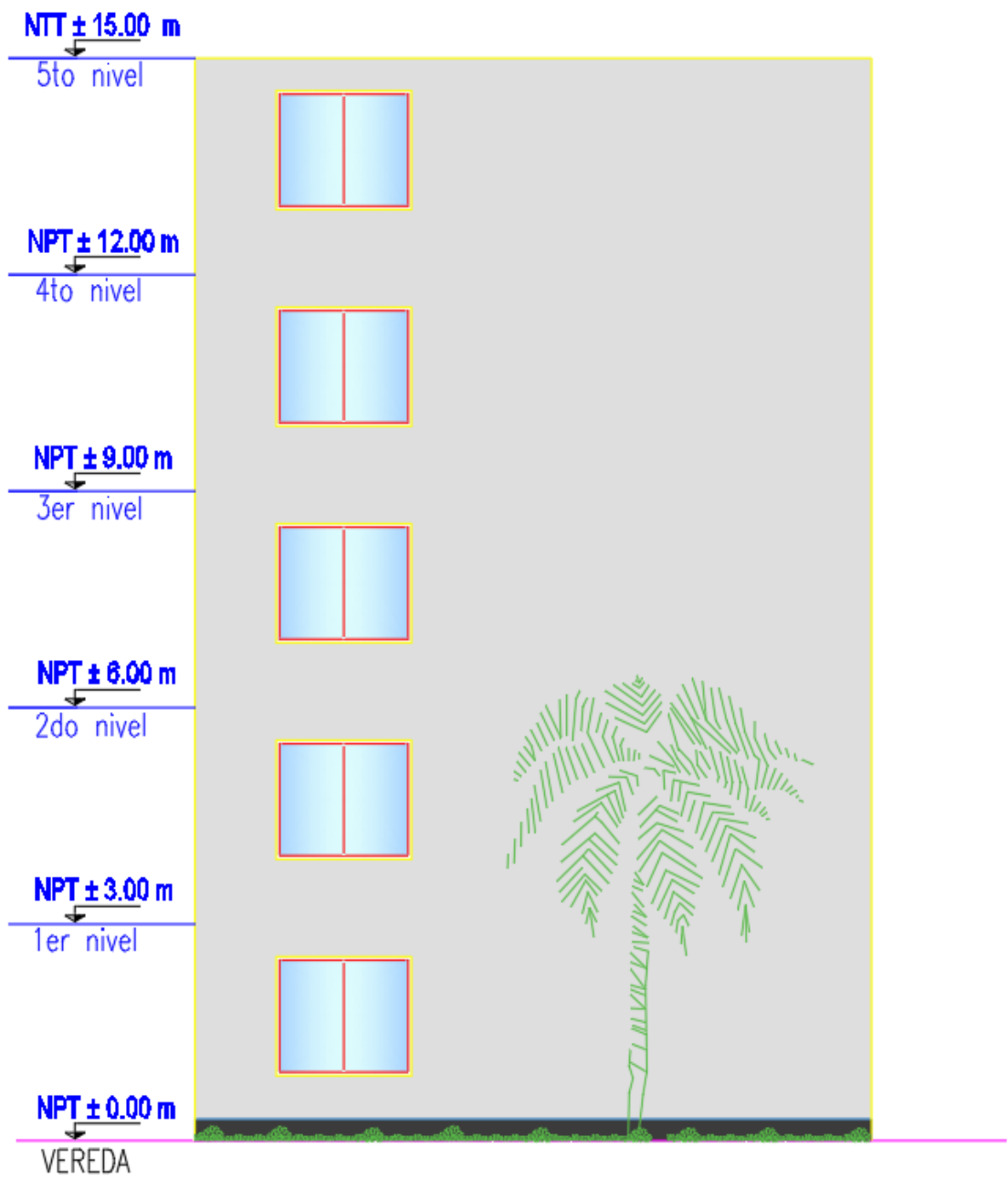
Figura 2. Planta arquitectura 1° piso.  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 3.** Planta arquitectura 2°-5° piso.  
Fuente: Creado por el autor.



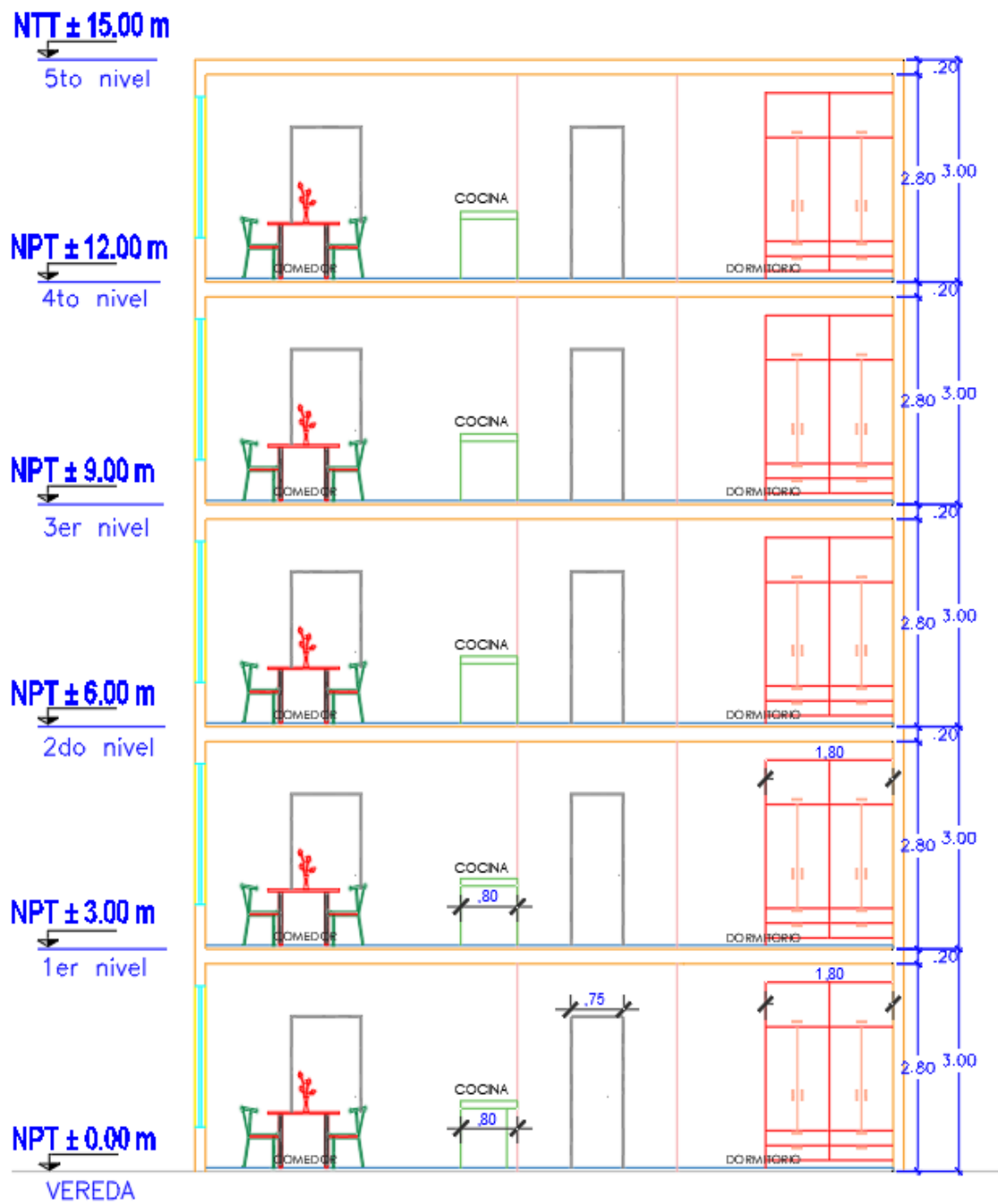
**Figura 4.** Elevación 01 del 1°-5° piso.  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 5.** Elevación 02 del 1°-5° piso.  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 6.** Sección A-A del 1°-5° piso.  
Fuente: Creado por el autor.

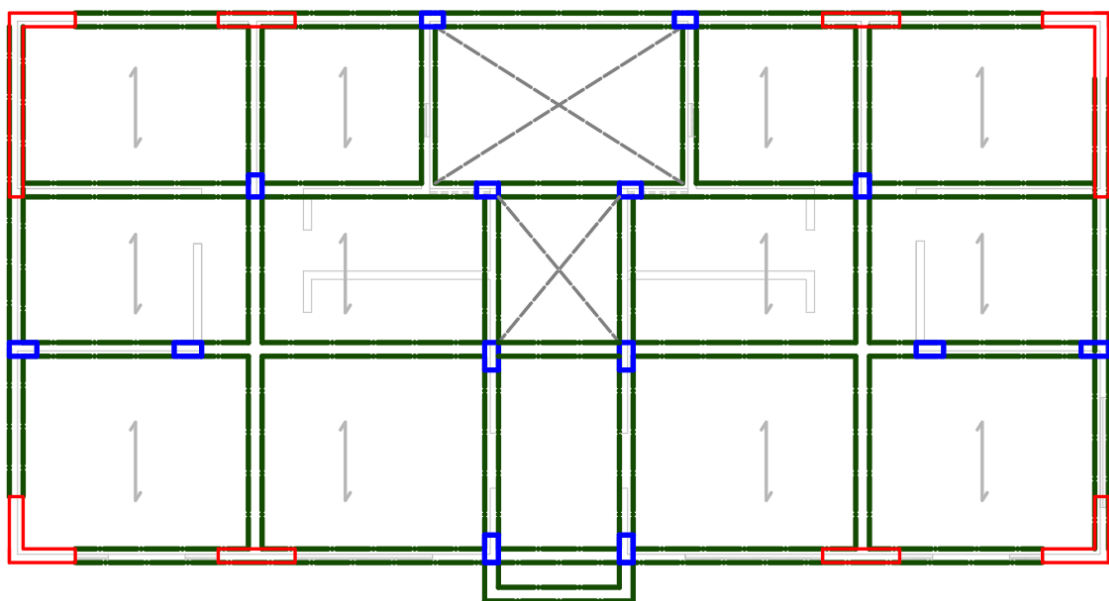


**Figura 7.** Sección B-B del 1°-5° piso.  
Fuente: Creado por el autor.

### 3.2. Estructuración.

Se refiere al proceso de establecer la infraestructura de soporte que permite que la edificación sea estable, segura y capaz de resistir las cargas a las que estará expuesta durante su vida útil. En otras palabras, es la creación y planificación de elementos de concreto armado que sostendrá y distribuirá las cargas de la edificación, asegurando su estabilidad y funcionalidad.

En este primer punto, se visualiza en la **Figura 8.** una de las formas de estructuración de la edificación multifamiliar, con el criterio de que sea simétrico y no existan irregularidades extremas.



**Figura 8.** Estructuración de vivienda sismorresistente.

Fuente: Creado por el autor.

### 3.3. Predimensionamiento.

Este proceso es una etapa preliminar en el análisis y diseño de una estructura y tiene como objetivo establecer valores aproximados de dimensiones, como anchos, alturas, espesores y longitudes, con el fin de estimar el comportamiento y la capacidad de carga de la estructura de manera rápida y eficiente.

#### 3.3.1. Predimensionamiento de columnas.

Para este procedimiento se utilizó el criterio planteado por el ing. Ricardo Oviedo Sarmiento [5], de su libro denominado “Diseño de edificaciones de concreto armado”, cuya fórmula para predimensionar es la siguiente.

$$A. \text{ col} = \frac{\gamma \cdot P_g}{n \cdot f'c}$$

Donde:

A.col: sección de columna

y, n: factores de ubicación

Pg: carga por gravedad

f'c: resistencia a la compresión del concreto

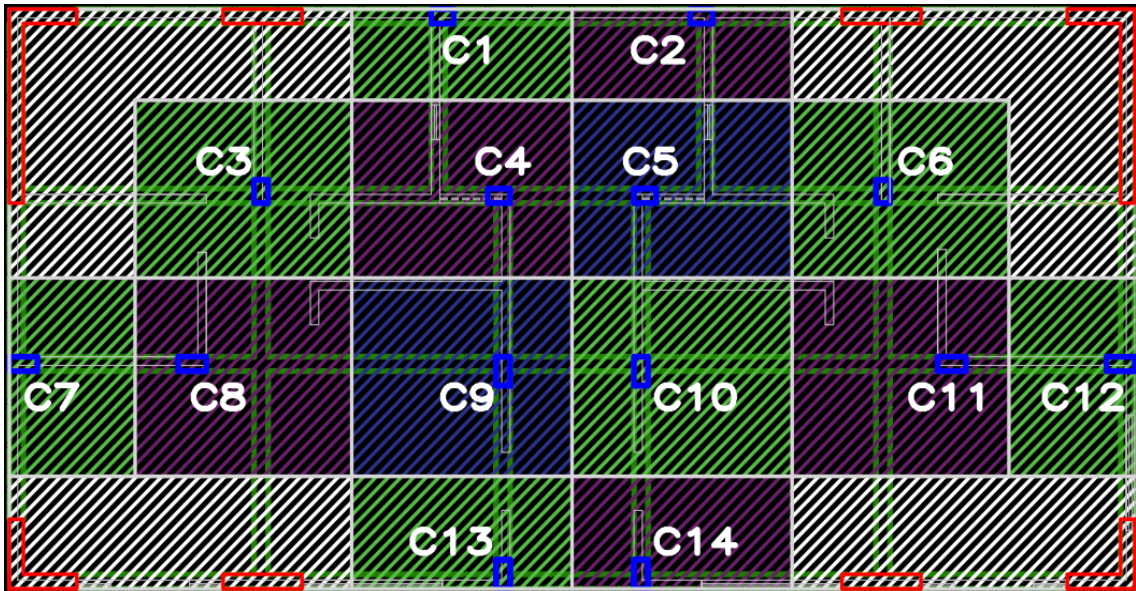
**Tabla 1.** Factores para el predimensionamiento de columnas

TIPO DE COLUMNA	y	n
CENTRAL	1.10	0.30
PERIMETRAL	1.25	0.25
ESQUINA	1.50	0.20

Fuente: Studocu.

<https://www.studocu.com/pt-br/document/faculdade-meridional-imed/processo-civil/431616356-3-predimensionamiento-pdf/21493610>

Consideramos en la **Figura 9**, la distribución de áreas tributarias, para continuar con el metrado de cargas que soportara cada columna.



**Figura 9.** Distribución de áreas tributarias

Fuente: Creado por el autor.

### 3.3.1.1. Metrado de cargas en columnas.

El metrado de cargas vivas y muertas en una edificación es un paso fundamental en el diseño y la ingeniería estructural. Las cargas muertas se refieren al peso propio de los elementos estructurales y de los materiales permanentes, mientras que las cargas vivas corresponden a las cargas variables que actúan sobre la estructura debido a la ocupación humana, mobiliario y otros elementos temporales.

#### **Cargas Muertas:**

Las cargas muertas incluyen el peso de los elementos permanentes de la estructura, como paredes, pisos, columnas, vigas, techos y otros elementos constructivos. Para calcular las cargas muertas,

se requiere conocer las propiedades de los materiales utilizados y las dimensiones de los elementos estructurales.

### Cargas Vivas:

Las cargas vivas son las cargas temporales que pueden variar con el tiempo y dependen de la función y el uso de la edificación. Estas cargas incluyen el peso de las personas, el mobiliario, equipos y cualquier otra carga que sea variable. La normativa peruana E.020 [6] proporcionará valores recomendados para estas cargas en función del tipo de edificación y su uso previsto.

A continuación, se presentará los resultados del metrado de cargas para cada tipo de columna: central y perimetral.

**Tabla 2.** Metrado de cargas en columnas.

<b>COLUMNA C1, PERIMETRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área Tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.92	1.57	-	0.10	-	3.08
P. Tabiquería	5.00	3.92	1.57	-	0.10	-	3.08
P. Losa	5.00	3.92	1.57	-	0.30	-	9.23
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.52	-	2.40	5.28
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	1.32	-	2.40	1.78
Columna	5.00	0.40	0.25	3.00	-	2.40	3.60
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.92	1.57	-	0.20	-	6.15
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>32.20</b>

<b>COLUMNA C2, PERIMETRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área Tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.91	1.57	-	0.10	-	3.07
P. Tabiquería	5.00	3.91	1.57	-	0.10	-	3.07
P. Losa	5.00	3.91	1.57	-	0.30	-	9.21
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.51	-	2.40	5.27
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	1.32	-	2.40	1.78
Columna	5.00	0.40	0.25	3.00	-	2.40	3.60
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.91	1.57	-	0.20	-	6.14
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>32.13</b>

<b>COLUMNA C3, CENTRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg (Tn)
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.85	3.06	-	0.10	-	5.89
P. Tabiquería	5.00	3.85	3.06	-	0.10	-	5.89
P. Losa	5.00	3.85	3.06	-	0.30	-	17.67
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.60	-	2.40	5.40
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	2.66	-	2.40	3.59
Columna	5.00	0.25	0.40	3.00	-	2.40	3.60
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.85	3.06	-	0.20	-	11.78
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>53.82</b>

<b>COLUMNA C4, CENTRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.92	3.06	-	0.10	-	6.00
P. Tabiquería	5.00	3.92	3.06	-	0.10	-	6.00
P. Losa	5.00	3.92	3.06	-	0.30	-	17.99
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.52	-	2.40	5.28
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	2.81	-	2.40	3.79
Columna	5.00	0.40	0.25	3.00	-	2.40	3.60
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.92	3.06	-	0.20	-	12.00
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>54.66</b>

<b>COLUMNA C5, CENTRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.91	3.06	-	0.10	-	5.98
P. Tabiquería	5.00	3.91	3.06	-	0.10	-	5.98
P. Losa	5.00	3.91	3.06	-	0.30	-	17.95
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.51	-	2.40	5.27
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	2.81	-	2.40	3.79
Columna	5.00	0.40	0.25	3.00	-	2.40	3.60
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.91	3.06	-	0.20	-	11.96
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>54.53</b>

<b>COLUMNA C6, CENTRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.86	3.06	-	0.10	-	5.91
P. Tabiquería	5.00	3.86	3.06	-	0.10	-	5.91
P. Losa	5.00	3.86	3.06	-	0.30	-	17.72
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.61	-	2.40	5.42
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	2.66	-	2.40	3.59
Columna	5.00	0.25	0.40	3.00	-	2.40	3.60
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.86	3.06	-	0.20	-	11.81
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>53.95</b>

<b>COLUMNA C7, PERIMETRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	2.24	3.43	-	0.10	-	3.84
P. Tabiquería	5.00	2.24	3.43	-	0.10	-	3.84
P. Losa	5.00	2.24	3.43	-	0.30	-	11.52
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	1.74	-	2.40	2.61
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	3.18	-	2.40	4.29
Columna	5.00	0.50	0.25	3.00	-	2.40	4.50
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	2.24	3.43	-	0.20	-	7.68
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>38.29</b>

<b>COLUMNA C8, CENTRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.85	3.43	-	0.10	-	6.60
P. Tabiquería	5.00	3.85	3.43	-	0.10	-	6.60
P. Losa	5.00	3.85	3.43	-	0.30	-	19.81
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.35	-	2.40	5.03
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	3.18	-	2.40	4.29
Columna	5.00	0.50	0.25	3.00	-	2.40	4.50
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.85	3.43	-	0.20	-	13.21
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>60.04</b>

<b>COLUMNA C9, CENTRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.92	3.43	-	0.10	-	6.72
P. Tabiquería	5.00	3.92	3.43	-	0.10	-	6.72
P. Losa	5.00	3.92	3.43	-	0.30	-	20.17
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.67	-	2.40	5.51
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	2.93	-	2.40	3.96
Columna	5.00	0.25	0.50	3.00	-	2.40	4.50
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.92	3.43	-	0.20	-	13.45
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>61.02</b>

<b>COLUMNA C10, CENTRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.91	3.43	-	0.10	-	6.71
P. Tabiquería	5.00	3.91	3.43	-	0.10	-	6.71
P. Losa	5.00	3.91	3.43	-	0.30	-	20.12
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.66	-	2.40	5.49
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	2.93	-	2.40	3.96
Columna	5.00	0.25	0.50	3.00	-	2.40	4.50
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.91	3.43	-	0.20	-	13.41
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>60.89</b>

<b>COLUMNA C11, CENTRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.86	3.43	-	0.10	-	6.62
P. Tabiquería	5.00	3.86	3.43	-	0.10	-	6.62
P. Losa	5.00	3.86	3.43	-	0.30	-	19.86
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.36	-	2.40	5.04
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	3.18	-	2.40	4.29
Columna	5.00	0.50	0.25	3.00	-	2.40	4.50
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.86	3.43	-	0.20	-	13.24
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>60.17</b>

<b>COLUMNA C12, PERIMETRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	2.24	3.43	-	0.10	-	3.84
P. Tabiquería	5.00	2.24	3.43	-	0.10	-	3.84
P. Losa	5.00	2.24	3.43	-	0.30	-	11.52
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	1.74	-	2.40	2.61
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	3.18	-	2.40	4.29
Columna	5.00	0.50	0.25	3.00	-	2.40	4.50
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	2.24	3.43	-	0.20	-	7.68
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>38.29</b>

<b>COLUMNA C13, PERIMETRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.92	1.94	-	0.10	-	3.80
P. Tabiquería	5.00	3.92	1.94	-	0.10	-	3.80
P. Losa	5.00	3.92	1.94	-	0.30	-	11.41
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.67	-	2.40	5.51
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	1.44	-	2.40	1.94
Columna	5.00	0.25	0.50	3.00	-	2.40	4.50
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.92	1.94	-	0.20	-	7.60
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>38.57</b>

<b>COLUMNA C14, PERIMETRAL</b>							
METRADO DE CARGA MUERTA (CM)							
Descripción	#Pisos	Área tributaria		Long.(m)	Peso (Tn/m2)	Peso (Tn/m3)	Pg
		Eje X	Eje Y				
P. Acabados	5.00	3.91	1.94	-	0.10	-	3.79
P. Tabiquería	5.00	3.91	1.94	-	0.10	-	3.79
P. Losa	5.00	3.91	1.94	-	0.30	-	11.38
Viga Dirección X	5.00	0.25	0.50	3.66	-	2.40	5.49
Viga Dirección Y	5.00	0.25	0.45	1.44	-	2.40	1.94
Columna	5.00	0.25	0.50	3.00	-	2.40	4.50
METRADO DE CARGA VIVA (CV)							
S/C	5.00	3.91	1.94	-	0.20	-	7.59
<b>TOTAL CM+CV</b>							<b>38.48</b>

Fuente: Creado por le autor.

Una vez obtenida el total de carga aplicada Pg (Tn) en cada columna de la edificación, efectuamos los cálculos de predimensionamiento con el criterio planteado por el ing. Ricardo Oviedo Sarmiento, y se presenta la siguiente tabla con las secciones predeterminadas.

**Tabla 3.** Predimensionamiento de columnas

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS							
Columna	Tipo	Pg (Tn)	f'c (Kg/cm2)	Factor de ubicación		Area (cm2)	L (cm)x A (cm)
				y	n		
C1	perimetral	32.20	210	1.25	0.25	766.72	40*25
C2	perimetral	32.13	210	1.25	0.25	765.06	40*25
C3	central	53.82	210	1.10	0.30	939.79	25*40
C4	central	54.66	210	1.10	0.30	954.32	40*25
C5	central	54.53	210	1.10	0.30	952.19	40*25
C6	central	53.95	210	1.10	0.30	941.92	25*40
C7	perimetral	38.29	210	1.25	0.25	911.77	50*25
C8	central	60.04	210	1.10	0.30	1048.27	50*25
C9	central	61.02	210	1.10	0.30	1065.43	25*50
C10	central	60.89	210	1.10	0.30	1063.07	25*50
C11	central	60.17	210	1.10	0.30	1050.63	50*25
C12	perimetral	38.29	210	1.25	0.25	911.77	50*25
C13	perimetral	38.57	210	1.25	0.25	918.23	25*50
C14	perimetral	38.48	210	1.25	0.25	916.26	25*50

Fuente: Creado por el autor.

### 3.3.2. Predimensionamiento de placas.

El espesor de estos elementos está relacionada al número de pisos de la edificación:

**Tabla 4.** Predimensionamiento de placas

N° PISOS	ESPESOR
N° < 5	e=20cm
5 <= N° < 10	e=25cm
10 < =N° < 15	e=30cm

Fuente: Creado por el autor.

Para nuestra edificación multifamiliar de 5 pisos, de acuerdo a la tabla consideramos placas con un espesor de e=25cm.

### 3.3.3. Predimensionamiento de vigas.

Para este procedimiento se utilizan las siguientes formulas:

#### Vigas principales

$$h = \frac{LL}{9 - 12}$$

### **Vigas secundarias**

$$h = \frac{LL}{14}$$

El ancho de la viga es calculado por la siguiente expresión:  $b = 0.3 - 0.5(h)$ . Además, la norma E.060 nos indica que las vigas deben tener un  $b_{min}=25cm$ .

Para nuestra edificación multifamiliar y realizado los cálculos correspondientes se tiene:

### **Vigas principales**

$$h = \frac{5.15}{11} = 0.47 \cong 0.50 \text{ m}$$

$$b = 0.5(0.50) = 0.25 \text{ m}$$

Con la finalidad de uniformizar estructuramos la edificación con vigas principales VP 0.25m x 0.50m.

### **Vigas secundarias**

$$h = \frac{6.40}{14} = 0.457 \cong 0.45 \text{ m}$$

$$b = 0.5(0.45) = 0.225 \cong 0.25 \text{ m}$$

Con la finalidad de uniformizar estructuramos la edificación con vigas secundarias VS 0.25m x 0.45m.

### **3.3.4. Predimensionamiento de losas.**

#### **Losa aligerada**

Para este procedimiento se utiliza la siguiente formula:

$$h = \frac{LL}{25}$$

En el proyecto aplicamos este criterio para la luz libre más crítica y obtenemos lo siguiente:

$$h = \frac{3.50}{25} = 0.14 \cong 0.20m$$

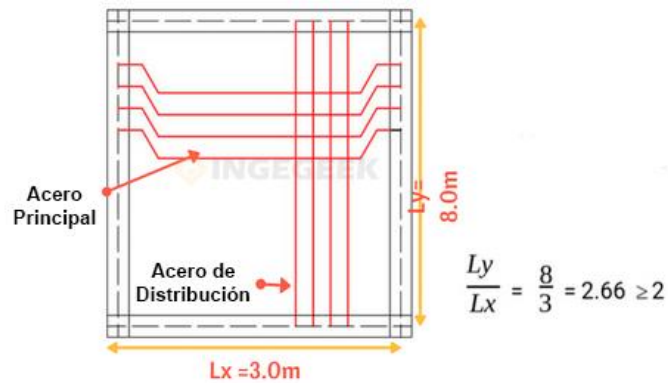
#### **Losa maciza**

Para este procedimiento se utiliza la siguiente formula:

$$h = \frac{LL}{40}$$

En primer lugar, verificamos si nuestro elemento estructural se comportara como una losa maciza unidireccional o bidireccional, en la cual se tiene los siguientes criterios para ambos casos:

### Losa unidireccional:

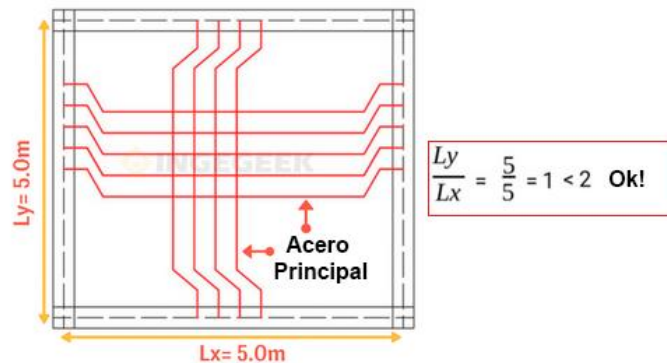


**Figura 10.** Criterio de losa unidireccional

Fuente: Inge geek

<https://www.ingegeek.site/2022/10/04/diferencias-entre-losa-unidireccional-y-losa-bidireccional/>

### Losa bidireccional:



**Figura 11.** Criterio de losa bidireccional

Fuente: Inge geek

<https://www.ingegeek.site/2022/10/04/diferencias-entre-losa-unidireccional-y-losa-bidireccional/>

En la estructuración de la edificación contamos con 3 paños con medidas siguientes:

1° paño:  $L_x = 2.20\text{ m}$ ,  $L_y = 0.45\text{ m}$ .

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{0.45}{2.20} = 0.20 < 2$$

2° paño:  $L_x = 2.20\text{ m}$ ,  $L_y = 3.50\text{ m}$ .

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3.50}{2.20} = 1.59 < 2$$

3° paño:  $L_x = 2.20\text{ m}$ ,  $L_y = 2.65\text{ m}$ .

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{2.65}{2.20} = 1.20 < 2$$

Se verifica que se predimensionara como una losa bidireccional, en la que el espesor se calculara con la luz libre más crítica.

$$h = \frac{3.50}{40} = 0.09 \cong 0.15\text{ m}$$

### 3.4. Cálculo de cargas de la edificación.

Se calcularán de acuerdo a lo especificado en la norma E.020 según el tipo y uso previsto.

**Tabla 5.** Cargas según norma E.020

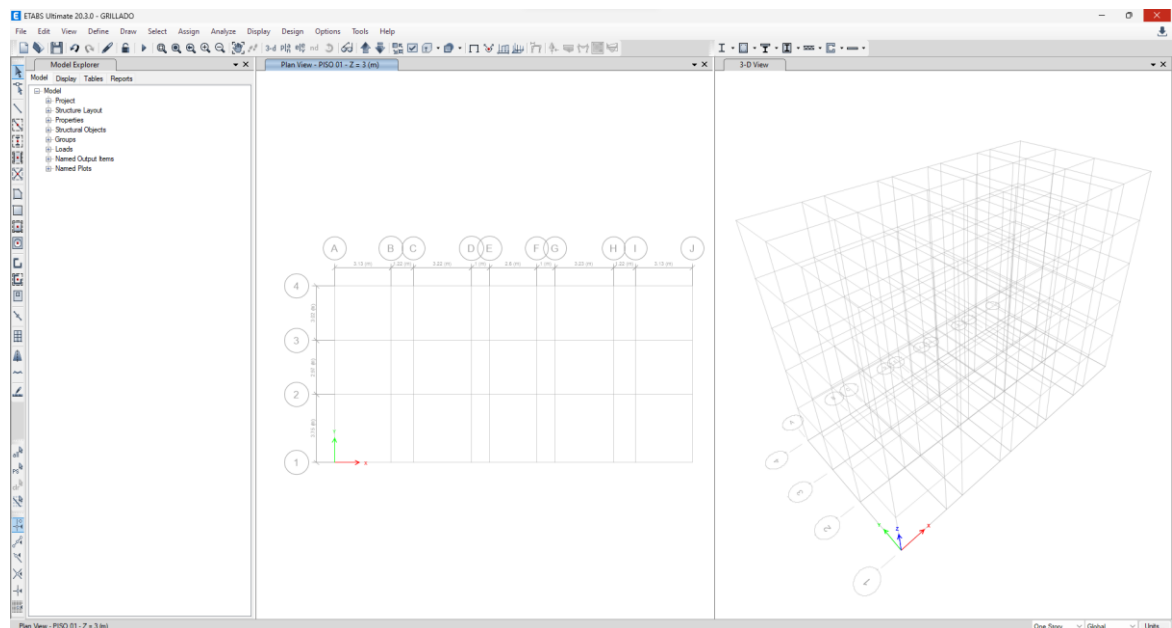
<b>CARGAS</b>		
<b>CARGA VIVA O SOBRECARGA</b>		
PISO N°	DESCRIPCION	q (kg/m <sup>2</sup> )
<b>01</b>	Salas, cuartos	200
	Corredores y escaleras	400
<b>02</b>	Salas, cuartos	200
	Corredores y escaleras	400
<b>03</b>	Salas, cuartos	200
	Corredores y escaleras	400
<b>04</b>	Salas, cuartos	200
	Corredores y escaleras	400
<b>05</b>	Salas, cuartos	200
	Corredores y escaleras	400
<b>CARGA MUERTA</b>		
PISO N°	DESCRIPCION	q (kg/m <sup>2</sup> )
<b>01</b>	P.p aligerado h=20cm	300
	Acabados	100
	Tabiquería movil	100
<b>02</b>	P.p aligerado h=20cm	300
	Acabados	100
	Tabiquería movil	100
<b>03</b>	P.p aligerado h=20cm	300
	Acabados	100
	Tabiquería movil	100
<b>04</b>	P.p aligerado h=20cm	300
	Acabados	100
	Tabiquería movil	100
<b>05</b>	P.p aligerado h=20cm	300
	Acabados	100
	Tabiquería movil	100

Fuente: Creado por el autor.

### 3.5. Modelamiento estructural.

El modelamiento estructural se realizará mediante el software estructural Etabs Ultimate 20.3.0.

Grillado:



**Figura 12.** Modelación de grillas en etabs.  
Fuente: Software ETABS.

Los elementos que se definirán en el modelamiento son los que se obtuvieron producto del predimensionamiento de elementos estructurales, tales como: columnas, vigas principales, vigas secundarias, placas, losa aligerada y losa maciza.

#### 3.5.1. Propiedades de los materiales.

##### 3.5.1.1. Concreto.

- a) Resistencia a la compresión,  $f'c$  (kg/cm<sup>2</sup>)

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

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

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

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

- b) Peso específico, P.e (kg/m<sup>3</sup>)

P.e = 2400 kg/m<sup>3</sup>

- c) Módulo de elasticidad

$$E_c (\text{concreto}) = 15000\sqrt{f'c} = 15000\sqrt{210} = 217,370.6512 \text{ kg/cm}^2$$

- d) Relación de poisson

$$u(\text{concreto}) = 0.20$$

##### 3.5.1.2. Acero.

- a) Módulo de elasticidad

$$E_c(\text{acero}) = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

- b) Peso específico  
P. e = 7800 kg/m<sup>3</sup>
- c) Esfuerzo de fluencia  
Fy(acero) = 4200 kg/cm<sup>2</sup>
- d) Relación de poisson  
u(acero) = 0.30

### 3.5.2. Creación de las propiedades de los materiales.

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: CONCRETO F'C=210 KG/CM2

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 244.732 kgf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 2173706512 kgf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 905711046.64 kgf/m<sup>2</sup>

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data...      Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

**Modulus of Rupture for Cracked Deflections**

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

OK      Cancel

**Figura 13.** Inserción de propiedades del concreto en etabs.  
Fuente: Software ETABS.

**E** Material Property Data X

---

**General Data**

Material Name: ACERO CORRUGADO GRADO 60

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: [Color Swatch] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

---

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7800 kgf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 795.379 kgf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

---

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 20000000000 kgf/m<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

---

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

---

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data...      Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

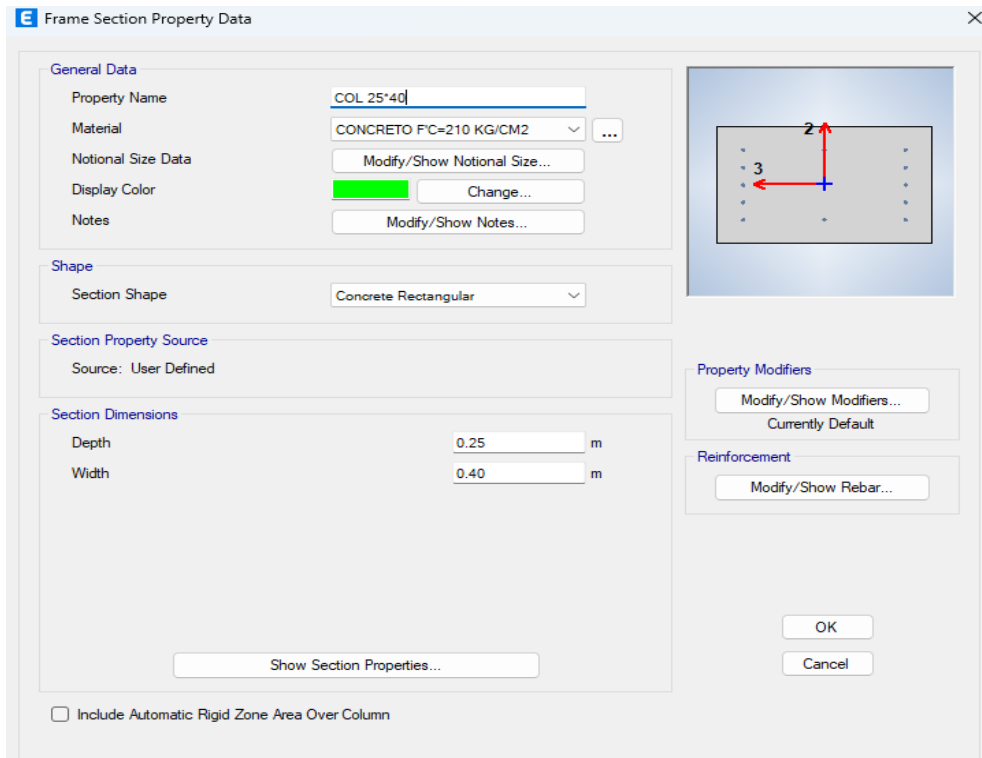
---

OK      Cancel

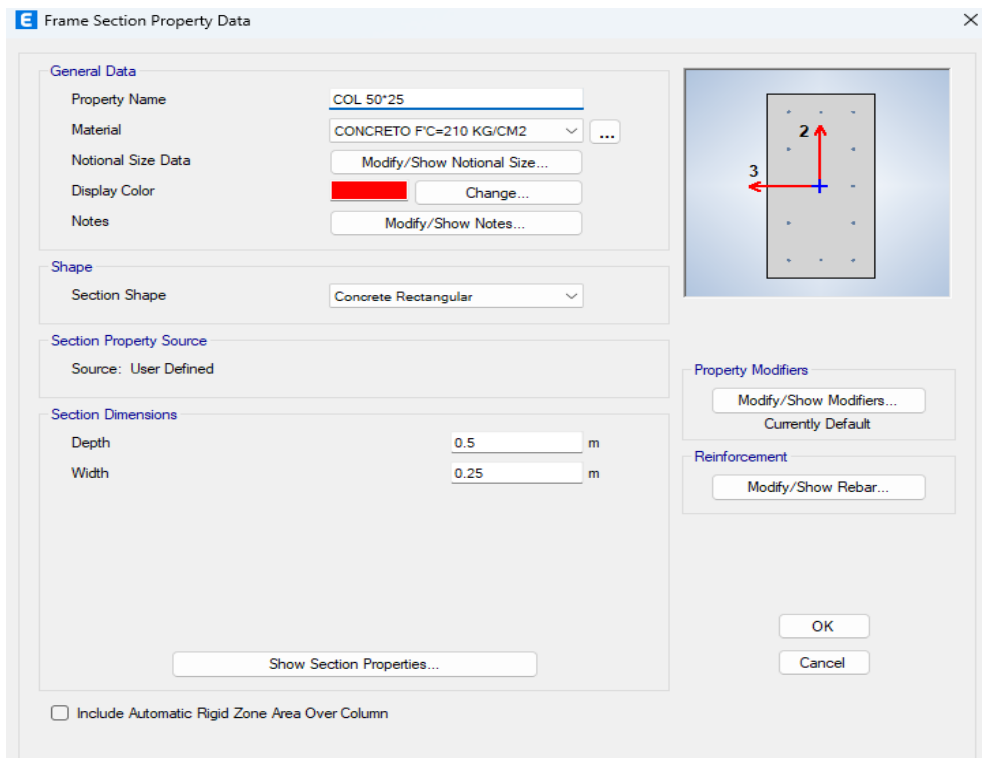
**Figura 14.** Inserción de propiedades del acero en etabs.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.5.3. Creación de las secciones de concreto.

#### Columnas



**Figura 15.** Creación de sección de columna 0.25m x 0.40m.  
Fuente: Software ETABS.



**Figura 16.** Creación de sección de columna 0.50m x 0.25m.  
Fuente: Software ETABS.

## Vigas principales

Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: VP 25'50

Material: CONCRETO F'c=210 KG/CM2

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

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.50 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK  
Cancel

**Figura 17.** Creación de sección de viga principal 0.25m x 0.50m.  
Fuente: Software ETABS.

## Vigas secundarias

Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: VS 25'45

Material: CONCRETO F'c=210 KG/CM2

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

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.45 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK  
Cancel

**Figura 18.** Creación de sección de viga secundaria 0.25m x 0.45m.  
Fuente: Software ETABS.

## Placas

Wall Property Data

General Data

Property Name: PLACA 25 CM

Property Type: Specified

Wall Material: CONCRETO F'c=210 KG/CM2

Modeling Type: Shell-Thin

Thickness: 0.25 m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall:

**Figura 19.** Creación de placa de 0.25m.  
Fuente: Software ETABS.

## Losa aligerada

Slab Property Data

General Data

Property Name: LOSA ALIGERADA

Slab Material: CONCRETO F'c=210 KG/CM2

Modeling Type: Membrane

Use Special One-Way Load Distribution:

Property Data

Type: Slab

Thickness: 0.0001 m

**Figura 20.** Creación de losa aligerada en una dirección.  
Fuente: Software ETABS.

## Losa maciza

Slab Property Data

**General Data**

Property Name: LOSA MACIZA

Slab Material: CONCRETO F'c=210 KG/CM2

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

Modeling Type: Membrane

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

Display Color: [Pink Swatch] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Use Special One-Way Load Distribution

**Property Data**

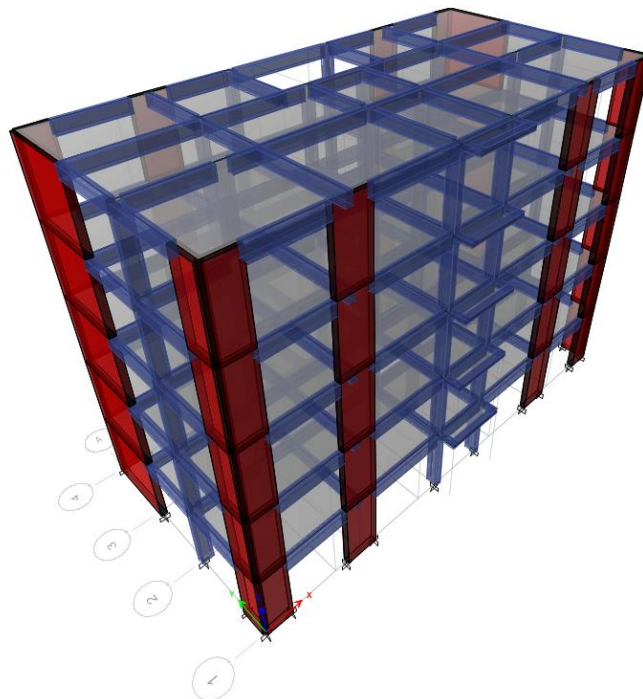
Type: Slab

Thickness: 0.15 m

OK Cancel

**Figura 21.** Creación de losa maciza en dos direcciones.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.5.4. Vista del modelamiento terminado en el software ETABS.



**Figura 22.** Modelamiento estructural en 3D.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.5.5. Creación de SHELL UNIFORM LOAD SET DATA.

Una vez terminado el modelamiento estructural de la edificación multifamiliar de 5 niveles, se continuará con la asignación de cargas verticales en losas aligeradas, losas macizas y en vigas. Para esto se crearán los sets de carga y/o paquete de cargas “SHELL UNIFORM LOAD SET DATA”, que se aplicarán en los elementos losa del primer al último nivel según corresponda.

The dialog box shows the configuration for a uniform load set. The name is 'SALAS, CUARTOS 1-5 PISO'. The table below lists the load patterns and their values:

Load Pattern	Load Value (kgf/m <sup>2</sup> )
CM	300
CV	200
CM	100

Buttons for 'Add' and 'Delete' are visible to the right of the table. A note at the bottom states: 'Note: Loads are in the gravity direction.' The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom of the dialog.

**Figura 23.** Creación de Shell uniform load set data (salas y cuartos).

Fuente: Software ETABS.

The dialog box shows the configuration for a uniform load set. The name is 'EDORES, ESCALERAS 1-5 PISO'. The table below lists the load patterns and their values:

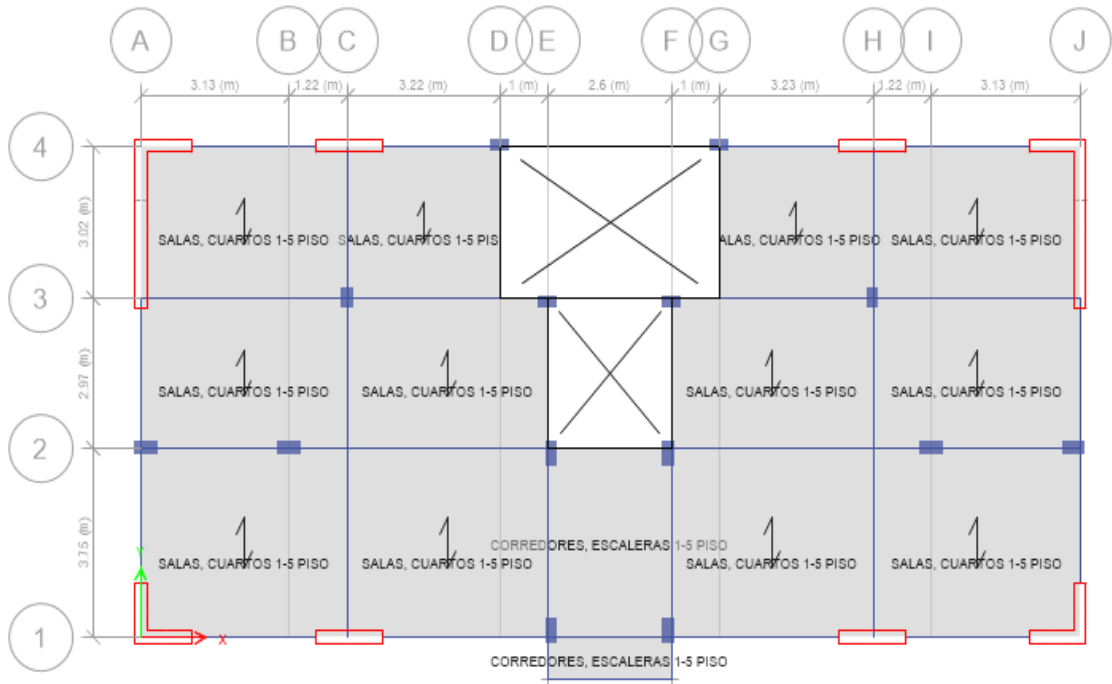
Load Pattern	Load Value (kgf/m <sup>2</sup> )
CV	400
CM	100

Buttons for 'Add' and 'Delete' are visible to the right of the table. A note at the bottom states: 'Note: Loads are in the gravity direction.' The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom of the dialog.

**Figura 24.** Creación de Shell uniform load set data (corredores y escaleras).

Fuente: Software ETABS.

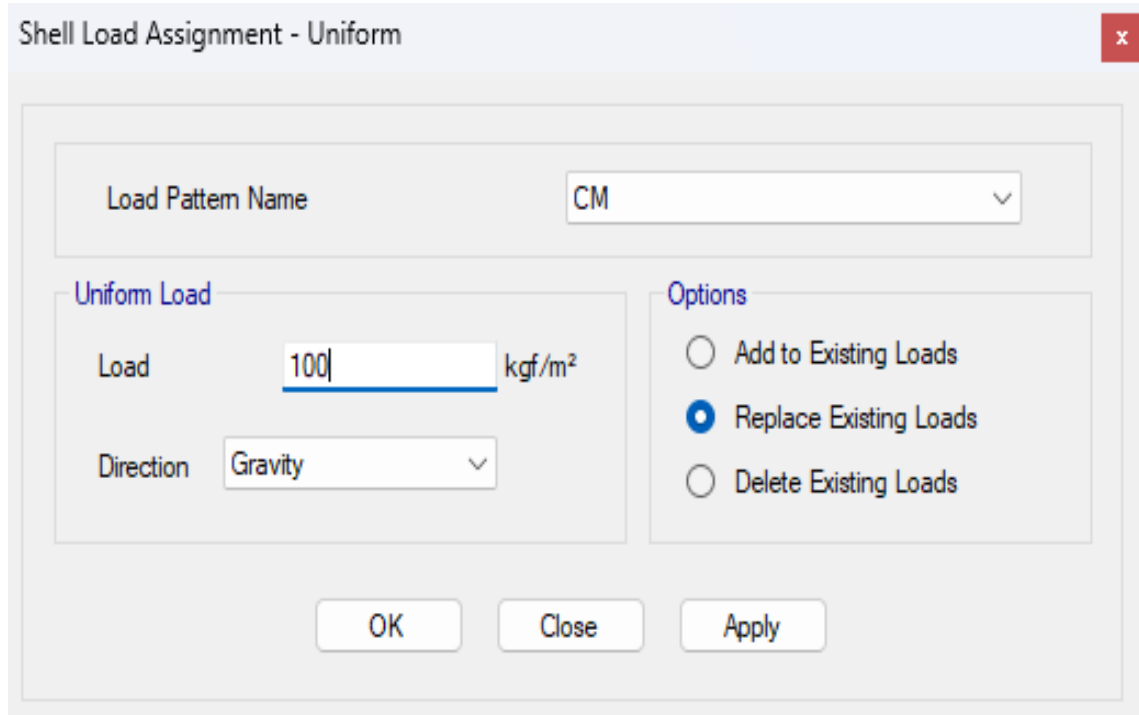
### 3.5.6. Asignación de SHELL UNIFORM LOAD SET DATA.



**Figura 25.** Asignación de shell uniform load set data (1-5 piso).  
Fuente: Software ETABS.

### 3.5.7. Asignación de SHELL LOAD.

Se está considerando la asignación de carga muerta (CM) de 100 kg/m<sup>2</sup>, para áreas de losas donde se proyectarán muros tabique dentro del paño.



**Figura 26.** Asignación de shell load para tabiquería.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.5.8. Asignación de FRAME LOAD.

Para la tabiquería que se apoyara en las vigas principales y secundarias, se aplicara una carga uniformemente distribuida por metro lineal de viga.

Para calcular la carga aplicada se tomará el valor del peso unitario de la unidad de albañilería cocida hueca indicado en la norma E.020; cuyo valor corresponde a 1,350.00 Kg/m<sup>3</sup>.

#### Vigas principales:

$$q = 1,350.00 * 2.50 * 0.15 = 506.25 \text{ kg/m}$$

#### Vigas secundarias:

$$q = 1,350.00 * 2.55 * 0.15 = 516.38 \text{ kg/m}$$

Estas cargas “q” solo se aplicarán del 1er al 4to piso, en el 5to piso la carga “q” tendrá un valor igual a cero, de tal modo que no existe proyección para un sexto nivel de edificación.

The screenshot shows the 'Frame Load Assignment - Distributed' dialog box. The 'Load Pattern Name' is 'CM'. Under 'Load Type and Direction', 'Forces' is selected and 'Gravity' is chosen for the direction. Under 'Options', 'Replace Existing Loads' is selected. The 'Trapezoidal Loads' section has four columns with distances 0, 0.25, 0.75, and 1, and all load values are 0. The 'Uniform Load' section has a load value of 506.25 kg/m. Buttons for 'OK', 'Close', and 'Apply' are at the bottom right.

**Figura 27.** Asignación de frame load en vigas principales.  
Fuente: Software ETABS.

Frame Load Assignment - Distributed

Load Pattern Name: CM

Load Type and Direction:
   
 Forces  Moments
   
 Direction of Load Application: Gravity

Options:
   
 Add to Existing Loads
   
 Replace Existing Loads
   
 Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	0	0	0	0

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

Uniform Load:
   
 Load: 516.38 kgf/m

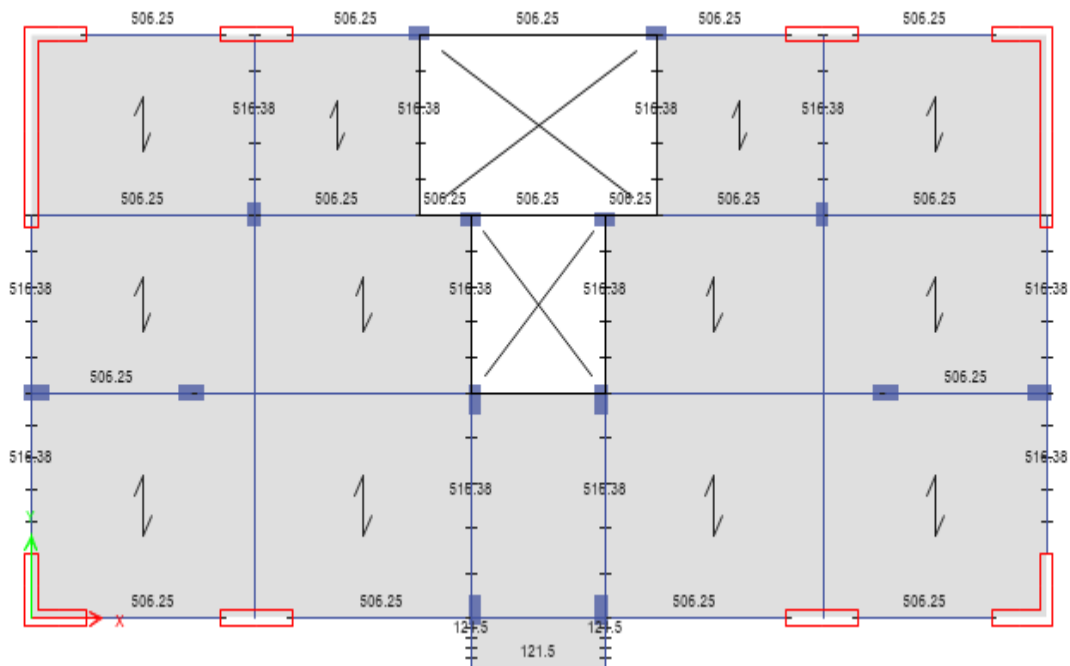
OK Close Apply

**Figura 28.** Asignación de frame load en vigas secundarias.  
Fuente: Software ETABS.

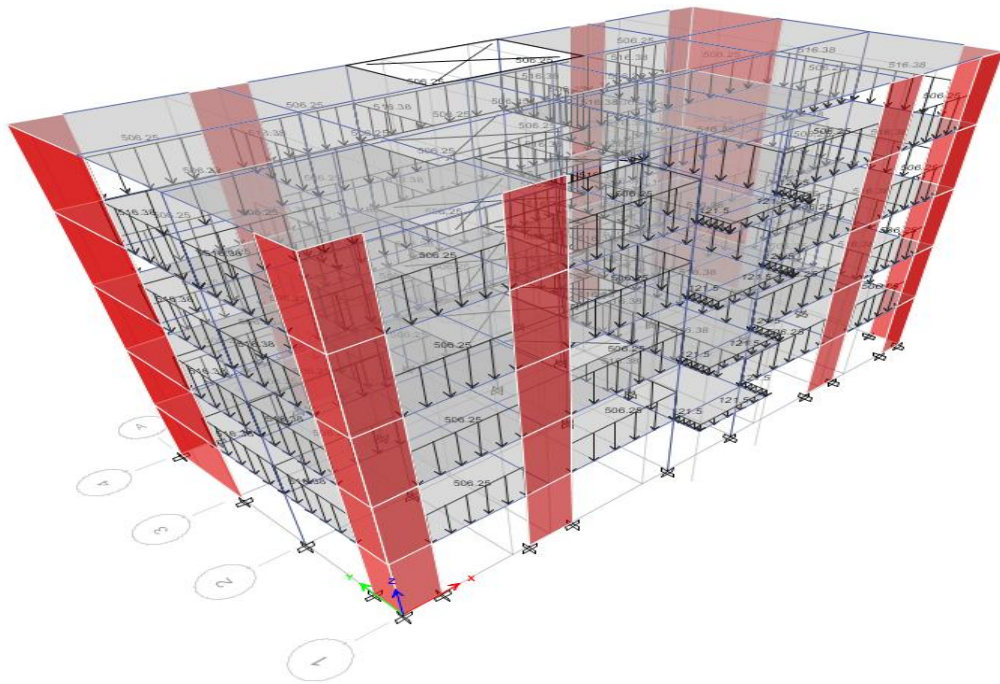
En las vigas en voladizo de la edificación de sección 0.25m x 0.20m, se aplicará una carga

$$q = 1,350.00 * 0.60 * 0.15 = 121.50 \text{ kg/m}$$

para un muro tabique de 0.60m de altura, en la cual se apoyará mamparas de vidrio, tal como se indica en el plano de arquitectura.



**Figura 29.** Vista en planta de asignación de frame load.  
Fuente: Software ETABS.

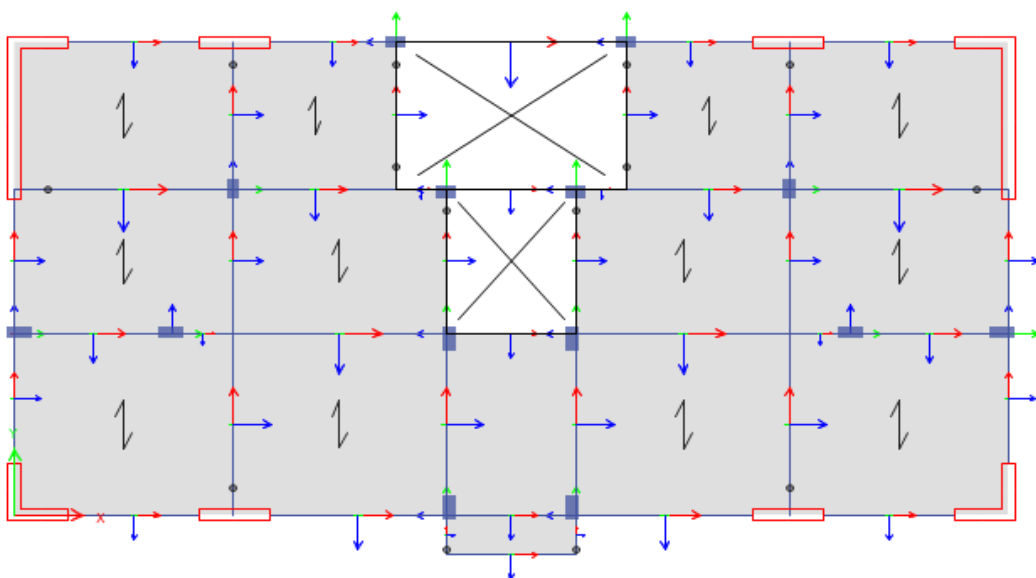


**Figura 30.** Vista en 3D de asignación de frame load.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.5.9. Aplicación de raleases.

El comando "rleases" se refiere a las restricciones o condiciones aplicadas a los extremos de los elementos estructurales, como vigas, para controlar su capacidad de rotación o desplazamiento en una dirección específica.

Se define también como quitar los momentos de empotramiento en vigas que están simplemente apoyadas "vigas sobre vigas" o en vigas que se apoyan en columnas de dimensiones mínimas debido a que no se tendrá un buen desarrollo de longitud del acero y en donde no se generará un momento de empotramiento perfecto.



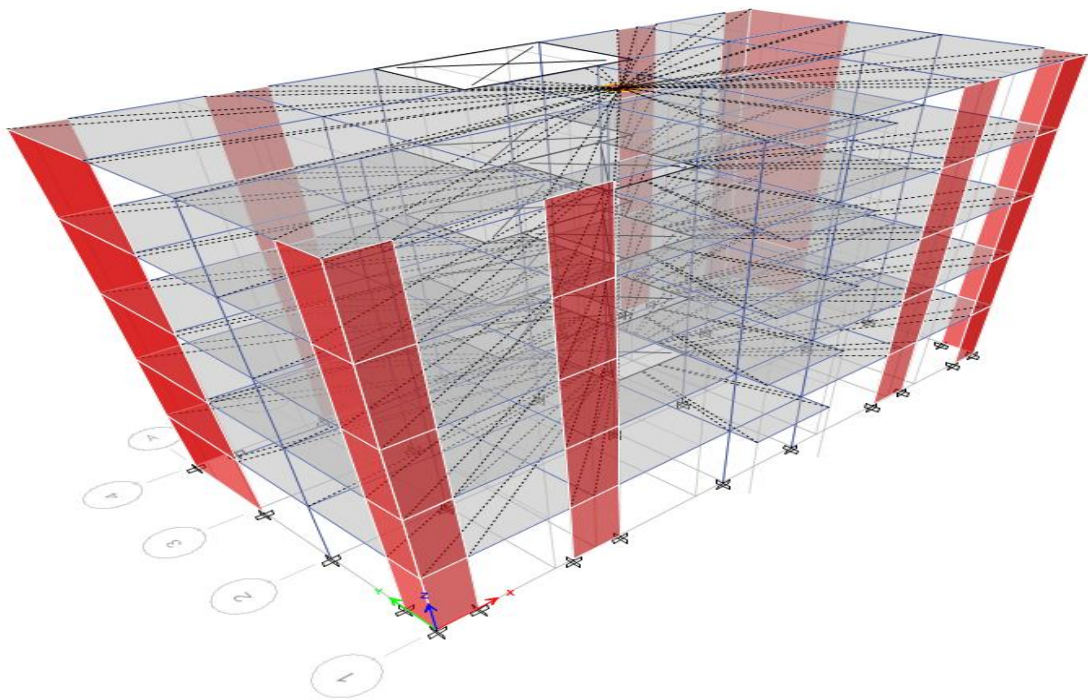
**Figura 31.** Aplicación de releases en vigas.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.5.10. Diafragma rígido.

Se define como uno de los criterios de modelación estructural, donde la losa trabaja como una placa horizontal donde el movimiento de cada nudo dependerá del movimiento del centro de masa, producto de la fuerza sísmica.

La fuerza sísmica deberá ser ubicada únicamente en el centro de masa, y a partir del centro de masa arrastra el resto de puntos en todo su movimiento; a eso se conoce como diafragma rígido. El diafragma rígido se aplicará a cada una de losas de entrepiso con la condición de que las aberturas de entrepiso no superen el 50% de la losa.

Los centros de masa que son los puntos donde se aplicara la fuerza sísmica, deben estar alineados por el eje vertical, para evitar daños en los elementos de corte por torsión diferente en cada piso.



**Figura 32.** Diafragma rígido en vista 3D.

Fuente: Software ETABS.

### 3.6. Análisis sísmico estático.

El análisis sísmico estático es un enfoque utilizado en ingeniería estructural para evaluar el comportamiento de una estructura frente a cargas sísmicas. Aunque es menos preciso que el análisis dinámico, el análisis sísmico estático es más simple y se utiliza comúnmente para estructuras de baja a moderada complejidad.

Mediante este procedimiento pueden analizarse todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1; y para las otras zonas sísmicas puede emplearse este procedimiento para estructuras clasificadas como regulares de no más de 30m de altura, y para estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15m de altura, aun cuando estas sean clasificadas como irregulares.

### 3.6.1. Zonificación.

De acuerdo al mapa de zonificación del Perú indicado en la **figura 33**.



**Figura 33.** Mapa de zonificación del Perú.

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

Ubicamos que el distrito de San Clemente, provincia de Pisco, departamento de Ica; donde se desarrollará la vivienda multifamiliar se encuentra en la zona 4 donde existe alta sismicidad.

Es así, que nuestro factor de zona de acuerdo a la norma E.030-2018, es igual a un factor  $Z = 0.45$ .

### 3.6.2. Factor de uso o importancia.

Para nuestro proyecto a desarrollar, nuestra edificación se clasifica como categoría “C” edificaciones comunes, tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas contaminantes.

Este factor de uso o importancia está indicado en la **figura 34**.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR <i>U</i>
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de *U* es como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

**Figura 34.** Categoría de las edificaciones y factor de uso.

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

Tomamos como dato un valor de  $U = 1.0$  (edificaciones comunes).

### 3.6.3. Parámetros de sitio (S, TP, TL).

#### 3.6.3.1. Factor suelo.

Este factor se definirá como producto de correlacionar el tipo de perfil de suelo encontrado después de realizar un estudio de mecánica de suelos (EMS), siguiendo criterios geotécnicos, a lo indicado en la norma E.050 suelos y cimentaciones [7]; y el tipo de zona donde se proyectará la edificación según el mapa de zonificación sísmica.

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

**Figura 35.** Factor de suelo "S".

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

#### 3.6.3.1.1. Clasificación geotécnica del suelo.

Para las condiciones locales donde se proyecta la edificación, se realizaron tres calicatas o puntos de exploración según la norma técnica E.050 suelos y cimentaciones, para determinar:

- La clasificación del suelo mediante el ensayo de granulometría.
- La densidad de campo por el método de cono de arena.
- El ángulo de fricción y cohesión mediante el ensayo de corte directo.
- El número de golpes mediante el ensayo de penetración dinámica ligera (Dpl).

Se presentará a continuación un perfil estratigráfico para cada calicata para una mejor interpretación de la clasificación geotécnica del suelo según el sistema Sucs y Aashto, mostrando características de color, compacidad, humedad, plasticidad y el espesor de cada estrato.

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
CALICATA N°01				
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	S U C S	A A S H T O
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10		Arena pobremente graduada ligeramente limosa, color beige claro, con condicion parcialmente húmeda y en estado de mediana compacidad. Contiene presencia de salitre, gravas pequeñas redondeadas y angulosas. Este estrato presenta un contenido de humedad natural de 8.24% con una densidad natural de 1.72 gr/cm <sup>3</sup> . Presenta un limite liquido de 25.40%, limite plastico de 22.80% y un indice de plasticidad de 2.60%. Su contenido de finos es de 5.61%.	SP-SM	A-2-4 (0)
1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00		Arena pobremente graduada, no presenta plasticidad, color beige claro, con condicion poca húmeda. Tiene presencia de gravas pequeñas, gravillas y salitre, con un contenido de finos de 2.32%. Presenta un contenido de humedad natural de 4.10% y una densidad igual a 1.67 gr/cm <sup>3</sup> . El angulo de friccion y cohesion para este tipo de suelo calculado con el ensayo de corte directo es de 32.74° y 0.05 respectivamente.	SP	A-1-b (0)
2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		Arena pobremente graduada, no presenta plasticidad, color beige claro, con condicion poca húmeda y en estado de mediana compacidad. Tiene presencia de particulas de gravas redondas y salitre, con un contenido de finos igual a 0.50 %. Presenta un contenido de humedad natural de 3.78%.	SP	A-3 (0)

**Figura 36.** Perfil estratigráfico – Calicata N°01  
Fuente: Creado por el autor

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
CALICATA N°02				
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	S U C S	A A S H T O
0.10	[Patter of dots]	Arena pobremente graduada, no presenta plasticidad, color beige claro, con condicion poca húmeda y en estado de mediana compacidad. Tiene presencia de sales sin lentes de caliche, gravas redondas y angulosas, con un contenido de finos de 3.33%. Además posee un contenido de humedad natural de 4.08%.	SP	A-1-b(0)
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30	[Patter of dots]	Arena pobremente graduada, no presenta plasticidad, color beige claro, con condicion poca húmeda y en estado de mediana compacidad. Tiene presencia de particulas de salitre y gravas redondas y angulosas, con un contenido de finos de 1.11 %. Además posee un contenido de humedad natural de 4.32%.	SP	A-1-b(0)
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10	[Patter of dots]	Arena pobremente graduada, no presenta plasticidad, color beige claro, con condicion poca húmeda y en estado de mediana compacidad. Tiene presencia de particulas de salitre y gravas redondas y angulosas, con un contenido de finos muy bajo de 0.81 %. Además posee un contenido de humedad natural de 3.97%.	SP	A-1-b(0)
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				

**Figura 37.** Perfil estratigráfico – Calicata N°02  
Fuente: Creado por el autor

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
CALICATA N°03				
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	S U C S	A A S H T O
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20		Arena pobremente graduada, no presenta plasticidad, color beige claro, con condicion poca húmeda y en estado de mediana compacidad. Tiene presencia de sales sin lentes de caliche, gravas redondas y angulosas, con un contenido de finos de 2.54%. Ademas posee un contenido de humedad natural de 4.39%.	SP	A-1-b (0)
1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00		Arena pobremente graduada, no presenta plasticidad, color beige claro, con condicion poca húmeda y en estado de mediana compacidad. Tiene presencia de sales sin lentes de caliche, gravas redondas y angulosas, con un contenido de finos de 3.91%. Ademas posee un contenido de humedad natural de 4.28%.	SP	A-3 (0)
2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		Arena pobremente graduada, no presenta plasticidad, color beige claro, con condicion poca húmeda y en estado de mediana compacidad. Tiene presencia de sales sin lentes de caliche, gravas redondas y angulosas, con un contenido de finos de 2.22%. Ademas posee un contenido de humedad natural de 5.25%.	SP	A-1-b (0)

**Figura 38.** Perfil estratigráfico – Calicata N°03  
Fuente: Creado por el autor

### 3.6.3.1.2. Clasificación sísmica del suelo.

Esta clasificación será definida tomando como referencia datos de la clasificación geotécnica y a los datos obtenidos producto del ensayo de penetración dinámica ligera (Dpl) realizadas in situ para calcular el número de golpes en tramos de 10 cm, utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso que cae libremente desde una altura aproximada de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de la resistencia del terreno a la penetración en función del tipo de perfil de suelo.

Los resultados del ensayo de penetración dinámica ligera (N dpl) para diferentes profundidades de análisis nos permitieron calcular mediante un promedio los números de golpes que se requieren para un ensayo N Spt, lo cual están definidas en el capítulo anexos de este proyecto.

Una vez verificadas in situ las condiciones de terreno según la estratigrafía del suelo, a cambios de volumen por humedecimiento o secado, hielo o deshielo, o condiciones de uso de la estructura; se define la profundidad de cimentación a 1.50 m. Para esta profundidad de análisis tenemos un numero de golpes del N Spt para cada punto exploración la cual están definidos en la siguiente tabla.

**Tabla 6.** Resumen del N (SPT) vs clasificación de suelo.

Punto	Profundidad	SUCS	Tipo de suelo	NSPT
DPL-1	1.50 m	SP-SM	Arena Limosa	20
DPL-2	1.50 m	SP	Arena mal graduada	22
DPL-3	1.50 m	SP	Arena mal graduada	20

Fuente: Creado por el autor.

Para la clasificación sísmica del suelo tomamos como referencia la tabla de clasificación de perfiles de suelo indicado en la norma E.030 diseño sismorresistente, la cual presentamos a continuación:

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{S}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

**Figura 39.** Clasificación de los perfiles de suelo.

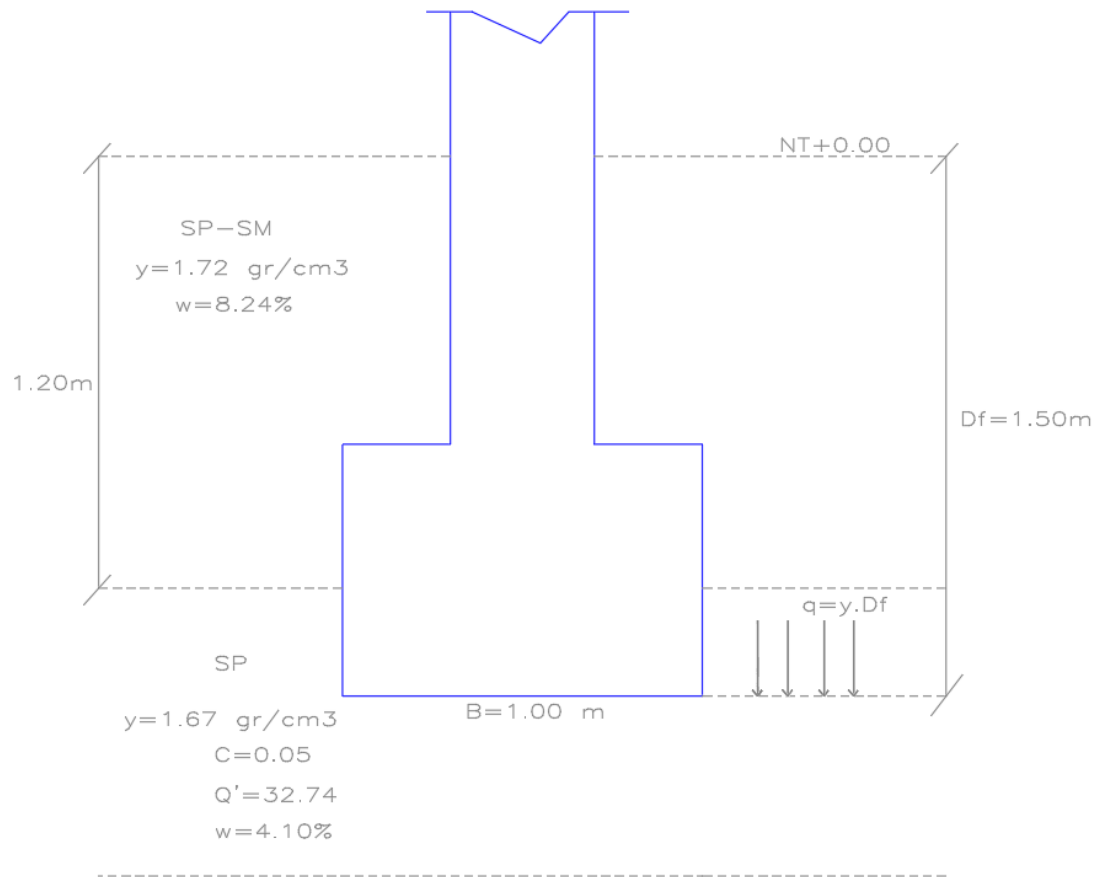
Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

En referencia a las características geotécnicas del suelo, **tabla 6**, y a la **figura 39**, determinamos que nuestro perfil de suelo es del tipo S<sub>2</sub>(suelos intermedios)

Por lo tanto, para determinar nuestro factor suelo correlacionamos el tipo de perfil de suelo ( $S_2$ ) y la zona donde se edificará el proyecto ( $Z_4$ ). Según la **figura 35**, corresponde a un factor  $S=1.05$ .

### 3.6.3.1.3. Capacidad admisible del suelo.

El cálculo de la capacidad admisible del suelo se evaluará con la ecuación de Terzaghi para una zapata corrida de ancho 1.00 m considerando falla local al tener un suelo de mediana compacidad.



**Figura 40.** Sección típica de zapata corrida.

Fuente: Creado por el autor

Según la ecuación de Terzaghi, para zapatas corridas tiene la siguiente formula:

$$q_v = C \cdot N_c + q \cdot N_q + \frac{\gamma \cdot B \cdot N_\gamma}{2}$$

Donde:

$q_v$ : capacidad de carga por rotura del suelo.

C: cohesión.

$N_q$ ,  $N_c$ ,  $N_\gamma$ : factores de capacidad de carga.

q: sobrecarga.

$\gamma$ : peso volumétrico del suelo.

B: ancho de cimentación.

Al evaluar por falla localizada se tiene que corregir los valores de ángulo de fricción y cohesión del suelo donde se apoyara la zapata corrida. Los nuevos valores serán definidos de la siguiente manera:

$$C' = \frac{2}{3}C = \frac{2}{3}(0.05) = 0.033$$

$$\phi' = \arctan\left(\frac{2}{3} \cdot \tan \phi\right) = \arctan\left(\frac{2}{3} \cdot \tan 32.74\right) = 23.27^\circ$$

**Cálculo de factores de capacidad de carga:**

$$Nq' = e^{\pi \cdot \tan \phi'} \cdot \left(\tan\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)\right)^2 = 8.92$$

$$Nc' = (Nq' - 1) \cdot \cot \phi' = 18.45$$

$$Ny' = 2 \cdot (Nq' + 1) \cdot \tan \phi' = 8.53$$

Reemplazando los datos obtenidos en el laboratorio y estos factores de capacidad de carga en la ecuación de terzaghi tenemos:

**Capacidad de carga por rotura del suelo:**

La ecuación corregida por falla local es definida de la siguiente manera:

$$q_v = C' \cdot Nc' + q \cdot Nq' + \frac{\gamma \cdot B \cdot Ny'}{2}$$

Efectuando se tiene:

$$q_v = (33) \cdot (18.45) + ((1.72) \cdot (120) + (1.67) \cdot (30)) \cdot (8.92) + \frac{(1.67) \cdot (100) \cdot (8.53)}{2}$$

$$q_v = 3.61 \text{ kg/cm}^2$$

**Capacidad admisible del suelo:**

Viene definido de la siguiente manera, considerando un factor de seguridad frente a una falla por corte, adoptando el más desfavorable un  $F_s = 3.00$  (para cargas estáticas, según indica la norma E.050 suelos y cimentaciones).

$$q_{adm} = \frac{q_v}{F_s} = \frac{3.61}{3.00} = 1.20 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.6.3.2. Periodos “TP Y TL”.

Se calcularán los periodos mediante la **figura 41**.

Tabla N° 4 PERÍODOS “ $T_p$ ” Y “ $T_L$ ”				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

**Figura 41.** Periodos “TP” y “TL”

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

Para nuestro perfil de suelo S2 “Suelo intermedio”, corresponde los periodos siguientes:

TP: Periodo límite de la meseta = 0.6

TL: Periodo del inicio del comportamiento inelástico del suelo = 2.0

### 3.6.4. Periodo fundamental de vibración.

En la normativa peruana E.030 diseño sismorresistente, se proporciona información sobre cómo determinar el período fundamental de vibración para diferentes tipos de edificaciones y para diferentes sistemas estructurales.

$C_T = 35$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

**Figura 42.** Relación de factor de amplificación sísmica y edificación

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

El periodo fundamental de vibración se estimará con la siguiente expresión, para cada dirección de análisis.

$$T_{x,y} = \frac{hn}{CT}$$

Donde:

hn = 15.00m (altura total de la edificación, considerando 3.00 m por nivel de entrepiso).

CT-x = 60 (muros estructurales)

CT-y = 60 (muros estructurales)

$$T_x = \frac{15.00}{60} = 0.25$$

$$T_y = \frac{15.00}{60} = 0.25$$

### 3.6.5. Factor de amplificación sísmica.

De acuerdo a los parámetros de sitio el factor de amplificación sísmica viene dado por las siguientes condiciones:

$$\begin{array}{ll} T < T_P & C = 2,5 \\ T_P < T < T_L & C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\ T > T_L & C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right) \end{array}$$

**Figura 43.** Factores de amplificación sísmica.

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

$T_{x,y}$ : Periodo fundamental de vibración = 0.25

TP: Periodo límite de la meseta = 0.6

TL: Periodo del inicio del comportamiento inelástico del suelo = 2.0

C: Factor de amplificación sísmica.

Es así, que tanto en la dirección “x” como en la dirección “y”, tenemos un periodo fundamental de vibración de 0.25 seg, que comparado con los periodos TP Y TL, nos resulta un factor de amplificación sísmica igual a:

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

### 3.6.6. Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (R).

El coeficiente de reducción sísmica (R) es una consideración importante en el diseño sísmico de estructuras y está presente en muchas normativas de diseño sísmico.

En el contexto del diseño sísmico, el coeficiente de reducción sísmica (R) se utiliza para reducir las fuerzas sísmicas calculadas en un análisis para tener en cuenta la capacidad inherente de una estructura de disipar energía y deformarse plásticamente durante un terremoto. Esto significa que el coeficiente R refleja la ductilidad y capacidad de absorción de energía de la estructura, lo que puede resultar en fuerzas internas más bajas y deformaciones más controladas durante eventos sísmicos.

El valor de R generalmente depende del tipo de sistema estructural, la capacidad de deformación de los materiales y otros factores de diseño. En algunos casos, se asignan valores de R más bajos a sistemas menos dúctiles, lo que aumenta las fuerzas sísmicas utilizadas en el diseño y puede requerir un diseño más robusto.

El coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas para cada dirección de análisis está en función del sistema estructural utilizado para su estructuración de la edificación.

Para su cálculo, nos basamos en la **figura 44**, que detallamos a continuación:

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

(\*) Estos coeficientes se aplican únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

(\*\*) Para diseño por esfuerzos admisibles.

**Figura 44.** Sistemas estructurales vs coeficiente básico de reducción.

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

Nuestra edificación está compuesta por pórticos y muros estructurales, pero se clasificará con el sistema de muros estructurales debido a que estos elementos absorben más del 70% de la fuerza cortante en la base.

Es así, que, para un sistema estructural de muros estructurales en ambas direcciones, le corresponde un coeficiente básico de reducción igual a:

$$R_0(x) = 6.00$$

$$R_0(y) = 6.00$$

### 3.6.7. Factores de irregularidad.

Los factores de irregularidad se refieren a ciertas características geométricas o de configuración que pueden aumentar el riesgo de daños sísmicos en una edificación. Estas irregularidades pueden afectar la distribución de fuerzas y deformaciones durante un terremoto y, por lo tanto, se tienen en cuenta en las normativas de diseño sísmico para aplicar coeficientes de modificación que ajusten las fuerzas sísmicas a fin de tener en cuenta su efecto.

Las irregularidades que se consideran en la norma peruana E.030 diseño sismorresistente [8], son las irregularidades en altura y planta, la cual se definen de las siguientes imágenes:

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad <i>I<sub>s</sub></i>
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,75
<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p><b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,50
<p><b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p><b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
<p><b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b> Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	0,60

**Figura 45.** Irregularidades estructurales en altura

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<p><b>Irregularidad Torsional</b>            Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).            Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
<p><b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b>            Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).            Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p><b>Esquinas Entrantes</b>            La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p><b>Discontinuidad del Diafragma</b>            La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p><b>Sistemas no Paralelos</b>            Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

**Figura 46.** Irregularidades estructurales en planta

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

### 3.6.7.1. Irregularidades en altura.

a) Irregularidad de rigidez – Piso blando.

Esta irregularidad se evaluará calculando las rigideces laterales por cada nivel de entrepiso y verificar su relación según lo que se indica en la **figura 45**; esta rigidez lateral se determinará como la relación entre la fuerza cortante de entrepiso y el desplazamiento relativo en el centro de masas. Su verificación es para la misma condición de carga y para cualquiera de las direcciones de análisis.

Para esto se exportará del software ETABS, las siguientes tablas de story forces y Diaphragm Center Of Mass Displacements para ambas direcciones de análisis.

#### DIRECCION X-X

**Tabla 7.** Story Forces X-X

TABLE: Story Forces											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
						kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
PISO 05	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	41535.54	4.26	167195.47	12.77	124606.61
PISO 04	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	85905.33	8.91	348836.58	39.49	378425.19
PISO 03	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	118875.17	12.04	483844.16	75.59	728307.28
PISO 02	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	139949.02	13.73	571651.79	116.73	1138863.43
PISO 01	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	148385.07	14.26	608547.39	159.49	1574866.16

Fuente: Software ETABS.

**Tabla 8.** Diaphragm Center Of Mass Displacements X-X

TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements												
Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z
						m	m	rad		m	m	m
PISO 05	D5	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.008728	0.000001	0.000195	13	9.8749	4.7271	15
PISO 04	D4	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.007354	0.000001	0.000152	14	9.8747	4.9206	12
PISO 03	D3	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.005508	0.000001	0.000106	15	9.8747	4.9206	9
PISO 02	D2	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.003269	2.77E-07	0.000058	16	9.8747	4.9206	6
PISO 01	D1	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.001087	8.69E-08	0.000018	17	9.8747	4.9206	3

Fuente: Software ETABS.

**Tabla 9.** Verificación de irregularidad de rigidez – piso blando X-X

DESPLAZAMIENTO RELATIVO ( $\Delta$ )m	RIGIDEZ (Ki) kgf/m	1era Condición (Ia)	2da Condición (Ia)
0.001374	30229650.6550		
0.001846	46535931.7443	1.00	
0.002239	53092974.5422	1.00	
0.002182	64137956.0037	1.00	1.00
0.001087	136508804.0478	1.00	1.00

Fuente: Creado por el autor.

**Estado:** no existe esta irregularidad en la dirección de análisis X-X.

**DIRECCION Y-Y**

**Tabla 10.** Story Forces Y-Y

<b>TABLE: Story Forces</b>											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
						kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
PISO 05	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	3.76	45150.66	445863.67	135451.98	11.28
PISO 04	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	8.27	87324.45	862329.02	393185.21	36.07
PISO 03	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	11.61	115953.17	1145037.09	731471.02	70.84
PISO 02	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	13.6	134180.73	1325032.07	1119815.29	111.52
PISO 01	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	14.26	142377.24	1405970.35	1532481.08	154.22

Fuente: Software ETABS.

**Tabla 11.** Diaphragm Center Of Mass Displacements Y-Y

<b>TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements</b>												
Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z
						m	m	rad		m	m	m
PISO 05	D5	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.009891	3.47E-08	13	9.8749	4.7271	15
PISO 04	D4	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.007497	2.52E-08	14	9.8747	4.9206	12
PISO 03	D3	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.005026	1.62E-08	15	9.8747	4.9206	9
PISO 02	D2	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000000326	0.002694	8.23E-09	16	9.8747	4.9206	6
PISO 01	D1	SYespectro	LinRespSpec	Max		1.08E-07	0.000849	2.37E-09	17	9.8747	4.9206	3

Fuente: Software ETABS.

**Tabla 12.** Verificación de irregularidad de rigidez – piso blando Y-Y

DESPLAZAMIENTO RELATIVO ( $\Delta$ )m	RIGIDEZ (Ki) kgf/m	1era Condición (Ia)	2da Condición (Ia)
0.002394	18859924.8120		
0.002471	35339720.7608	1.00	
0.002332	49722628.6449	1.00	
0.001845	72726682.9268	1.00	1.00
0.000849	167699929.3286	1.00	1.00

Fuente: Creado por el autor.

**Estado:** no existe esta irregularidad en la dirección de análisis Y-Y.

b) Irregularidades de resistencia – piso débil.

Esta irregularidad se evaluará según la **figura 45**, en base a las relaciones de resistencias (que aporta el concreto y el acero para cada elemento estructural) por cada nivel de entrepiso frente a fuerzas cortantes laterales, lo cual su verificación es más exacta en el diseño estructural.

**Estado:** La estructura al tener continuidad de sus elementos verticales en cuanto a su dimensión en todos sus niveles de entrepiso, se da en efecto que no existe dicha irregularidad para ambas direcciones de análisis.

c) Irregularidad extrema de rigidez.

Esta irregularidad extrema se evaluará calculando las rigideces laterales por cada nivel de entrepiso y verificar su relación según lo que se indica en la **figura 45**; esta rigidez lateral se determinará como la relación entre la fuerza cortante de entrepiso y el desplazamiento relativo en el centro de masas. Su verificación es para la misma condición de carga y para cualquiera de las direcciones de análisis.

Para su verificación se tomarán como dato la **tabla 7**. story forces X-X y la **tabla 8**. Diaphragm Center Of Mass Displacements X-X, la **tabla 10**. story forces Y-Y y la **tabla 11**. Diaphragm Center Of Mass Displacements Y-Y, exportadas del software ETABS.

**Tabla 13.** Verificación de irregularidad extrema de rigidez X-X

DESPLAZAMIENTO RELATIVO ( $\Delta$ )m	RIGIDEZ (Ki) kgf/m	1era Condición (Ia)	2da Condición (Ia)
0.001374	30229650.6550		
0.001846	46535931.7443	1.00	
0.002239	53092974.5422	1.00	
0.002182	64137956.0037	1.00	1.00
0.001087	136508804.0478	1.00	1.00

Fuente: Creado por el autor.

**Estado:** no existe esta irregularidad extrema en la dirección de análisis X-X.

**Tabla 14.** Verificación de irregularidad extrema de rigidez Y-Y

DESPLAZAMIENTO RELATIVO ( $\Delta$ )m	RIGIDEZ (Ki) kgf/m	1era Condición (Ia)	2da Condición (Ia)
0.002394	18859924.8120		
0.002471	35339720.7608	1.00	
0.002332	49722628.6449	1.00	
0.001845	72726682.9268	1.00	1.00
0.000849	167699929.3286	1.00	1.00

Fuente: Creado por el autor.

**Estado:** no existe esta irregularidad extrema en la dirección de análisis Y-Y.

d) Irregularidades extrema de resistencia.

Esta irregularidad extrema se evaluará según la **figura 45**, en base a las relaciones de resistencias (que aporta el concreto y el acero para cada elemento estructural) por cada nivel de entrecimiento frente a fuerzas cortantes laterales, lo cual su verificación es más exacta en el diseño estructural.

**Estado:** La estructura al tener continuidad de sus elementos verticales en cuanto a su dimensión en todos sus niveles de entrecimiento, se da en efecto que no existe dicha irregularidad extrema para ambas direcciones de análisis

e) Irregularidad de masa o peso.

Se tiene esta irregularidad según lo indicado en la **figura 45**, donde el peso de la edificación calculado de acuerdo a la norma E.030 diseño sismorresistente es superior a 1.5 veces el peso de un piso adyacente. Esta irregularidad no se aplica en azoteas ni en sótanos. Es así que se tiene los siguientes resultados plasmados en las siguientes tablas indicadas para ambas direcciones de análisis.

#### DIRECCION X-X

**Tabla 15.** Mass Summary by Story X-X

<b>TABLE: Mass Summary by Story</b>					
<b>Story</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>UZ</b>	<b>1era Condicion (Ia)</b>	<b>2da Condicion (Ia)</b>
	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m		
PISO 05	14628.3	14628.3	0		1.00
PISO 04	21200	21200	0	1.00	1.00
PISO 03	21200	21200	0	1.00	1.00
PISO 02	21200	21200	0	1.00	1.00
PISO 01	21200	21200	0	1.00	

Fuente: Software ETABS.

**Estado:** no existe irregularidad en peso en la dirección de análisis X-X.

#### DIRECCION Y-Y

**Tabla 16.** Mass Summary by Story Y-Y

<b>TABLE: Mass Summary by Story</b>					
<b>Story</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>UZ</b>	<b>1era Condicion (Ia)</b>	<b>2da Condicion (Ia)</b>
	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m		
PISO 05	14628.3	14628.3	0		1.00
PISO 04	21200	21200	0	1.00	1.00
PISO 03	21200	21200	0	1.00	1.00
PISO 02	21200	21200	0	1.00	1.00
PISO 01	21200	21200	0	1.00	

Fuente: Software ETABS.

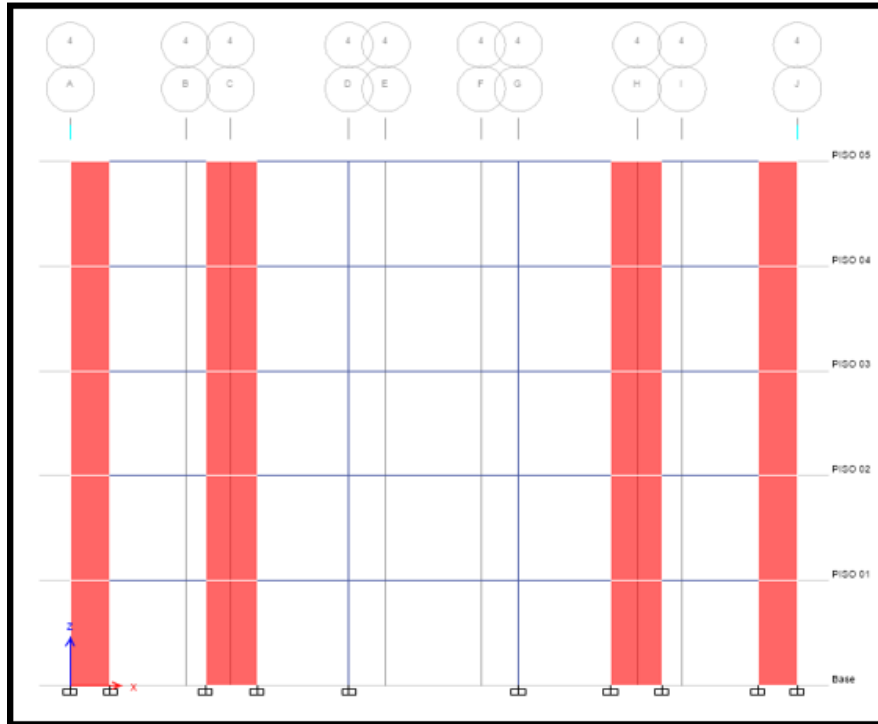
**Estado:** no existe irregularidad en peso en la dirección de análisis Y-Y.

f) Irregularidad geométrica vertical

Se tiene esta irregularidad en cualquiera de las direcciones de análisis, cuando la dimensión en planta de un piso resulta superior a 1.3 veces la correspondiente dimensión de un piso adyacente. Esta irregularidad no se aplica en azoteas ni en sótanos.

**DIRECCION X-X**

**Elevación 4-4**



**Figura 47.** Elevación estructural eje 4-4.  
Fuente: Creado por el autor.

**Tabla 17.** Verificación de irregularidad geométrica vertical X-X

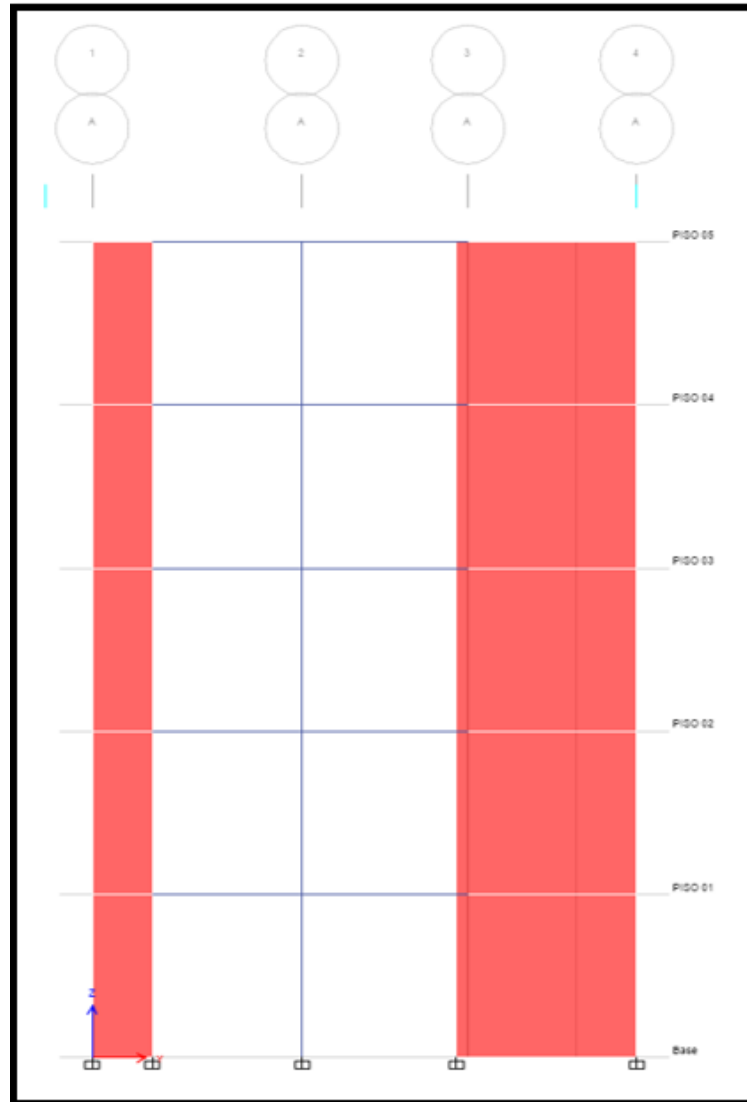
Story	Lx	Ia
PISO 05	20.00	1.00
PISO 04	20.00	1.00
PISO 03	20.00	1.00
PISO 02	20.00	1.00
PISO 01	20.00	1.00

Fuente: Creado por el autor.

**Estado:** no existe irregularidad en la dirección de análisis X-X.

## DIRECCION Y-Y

### Elevación A-A



**Figura 48.** Elevación estructural eje A-A.

Fuente: Creado por el autor.

**Tabla 18.** Verificación de irregularidad geométrica vertical Y-Y

Story	Ly	Ia
PISO 05	10.00	1.00
PISO 04	10.00	1.00
PISO 03	10.00	1.00
PISO 02	10.00	1.00
PISO 01	10.00	1.00

Fuente: Creado por el autor.

**Estado:** no existe irregularidad en la dirección de análisis Y-Y.

g) Discontinuidad en los sistemas resistentes.

Según la **figura 45**, existe esta irregularidad cuando hay un desalineamiento vertical de un elemento que resiste más del 10% de la fuerza cortante tanto por un cambio de orientación como un desplazamiento de su eje principal superior al 25% de la correspondiente dimensión del elemento.

**Estado:** no existe esta irregularidad en la estructura debido a la continuidad de todos los elementos estructurales desde el primer nivel de entrepiso hasta el último.

h) Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes.

Esta irregularidad extrema según **figura 45**, es aplicable en estructuras cuando la fuerza cortante de los elementos discontinuos resulta superior al 25% de la fuerza cortante total.

**Estado:** no existe esta irregularidad extrema en la estructura debido a que todos los elementos verticales son continuos.

### 3.6.7.2. Irregularidades en planta.

a) Irregularidad torsional

La irregularidad torsional se presenta cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo de un extremo del edificio en un entrepiso, calculado teniendo en cuenta una excentricidad accidental, supera 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga. Esta condición se aplica únicamente a edificios con diafragmas rígidos y solo si el desplazamiento relativo máximo del entrepiso supera el 50% del desplazamiento permisible (derivadas o límites de distorsión), indicado en la norma E.030 diseño sismorresistente.

Para la verificación de esta irregularidad indicado en la **figura 46**, se exportará la tabla Joint Displacements ambas direcciones de análisis para la misma condición de carga, del software estructural ETABS.

**DIRECCION X-X**

**Tabla 19.** Joint Displacements X-X

<b>TABLE: Joint Displacements</b>												
Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
							m	m	m	rad	rad	rad
PISO 05	2	3	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.007856	0.001921	0.000318	0.000132	0.000329	0.000195
PISO 05	5	21	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.007856	0.001921	0.000318	0.000132	0.000329	0.000195
PISO 05	12	63	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.009569	0.001921	0.000323	0.000144	0.000439	0.000195
PISO 05	15	81	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.009569	0.001921	0.000322	0.000144	0.000439	0.000195
PISO 04	2	2	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.006693	0.001505	0.000349	0.000146	0.000457	0.000152
PISO 04	5	20	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.006693	0.001506	0.000349	0.000146	0.000457	0.000152
PISO 04	12	62	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.008042	0.001505	0.000353	0.000141	0.000584	0.000152
PISO 04	15	80	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.008042	0.001506	0.000353	0.000141	0.000584	0.000152
PISO 03	2	6	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.005046	0.001045	0.000375	0.00016	0.000617	0.000106
PISO 03	5	24	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.005046	0.001045	0.000375	0.00016	0.000617	0.000106
PISO 03	12	66	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.005987	0.001045	0.000372	0.000151	0.000754	0.000106
PISO 03	15	84	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.005987	0.001045	0.000371	0.000151	0.000754	0.000106
PISO 02	2	8	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.003016	0.000571	0.000355	0.000153	0.000691	0.000058
PISO 02	5	26	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.003016	0.000571	0.000355	0.000153	0.000691	0.000058
PISO 02	12	68	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.003531	0.000571	0.000344	0.000144	0.000822	0.000058
PISO 02	15	86	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.003531	0.000571	0.000344	0.000145	0.000822	0.000058
PISO 01	2	10	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.001011	0.000174	0.000256	0.000111	0.000576	0.000018
PISO 01	5	28	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.001011	0.000174	0.000256	0.000111	0.000576	0.000018
PISO 01	12	70	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.001167	0.000174	0.000251	0.000078	0.000667	0.000018
PISO 01	15	88	SX espectro	LinRespSpec	Max		0.001167	0.000174	0.000251	0.000078	0.000667	0.000018

Fuente: Software ETABS.

**Tabla 20.** Desplazamiento ( $\partial$ )

DESPLAZAMIENTO ( $\partial$ )m		
Story	Nudos	
	2,5	12,15
PISO 5	0.007856	0.009569
PISO 4	0.006693	0.008042
PISO 3	0.005046	0.005987
PISO 2	0.003016	0.003531
PISO 1	0.001011	0.001167

DESPLAZAMIENTO RELATIVO ( $\Delta$ )m						
Story	Nudos		Maximo (2,5), (12,15)	Promedio (2,5), (12,15)	1era Condicion (Ip)	2da Condicion (Ip)
	2,5	12,15				
PISO 5	0.001163	0.001527	0.001527	0.001345	1.00	1.00
PISO 4	0.001647	0.002055	0.002055	0.001851	1.00	1.00
PISO 3	0.00203	0.002456	0.002456	0.002243	1.00	0.75
PISO 2	0.002005	0.002364	0.002364	0.0021845	1.00	0.75
PISO 1	0.001011	0.001167	0.001167	0.001089	1.00	1.00

Fuente: Creado por el autor.

**Estado:** no existe irregularidad torsional en la dirección X-X en la estructura debido a que no cumplen las dos condiciones de análisis.

### DIRECCION Y-Y

**Tabla 21.** Joint Displacements Y-Y

TABLE: Joint Displacements												
Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux	Uy	Uz	Rx	Ry	Rz
							m	m	m	rad	rad	rad
PISO 05	2	3	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.009891	0.000998	0.000795	0.000012	3.47E-08
PISO 05	5	21	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.009891	0.000998	0.000795	0.000012	3.47E-08
PISO 05	12	63	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.009891	0.000303	0.000765	0.000001	3.47E-08
PISO 05	15	81	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.009891	0.000303	0.000765	0.000001	3.47E-08
PISO 04	2	2	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.007497	0.001008	0.000806	0.000009	2.52E-08
PISO 04	5	20	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.007498	0.001008	0.000806	0.000009	2.52E-08
PISO 04	12	62	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.007497	0.000311	0.000812	0.000005	2.52E-08
PISO 04	15	80	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.007498	0.000311	0.000812	0.000005	2.52E-08
PISO 03	2	6	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.005025	0.000983	0.000795	0.000025	1.62E-08
PISO 03	5	24	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.005026	0.000983	0.000795	0.000025	1.62E-08

PISO 03	12	66	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.005025	0.0003	0.000814	0.000009	1.62E-08
PISO 03	15	84	SYespectro	LinRespSpec	Max		0.000001	0.005026	0.0003	0.000814	0.000009	1.62E-08
PISO 02	2	8	SYespectro	LinRespSpec	Max		3.12E-07	0.002694	0.000838	0.000687	0.000024	8.23E-09
PISO 02	5	26	SYespectro	LinRespSpec	Max		3.12E-07	0.002694	0.000838	0.000687	0.000024	8.23E-09
PISO 02	12	68	SYespectro	LinRespSpec	Max		3.45E-07	0.002694	0.000249	0.000706	0.000003	8.23E-09
PISO 02	15	86	SYespectro	LinRespSpec	Max		3.45E-07	0.002694	0.000249	0.000706	0.000003	8.23E-09
PISO 01	2	10	SYespectro	LinRespSpec	Max		1.02E-07	0.000849	0.000531	0.000443	0.000041	2.37E-09
PISO 01	5	28	SYespectro	LinRespSpec	Max		1.02E-07	0.000849	0.000531	0.000443	0.000041	2.37E-09
PISO 01	12	70	SYespectro	LinRespSpec	Max		1.14E-07	0.000849	0.000171	0.000501	0.000019	2.37E-09
PISO 01	15	88	SYespectro	LinRespSpec	Max		1.14E-07	0.000849	0.000171	0.000501	0.000019	2.37E-09

Fuente: Software ETABS.

**Tabla 22.** Desplazamiento ( $\partial$ )

DESPLAZAMIENTO ( $\partial$ )m		
Story	Nudos	
	5,15	2,12
PISO 5	0.009891	0.009891
PISO 4	0.007498	0.007497
PISO 3	0.005026	0.005025
PISO 2	0.002694	0.002694
PISO 1	0.000849	0.000849

Fuente: Creado por el autor.

DESPLAZAMIENTO RELATIVO ( $\Delta$ )m						
Story	Nudos		Maximo (5,15), (2,12)	Promedio (5,15), (2,12)	1era Condicion (Ip)	2da Condicion (Ip)
	5,15	2,12				
PISO 5	0.002393	0.002394	0.002394	0.0023935	1.00	0.75
PISO 4	0.002472	0.002472	0.002472	0.002472	1.00	0.75
PISO 3	0.002332	0.002331	0.002332	0.0023315	1.00	1.00
PISO 2	0.001845	0.001845	0.001845	0.001845	1.00	1.00
PISO 1	0.000849	0.000849	0.000849	0.000849	1.00	1.00

**Estado:** no existe irregularidad torsional en la dirección Y-Y en la estructura debido a que no cumplen las dos condiciones de análisis.

b) Irregularidad torsional extrema.

La irregularidad torsional se presenta cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo de un extremo del edificio en un entrepiso, calculado teniendo en cuenta una excentricidad accidental, supera 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga. Esta condición se aplica únicamente a edificios con diafragmas rígidos y solo si el desplazamiento relativo máximo del entrepiso supera el 50% del desplazamiento permisible (derivas o límites de distorsión), indicado en la norma E.030 diseño sismorresistente.

Se verificará esta irregularidad tomando como dato la **tabla 19**. Join Displacements X-X y la **tabla 21**. Join Displacements Y-Y.

**Tabla 23.** Desplazamiento ( $\partial$ )

DESPLAZAMIENTO ( $\partial$ )m		
Story	Nudos	
	2,5	12,15
PISO 5	0.007856	0.009569
PISO 4	0.006693	0.008042
PISO 3	0.005046	0.005987
PISO 2	0.003016	0.003531
PISO 1	0.001011	0.001167

Fuente: Creado por el autor.

DESPLAZAMIENTO RELATIVO ( $\Delta$ )m						
Story	Nudos		Maximo (2,5), (12,15)	Promedio (2,5), (12,15)	1era Condicion (Ip)	2da Condicion (Ip)
	2,5	12,15				
PISO 5	0.001163	0.001527	0.001527	0.001345	1.00	1.00
PISO 4	0.001647	0.002055	0.002055	0.001851	1.00	1.00
PISO 3	0.00203	0.002456	0.002456	0.002243	1.00	0.60
PISO 2	0.002005	0.002364	0.002364	0.0021845	1.00	0.60
PISO 1	0.001011	0.001167	0.001167	0.001089	1.00	1.00

**Estado:** no existe irregularidad torsional extrema en la dirección X-X en la estructura debido a que no cumplen las dos condiciones de análisis.

**Tabla 24.** Desplazamiento ( $\partial$ )

DESPLAZAMIENTO ( $\partial$ )m		
Story	Nudos	
	5,15	2,12
PISO 5	0.009891	0.009891
PISO 4	0.007498	0.007497
PISO 3	0.005026	0.005025
PISO 2	0.002694	0.002694
PISO 1	0.000849	0.000849

DESPLAZAMIENTO RELATIVO ( $\Delta$ )m						
Story	Nudos		Maximo (5,15), (2,12)	Promedio (5,15), (2,12)	1era Condicion (Ip)	2da Condicion (Ip)
	5,15	2,12				
PISO 5	0.002393	0.002394	0.002394	0.0023935	1.00	0.60
PISO 4	0.002472	0.002472	0.002472	0.002472	1.00	0.60
PISO 3	0.002332	0.002331	0.002332	0.0023315	1.00	1.00
PISO 2	0.001845	0.001845	0.001845	0.001845	1.00	1.00
PISO 1	0.000849	0.000849	0.000849	0.000849	1.00	1.00

Fuente: Creado por el autor.

**Estado:** no existe irregularidad torsional extrema en la dirección Y-Y en la estructura debido a que no cumplen las dos condiciones de análisis.

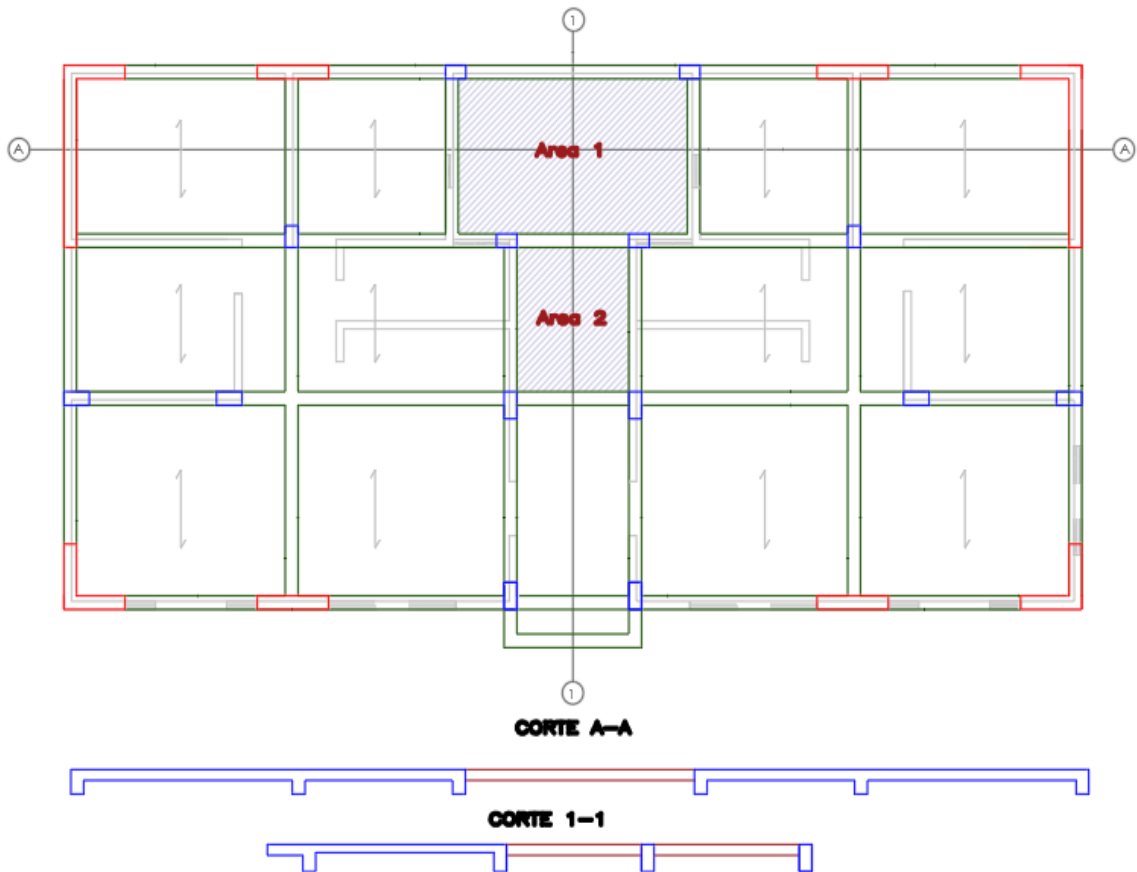
c) Esquinas entrantes.

Se califica como estructura irregular según la **figura 46**, cuando en ambas direcciones de análisis cuentan con esquinas entrantes cuya dimensión supera el 20% de la dimensión total en planta.

**Estado:** no existe esta irregularidad, ya que la estructura no cuenta con esquinas entrantes.

d) Discontinuidad del diafragma.

La estructura se considera irregular en casos en los que los diafragmas presentan cambios bruscos en su rigidez o discontinuidades significativas, lo que incluye la presencia de aberturas que excedan el 50% del área total del diafragma. Asimismo, se clasifica como irregular cuando, en cualquier piso y en cualquiera de las direcciones de análisis, se encuentra alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente inferior al 25% del área total de la sección transversal en la misma dirección, calculada con las dimensiones totales de la planta.



**Figura 49.** Secciones para verificar la discontinuidad del diafragma.  
Fuente: Creado por el autor.

**1era condición:**  $\text{Area 1} + \text{Area 2} > 50\% * \text{Area Total}$

Donde se tiene que  $18.64 \text{ m}^2 > 50\% * 201.89 = 100.95 \text{ m}^2$ .

La primera condición de análisis no cumple.

**2da condición:**

Del corte A-A:

Area neta (azul)  $< 25\% * \text{Area total}(\text{azul} + \text{rojo}) \rightarrow 3.48 \text{ m}^2 < 25\% * 4.38 = 1.10 \text{ m}^2$ .

Del corte 1-1:

Area neta (azul)  $< 25\% * \text{Area total}(\text{azul} + \text{rojo}) \rightarrow 1.17 \text{ m}^2 < 25\% * 2.27 = 0.57 \text{ m}^2$

La segunda condición de análisis no cumple en ambas direcciones.

**Estado:** no existe irregularidad evaluados para ambas condiciones de análisis.

e) Sistemas no paralelos

Se considera esta irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis cuenta con elementos estructurales no paralelos. No aplica si los ejes de estos elementos forman ángulos menores de  $30^\circ$ , ni cuando resistan menos del 10% de la fuerza cortante en el piso.

**Estado:** no existe esta irregularidad debido a que la estructura no cuenta con elementos no paralelos.

### 3.6.8. Restricciones de irregularidad.

De acuerdo a la categoría y zona donde se ubique, la edificación se proyecta respetando las restricciones de irregularidad, tal como se indica en la siguiente figura.

Tabla N° 10 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 edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

**Figura 50.** Restricciones de irregularidad

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

Por lo tanto, para nuestra edificación a proyectar con categoría tipo C y zona 4, no se permiten irregularidades extremas.

### 3.6.9. Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R).

Su cálculo se determinará con la siguiente expresión:

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

Donde:

R: Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

R<sub>o</sub>: Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

I<sub>a</sub>: Irregularidad en altura.

I<sub>p</sub>: Irregularidad en planta.

$$R(x) = 6 * 1.00 * 1.00 = 6.00$$

$$R(y) = 6 * 1.00 * 1.00 = 6.00$$

### 3.6.10. Estimación del peso.

Se calculará el peso adicionando a la carga permanente y/o total de la edificación un porcentaje de carga viva o sobrecarga, que se determinará según la **figura 51**, que se muestra a continuación:

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.

**Figura 51.** Consideraciones de peso sísmico.

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

Nuestro proyecto corresponde a una edificación de categoría C, es así, que se toma el 25% de la carga viva.

**Tabla 25.** Mass Summary by Story

<b>TABLE: Mass Summary by Story</b>				
<b>Story</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>UZ</b>	<b>Peso</b>
	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m	<b>Tn</b>
PISO 05	14628.3	14628.3	0	143.50
PISO 04	21200	21200	0	207.97
PISO 03	21200	21200	0	207.97
PISO 02	21200	21200	0	207.97
PISO 01	21200	21200	0	207.97
Base	2285.18	2285.18	0	22.42
<b>Peso Total</b>				<b>997.80</b>

Fuente: Software ETABS.

Seguidamente se inserta al software ETABS, el valor del coeficiente sísmico que viene dado por:

**Coeficiente sísmico en la dirección X-X e Y-Y.**

$$\text{COEF. SISMICO (x)} = \frac{Z \cdot U \cdot C_x \cdot S}{R_x}$$

$$\text{COEF. SISMICO (x)} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{6.00} = 0.196875$$

$$\text{COEF. SISMICO (y)} = \frac{Z \cdot U \cdot C_y \cdot S}{R_y}$$

$$\text{COEF. SISMICO (x)} = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{6.00} = 0.196875$$

### 3.6.11. Fuerza cortante en la base.

La fuerza cortante total en la base o cortante basal, correspondiente en la dirección considerada se calcula con la siguiente expresión:

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

Se detalla a continuación un resumen de los factores obtenidos para el cálculo de la fuerza cortante en la base:

**Tabla 26.** Parámetros sísmicos.

F. zona (4)	<b>Z</b>	0.45
F. uso (Edificación común)	<b>U</b>	1.00
F. suelo (S2- suelo intermedio)	<b>S</b>	1.05
F. amplificación sísmica	<b>C (x, y)</b>	2.50
Periodo libre de la meseta	<b>TP</b>	0.60
Periodo del inicio del comportamiento inelástico del suelo	<b>TL</b>	2.00
Coef. Reducción básica (Muros estructurales)	<b>Ro (x, y)</b>	6.00
Irregularidad en altura	<b>Ia</b>	1.00
Irregularidad en planta	<b>Ip</b>	1.00
Coef. Reducción de fuerza sísmica	<b>R (x, y)</b>	6.00

Fuente: Creado por el autor.

Se debe cumplir lo siguiente:

$$\frac{C(x,y)}{R(x,y)} \geq 0.11 \rightarrow \frac{2.50}{6.00} = 0.417 \geq 0.11 \quad \text{OK}$$

Reemplazamos los valores y obtenemos:

$$V_x = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{6.00} * 997.80 = 196.44 \text{ Tn}$$

$$V_y = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{6.00} * 997.80 = 196.44 \text{ Tn}$$

### 3.6.12. Distribución de fuerza sísmica en altura.

La distribución de la fuerza sísmica en altura está dada por la siguiente expresión:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

Donde:

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

Siendo:

n: número de pisos del edificio.

K: exponente relacionado con el periodo fundamental en la dirección considerada (T).

- Para T menor o igual a 0.5 segundos: k=1.0
- Para T mayor que 0.5 segundos: k=(0.75+0.5T)≤2.0

Para nuestro desarrollo tenemos:

- Nuestro periodo de vibración fundamental en ambas direcciones de análisis es igual a 0.25 seg, por lo tanto, correspondería un valor k=1.0.
- Las alturas de entrepiso en la edificación son de 3m.
- Los pesos sísmicos por pisos son los que están indicados en la **tabla 25. Mass Summary by Story**.
- La fuerza cortante en la base en ambas direcciones tiene un valor de: V=196.44 Tn.

**Tabla 27.** Distribución de fuerza sísmica en altura

PISOS	ALTURA (m)	P(Tn)*H(m)	COEFICIENTE(α)	FUERZA (Tn)
05 PISO	15.00	2152.50	0.257	50.49
04 PISO	12.00	2495.64	0.297	58.34
03 PISO	9.00	1871.73	0.223	43.81
02 PISO	6.00	1247.82	0.149	29.27
01 PISO	3.00	623.91	0.074	14.54
Sumatoria		8391.60	1.000	196.44

Fuente: Creado por el autor.

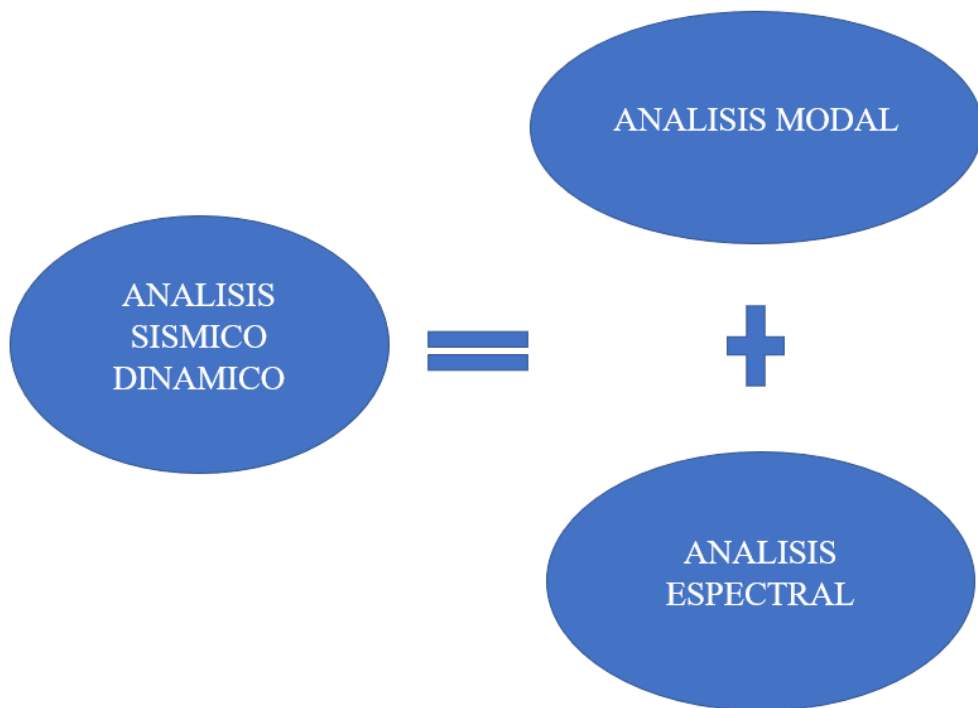
### 3.7. Análisis sísmico dinámico modal espectral.

El análisis sísmico dinámico es un proceso fundamental en la ingeniería estructural para evaluar cómo las estructuras responderán a las cargas sísmicas, es decir, a los movimientos del suelo generados por terremotos. Este análisis es crucial para diseñar edificios y otras estructuras que puedan resistir eficazmente los efectos destructivos de los terremotos y garantizar la seguridad de las personas que los utilizan.

Al aplicar este método, estamos hablando de aquellos resultados que debemos de obtener dentro de un cálculo estructural. Dentro del análisis sísmico dinámico lo que nos interesa son: ¿cuánto es el periodo de vibración?, entendiéndose que el periodo es el tiempo de inversión para realizar un ciclo de movimiento; adicionalmente la norma nos exige un mínimo número de modos donde se supere el 90% de la masa participativa, entonces se tendría que ver cuánto es el número de modos de tal manera que se supere dicho criterio; también nos exige las fuerzas internas de diseño por sismo.

Es así, que el análisis dinámico viene a ser la suma del análisis modal más el análisis espectral, entendiéndose que el análisis sísmico es una perturbación externa que existe, llega a la estructura y lo hace vibrar, excita a la estructura y esta va a tener que disipar la energía. Para la disipación de la energía la estructura va a tener que esforzarse surgiendo las fuerzas necesarias para las fuerzas inerciales de oposición que van a generar lógicamente un diseño sismorresistente de tal manera que tenga un buen comportamiento.

Existen 2 tipos de vibraciones: libre y forzada.



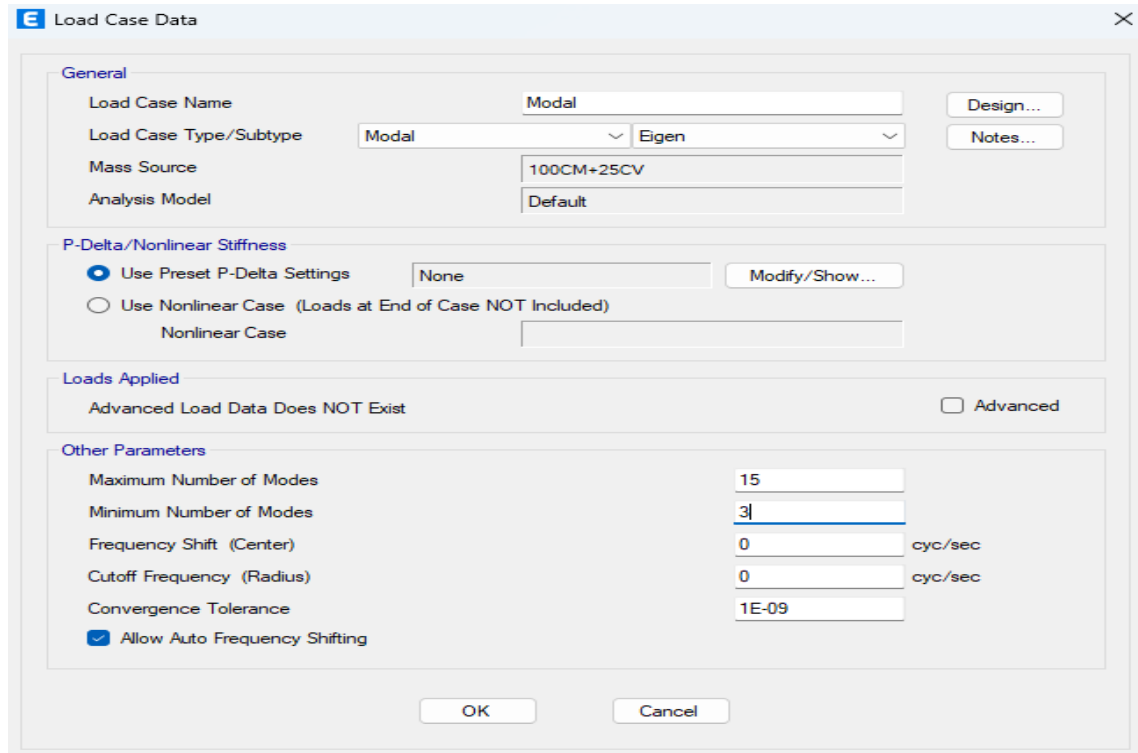
**Figura 52.** Análisis sísmico dinámico  
Fuente: Creado por el autor.

### 3.7.1. Análisis modal

El análisis modal es aquella vibración libre donde no existe perturbación externa, lo único que existe es masa que inducirá al movimiento y rigidez estructural. En este análisis modal se determinará los periodos de vibración y porcentajes de masa participativa.

Para este análisis se consideran un mínimo y máximo número de modos de vibración libre de una estructura.

El mínimo número de modos de vibración principales son las de traslación en X, traslación en Y, y rotación en Z. De tal manera que se considera 3 modos de vibración libre por piso.



**Figura 53.** Aplicación de máx. y min. número de modos de vibración.  
Fuente: Software ETABS.

El número de modos de vibración libre puede variar, con la finalidad de cumplir que la suma de masas efectivas resulte mayor o igual que el 90% de la masa total.

### 3.7.2. Análisis espectral.

La aceleración espectral viene dada por la siguiente expresión:

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

Donde:

S<sub>a</sub>= Aceleración espectral.

Z= Factor de zona sísmica.

U= Factor de uso o importancia.

C= Factor de amplificación sísmica.

S= Factor de suelo.

g= Gravedad.

R= Coeficiente de reducción sísmica.

En relación a la **tabla 26**, el valor del factor de amplificación sísmica C, para este análisis se evalúa en relación a los parámetros de sitio TP y TL, de acuerdo a las condiciones de la **figura 43**.

$$\begin{aligned}
 T < T_P & \quad C = 2,5 \\
 T_P < T < T_L & \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\
 T > T_L & \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)
 \end{aligned}$$

Construimos analíticamente la función periodo vs aceleración espectral en ambas direcciones de análisis, para si inserción en el software ETABS.

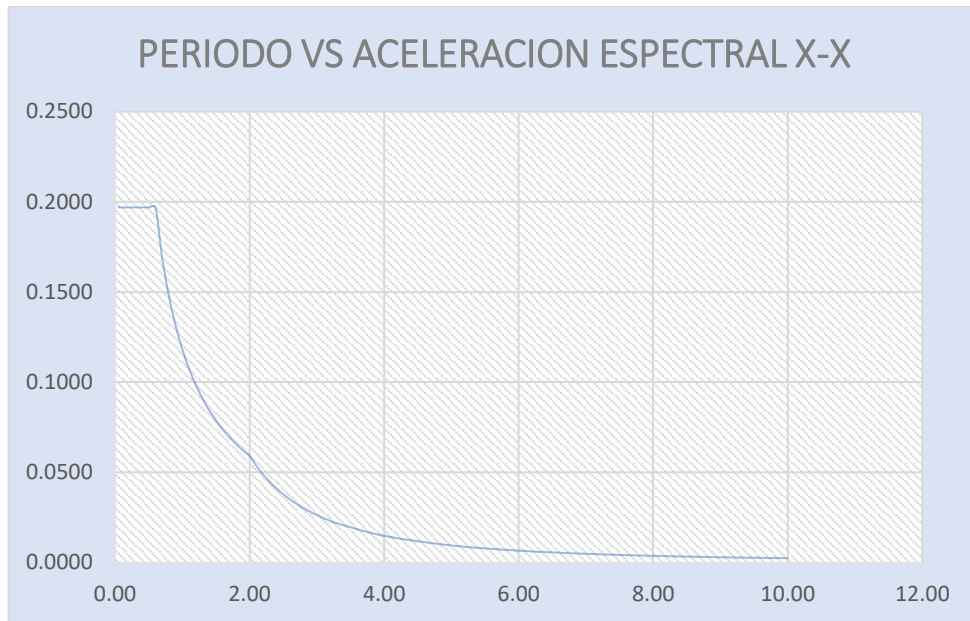
### PERIODO VS ACELERACION ESPECTRAL EN AMBAS DIRECCIONES

**Tabla 28.** Periodo vs aceleración espectral en la dirección X-X

T	Cx	Sa(x)
0.05	2.50	0.1969
0.06	2.50	0.1969
0.07	2.50	0.1969
0.08	2.50	0.1969
0.09	2.50	0.1969
0.10	2.50	0.1969
0.20	2.50	0.1969
0.30	2.50	0.1969
0.40	2.50	0.1969
0.50	2.50	0.1969
0.60	2.50	0.1969
0.70	2.14	0.1688
0.80	1.88	0.1477
0.90	1.67	0.1313
1.00	1.50	0.1181
1.10	1.36	0.1074
1.20	1.25	0.0984
1.30	1.15	0.0909
1.40	1.07	0.0844
1.50	1.00	0.0788
1.60	0.94	0.0738
1.70	0.88	0.0695
1.80	0.83	0.0656
1.90	0.79	0.0622
2.00	0.75	0.0591
2.10	0.68	0.0536
2.20	0.62	0.0488
2.30	0.57	0.0447
2.40	0.52	0.0410
2.50	0.48	0.0378
2.60	0.44	0.0349
2.70	0.41	0.0324
2.80	0.38	0.0301
2.90	0.36	0.0281

3.00	0.33	0.0263
3.10	0.31	0.0246
3.20	0.29	0.0231
3.30	0.28	0.0217
4.00	0.19	0.0148
5.00	0.12	0.0095
6.00	0.08	0.0066
7.00	0.06	0.0048
8.00	0.05	0.0037
9.00	0.04	0.0029
10.00	0.03	0.0024

Fuente: Creado por el autor.



**Figura 54.** Grafico de periodo vs aceleracion espectral direccion X-X.  
Fuente: Creado por el autor.

**Tabla 29.** Periodo vs aceleración espectral en la dirección Y-Y

T	Cy	Sa(y)
0.05	2.50	0.1969
0.06	2.50	0.1969
0.07	2.50	0.1969
0.08	2.50	0.1969
0.09	2.50	0.1969
0.10	2.50	0.1969
0.20	2.50	0.1969
0.30	2.50	0.1969
0.40	2.50	0.1969
0.50	2.50	0.1969
0.60	2.50	0.1969
0.70	2.14	0.1688
0.80	1.88	0.1477
0.90	1.67	0.1313
1.00	1.50	0.1181
1.10	1.36	0.1074
1.20	1.25	0.0984
1.30	1.15	0.0909
1.40	1.07	0.0844
1.50	1.00	0.0788
1.60	0.94	0.0738
1.70	0.88	0.0695
1.80	0.83	0.0656
1.90	0.79	0.0622
2.00	0.75	0.0591
2.10	0.68	0.0536
2.20	0.62	0.0488
2.30	0.57	0.0447

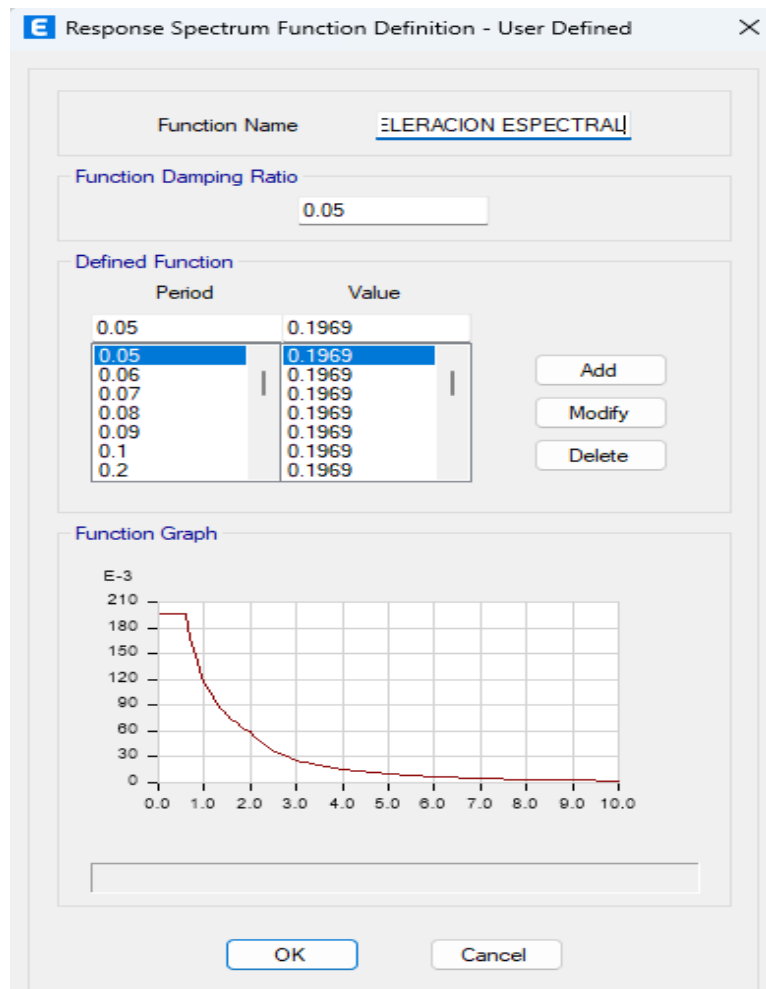
2.40	0.52	0.0410
2.50	0.48	0.0378
2.60	0.44	0.0349
2.70	0.41	0.0324
2.80	0.38	0.0301
2.90	0.36	0.0281
3.00	0.33	0.0263
3.10	0.31	0.0246
3.20	0.29	0.0231
3.30	0.28	0.0217
4.00	0.19	0.0148
5.00	0.12	0.0095
6.00	0.08	0.0066
7.00	0.06	0.0048
8.00	0.05	0.0037
9.00	0.04	0.0029
10.00	0.03	0.0024

Fuente: Creado por el autor.



**Figura 55.** Grafico de periodo vs aceleración espectral dirección Y-Y.  
Fuente: Creado por el autor.

### 3.7.2.1. Importación de función espectro de respuesta al software ETABS.



**Figura 56.** Importación de función espectro de respuesta.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.7.2.2. Creación de función espectro de respuesta en ambas direcciones.

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:**
  - Load Case Name: SX espectro
  - Load Case Type: Response Spectrum
  - Mass Source: Previous (100CM+25CV)
  - Analysis Model: Default
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ACELERACION ESP...	9.8067
- Other Parameters:**
  - Modal Load Case: Modal
  - Modal Combination Method: CQC
  - Include Rigid Response
  - Rigid Frequency, f1: [Empty]
  - Rigid Frequency, f2: [Empty]
  - Periodic + Rigid Type: [Empty]
  - Earthquake Duration, td: [Empty]
  - Directional Combination Type: SRSS
  - Absolute Directional Combination Scale Factor: [Empty]
  - Modal Damping: Constant at 0.05
  - Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

**Figura 57.** Creación de espectro de respuesta en la dirección X-X.  
Fuente: Software ETABS.

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box with the following settings:

- General:**
  - Load Case Name: SYespectro
  - Load Case Type: Response Spectrum
  - Mass Source: Previous (100CM+25CV)
  - Analysis Model: Default
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ACELERACION ESP...	9.8067
- Other Parameters:**
  - Modal Load Case: Modal
  - Modal Combination Method: CQC
  - Include Rigid Response
  - Rigid Frequency, f1: [Empty]
  - Rigid Frequency, f2: [Empty]
  - Periodic + Rigid Type: [Empty]
  - Earthquake Duration, td: [Empty]
  - Directional Combination Type: SRSS
  - Absolute Directional Combination Scale Factor: [Empty]
  - Modal Damping: Constant at 0.05
  - Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

**Figura 58.** Creación de espectro de respuesta en la dirección Y-Y.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.7.3. Derivas o límites de distorsión.

Las derivas o límites de distorsión vienen a ser la relación entre el desplazamiento relativo de entrepiso y su altura correspondiente. Este desplazamiento relativo es calculado después de producirse una acción sísmica mediante fuerzas aplicadas en el centro de masa de la estructura. Según la norma E.030 diseño sismorresistente, en el caso de edificaciones regulares, se determinan los desplazamientos relativos reales al multiplicar los valores derivados del análisis lineal y elástico considerando cargas sísmicas reducidas por un factor de 0,75R. Por otro lado, para edificaciones irregulares, los desplazamientos relativo reales se determinan multiplicando los resultados del análisis lineal y elástico por un factor de 0,85R.

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

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial son establecidos por el proyectista, pero en ningún caso exceden el doble de los valores de esta Tabla.

**Figura 59.** Límites para la distorsión de entrepiso.

Fuente: Norma técnica E.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones, 2018.

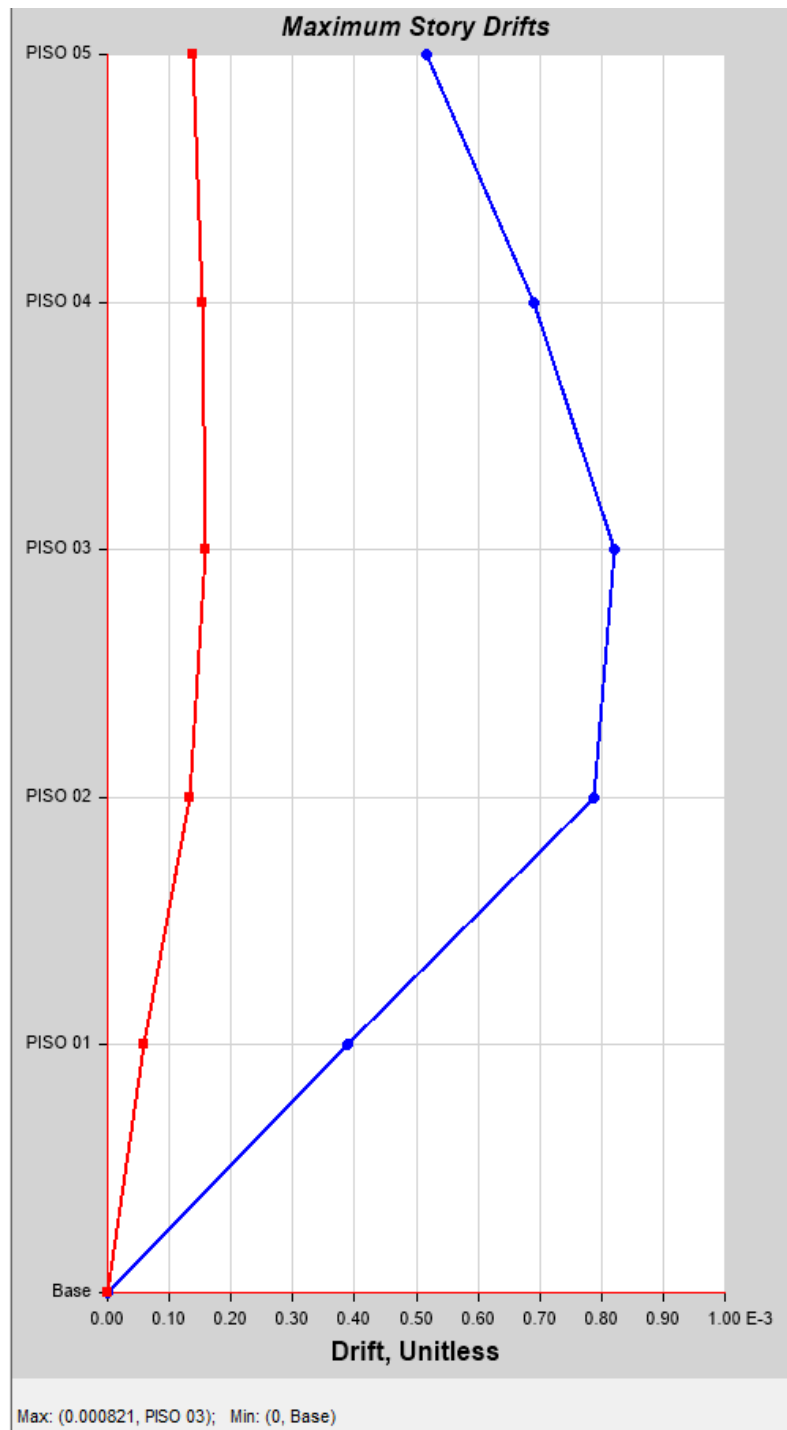
#### 3.7.3.1. Verificación y corrección de derivas.

**Tabla 30.** Story drift en la dirección X-X

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Drift Reales
						m	m	m	$0.75 \cdot R \cdot \text{Drift}$
PISO 05	SX espectro	Max	X	0.000516	34	11.17	0	15	0.002
PISO 04	SX espectro	Max	X	0.000691	34	11.17	0	12	0.003
PISO 03	SX espectro	Max	X	0.000821	34	11.17	0	9	0.004
PISO 02	SX espectro	Max	X	0.000788	34	11.17	0	6	0.004
PISO 01	SX espectro	Max	X	0.000389	34	11.17	0	3	0.002

Fuente: Software ETABS.

Se realiza la verificación y corrección de drift en la dirección X-X multiplicando por 0.75R para estructuras regulares, cumpliendo así el limite permisible para concreto de 0.007.



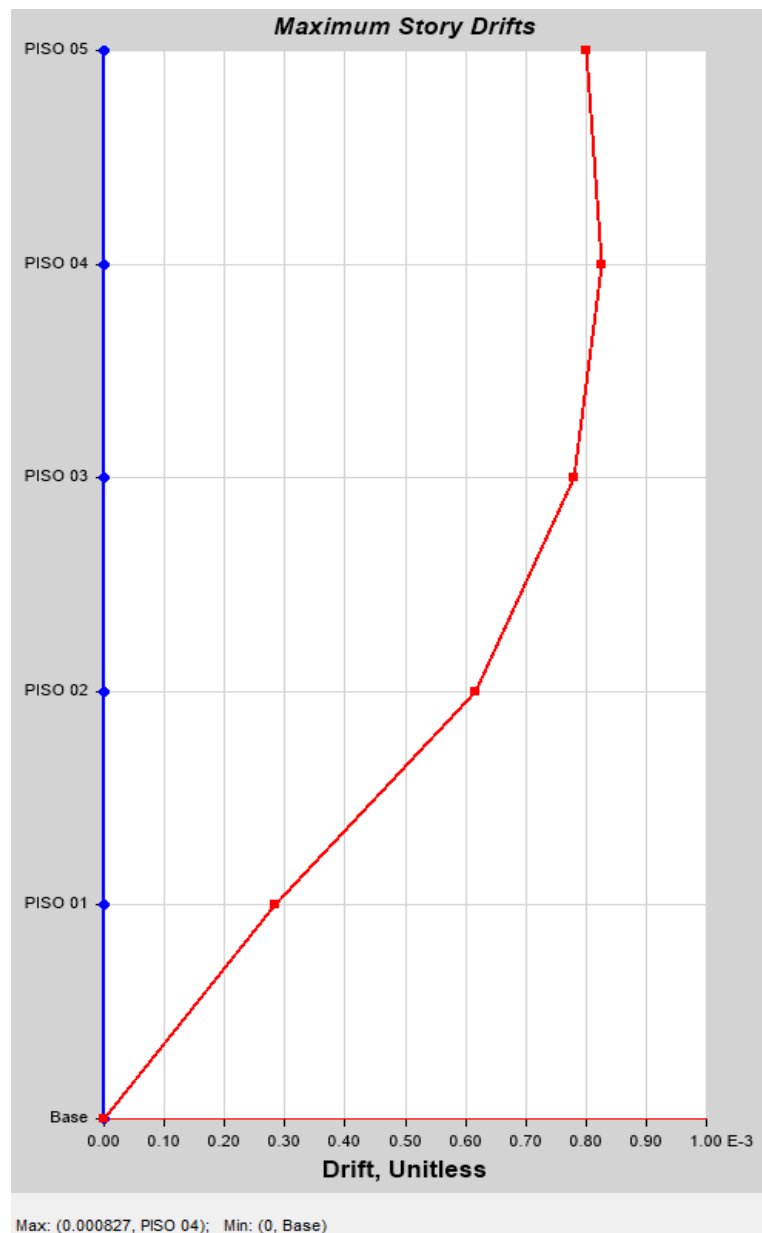
**Figura 60.** Gráfico Story drift en la dirección X-X.  
Fuente: Software ETABS.

**Tabla 31.** Story drift en la dirección Y-Y

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Drift Reales
						m	m	m	<b>0.75*R*Drift</b>
PISO 05	SYespectro	Max	Y	0.000801	48	19.75	6.515	15	0.004
PISO 04	SYespectro	Max	Y	0.000827	48	19.75	6.515	12	0.004
PISO 03	SYespectro	Max	Y	0.000779	48	19.75	6.515	9	0.004
PISO 02	SYespectro	Max	Y	0.000616	48	19.75	6.515	6	0.003
PISO 01	SYespectro	Max	Y	0.000283	48	19.75	6.515	3	0.001

Fuente: Software ETABS.

Se realiza la verificación y corrección de drift en la dirección Y-Y multiplicando por 0.75R para estructuras regulares, cumpliendo así el limite permisible para concreto de 0.007.



**Figura 61.** Gráfico Story drift en la dirección Y-Y.  
Fuente: Software ETABS.

### 3.7.4. Fuerza cortante mínima.

La "fuerza cortante mínima" se refiere a una consideración importante en el diseño sísmico de estructuras, especialmente en zonas propensas a terremotos.

Según la norma E.030 diseño sismorresistente para cada dirección considerada en el análisis, la fuerza cortante en el nivel más bajo del edificio debe ser igual o superior al 80% del valor calculado para estructuras que cumplen con los requisitos de regularidad, y no debe ser inferior al 90% para estructuras que presentan irregularidades. En caso de que sea necesario aumentar la fuerza cortante para cumplir lo mínimo señalado, se escalarán proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

Fuerzas Internas de Diseño = (Fuerzas Internas de Combinación Modal) ×  $f_e$

$$f_e = \frac{(0,8 \text{ ó } 0,9)V_{EST}}{V_{CM}} \geq 1$$

**Figura 62.** Factor de escala para diseño en el análisis dinámico.

Fuente: Scribd.

<https://es.scribd.com/document/674541155/Factor-de-Escala>

Se debería de cumplir lo siguiente:

Para estructuras regulares.

$$V_{din} \geq 0.80 V_{est}$$

Para estructuras irregulares.

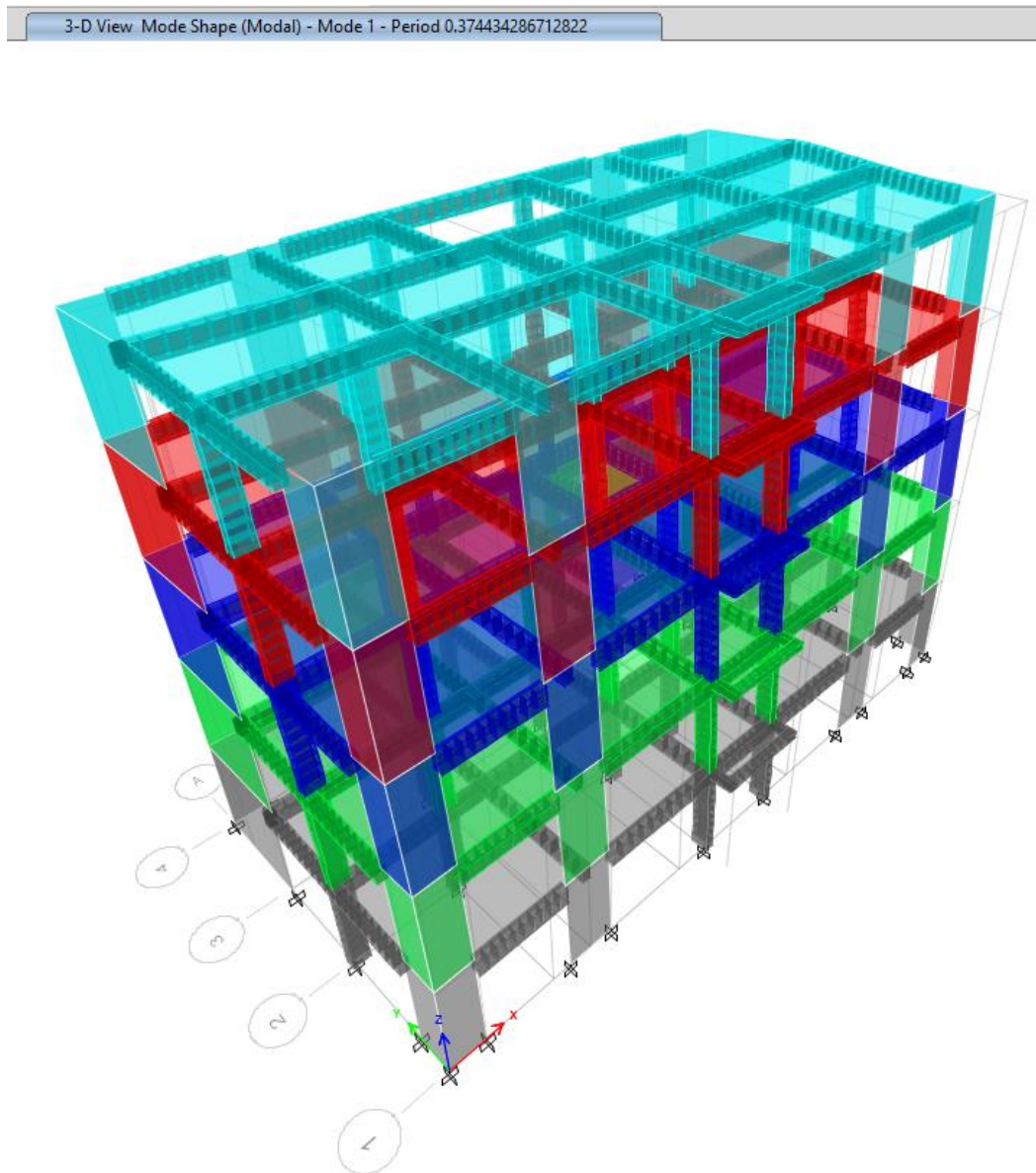
$$V_{din} \geq 0.90 V_{est}$$

**Nota:** En casos que no se cumpla lo señalado líneas arriba, se deberá escalar solo las fuerzas internas mas no los desplazamientos laterales de la siguiente manera:

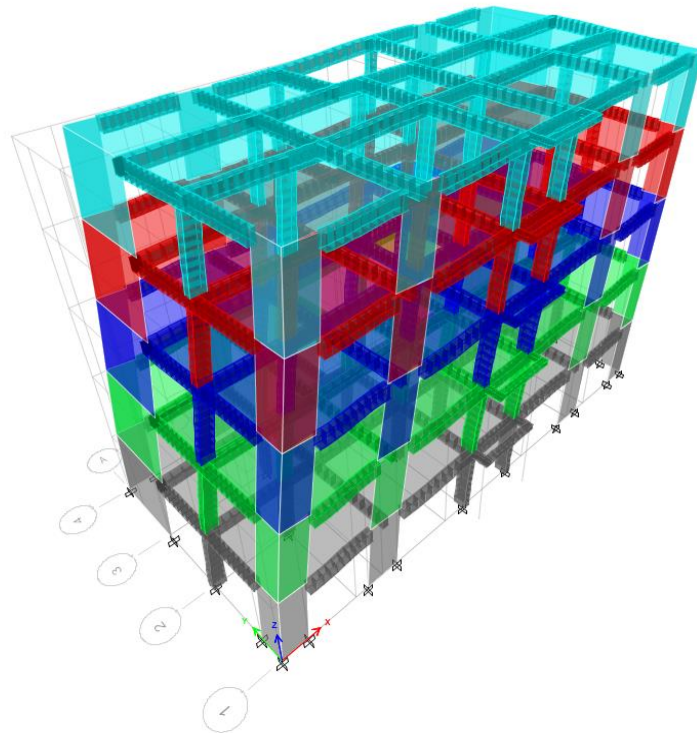
$$F_e = \frac{(0.80 \text{ o } 0.90) * V_{est}}{V_{din}}$$

### 3.7.4.1. Masa participativa según casos modales.

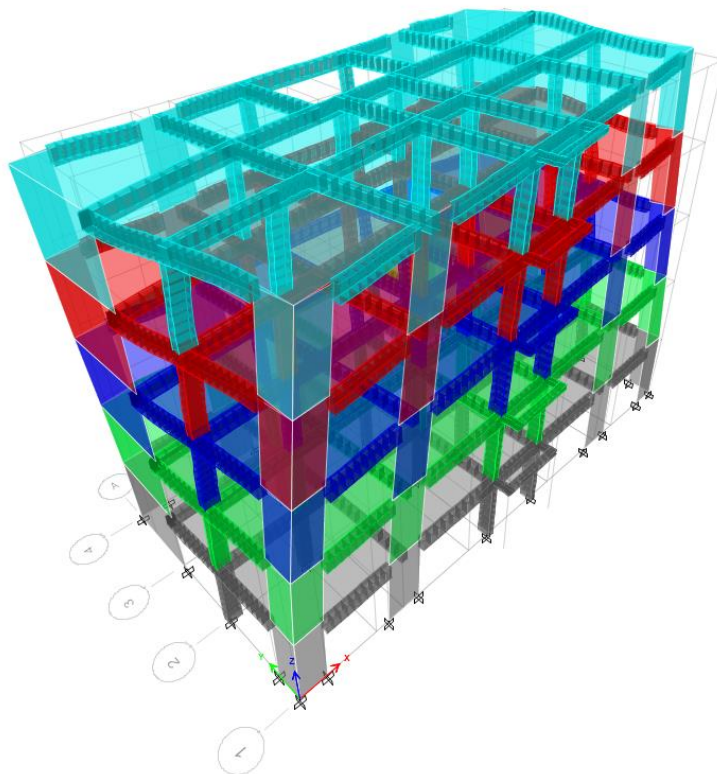
Este resultado se obtiene producto del análisis modal en el cual nos permite calcular los periodos de vibración libre para los tres grados de libertad principales (traslación en X, traslación en Y y rotación en Z), en el cual gráficamente está representando de la siguiente manera.



**Figura 63.** Modo 1. Traslación en Y-Y.  
Fuente: Software ETABS.



**Figura 64.** Modo 2. Traslación en X-X.  
Fuente: Software ETABS.



**Figura 65.** Modo 3. Rotación en Z-Z.  
Fuente: Software ETABS.

**Tabla 32.** Modal Participating Mass Ratios

<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec												
Modal	1	0.374	0	0.7111	0	0	0.7111	0	0.3317	0	0	0.3317	0	0
Modal	2	0.365	0.758	0	0	0.758	0.7111	0	0	0.2607	0.0149	0.3317	0.2607	0.0149
Modal	3	0.235	0.0169	0	0	0.775	0.7111	0	0	0.003	0.702	0.3317	0.2638	0.717
Modal	4	0.103	0.1261	0	0	0.9011	0.7111	0	0	0.4838	0.0025	0.3317	0.7476	0.7195
Modal	5	0.085	0	0.1957	0	0.9011	0.9068	0	0.4136	0	0	0.7453	0.7476	0.7195
Modal	6	0.056	0.0038	0	0	0.9049	0.9068	0	0	0.01	0.1842	0.7453	0.7575	0.9037
Modal	7	0.049	0.0516	0	0	0.9564	0.9068	0	0	0.1101	0.0038	0.7453	0.8677	0.9075
Modal	8	0.038	0	0.0624	0	0.9564	0.9693	0	0.1595	0	0	0.9048	0.8677	0.9075
Modal	9	0.027	0.0299	0	0	0.9863	0.9693	0	0	0.0924	0.0005	0.9048	0.9601	0.908
Modal	10	0.025	0.0001	0	0	0.9864	0.9693	0	0	0.0003	0.0611	0.9048	0.9604	0.9691
Modal	11	0.024	0	0.0234	0	0.9864	0.9927	0	0.0723	0	0	0.9772	0.9604	0.9691
Modal	12	0.018	0	0.0073	0	0.9864	1	0	0.0228	0	0	1	0.9604	0.9691
Modal	13	0.018	0.0136	0	0	1	1	0	0	0.0396	0.000002185	1	1	0.9691
Modal	14	0.016	0.000002235	0	0	1	1	0	0	0.00000176	0.0237	1	1	0.9928
Modal	15	0.012	0.000001885	0	0	1	1	0	0	0.00000474	0.0072	1	1	1

Fuente: Software ETABS.

### 3.7.4.2. Periodos de vibración.

De la **tabla 32**, se obtiene lo siguientes periodos de vibración:

$T_x = 0.365$  seg —75.8% de masa participativa en la dirección X-X.

$T_y = 0.374$  seg —71.1% de masa participativa en la dirección Y-Y.

$T_z = 0.235$  seg —70.2% de masa participativa en la dirección Z-Z.

### 3.7.4.3. Factor de amplificación sísmica.

Para el cálculo de amplificación sísmica (C), la definimos de acuerdo a la **figura 43**.

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

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

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

Para los periodos  $T_x = 0.365$  seg y  $T_y = 0.374$  seg, obtenemos un factor  $C(x, y) = 2.5$ ; ya que nuestros periodos  $T_P = 0.6$  seg y  $T_L = 2.0$ seg están por encima de dichos valores.

### 3.7.4.4. Cálculo de cortante estática.

El valor de la cortante estática está en relación a los parámetros sísmicos de la **tabla 26**; y a la **tabla 25**. Mass summary by story, donde nos indica el peso total de la edificación.

F. zona (4)	<b>Z</b>	0.45
F. uso (Edificación común)	<b>U</b>	1.00
F. suelo (S2- suelo intermedio)	<b>S</b>	1.05
F. amplificación sísmica	<b>C (x, y)</b>	2.50
Periodo libre de la meseta	<b>TP</b>	0.60
Periodo del inicio del comportamiento inelástico del suelo	<b>TL</b>	2.00
Coef. Reducción básica (Muros estructurales)	<b>Ro (x, y)</b>	6.00
Irregularidad en altura	<b>Ia</b>	1.00
Irregularidad en planta	<b>Ip</b>	1.00
Coef. Reducción de fuerza sísmica	<b>R (x, y)</b>	6.00

<b>TABLE: Mass Summary by Story</b>				
<b>Story</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>UZ</b>	<b>Peso</b>
	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m	kgf-s <sup>2</sup> /m	<b>Tn</b>
PISO 05	14628.3	14628.3	0	143.50
PISO 04	21200	21200	0	207.97
PISO 03	21200	21200	0	207.97
PISO 02	21200	21200	0	207.97
PISO 01	21200	21200	0	207.97
Base	2285.18	2285.18	0	22.42
<b>Peso Total</b>				<b>997.80</b>

Reemplazamos valores de peso de la edificación y parámetros sísmicos y obtenemos:

$$Vest(x) = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{6.00} * 997.80 = 196.44 \text{ Tn}$$

$$Vest(y) = \frac{0.45 * 1.00 * 2.50 * 1.05}{6.00} * 997.80 = 196.44 \text{ Tn}$$

### 3.7.4.5. Cálculo de cortante dinámica.

El valor de la cortante dinámica en ambas direcciones se obtiene de las siguientes tablas en el primer nivel de entresuelo.

**Tabla 33.** Story Forces X-X

<b>TABLE: Story Forces</b>											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
						tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
PISO 05	SX espectro	LinRespSpec	Max		Top	0	41.5355	0.0043	167.1955	0	0
PISO 05	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	41.5355	0.0043	167.1955	0.0128	124.6066
PISO 04	SX espectro	LinRespSpec	Max		Top	0	85.9053	0.0089	348.8366	0.0128	124.6066
PISO 04	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	85.9053	0.0089	348.8366	0.0395	378.4252
PISO 03	SX espectro	LinRespSpec	Max		Top	0	118.8752	0.012	483.8442	0.0395	378.4252
PISO 03	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	118.8752	0.012	483.8442	0.0756	728.3073
PISO 02	SX espectro	LinRespSpec	Max		Top	0	139.949	0.0137	571.6518	0.0756	728.3073
PISO 02	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	139.949	0.0137	571.6518	0.1167	1138.8634
PISO 01	SX espectro	LinRespSpec	Max		Top	0	148.3851	0.0143	608.5474	0.1167	1138.8634
PISO 01	SX espectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	148.3851	0.0143	608.5474	0.1595	1574.8662

Fuente: Software ETABS.

$$Vdin(x) = 148.39 \text{ Tn}$$

**Tabla 34.** Story Forces Y-Y

<b>TABLE: Story Forces</b>											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
						tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
PISO 05	SYespectro	LinRespSpec	Max		Top	0	0.0038	45.1507	445.8637	0	0
PISO 05	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	0.0038	45.1507	445.8637	135.452	0.0113
PISO 04	SYespectro	LinRespSpec	Max		Top	0	0.0083	87.3244	862.329	135.452	0.0113
PISO 04	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	0.0083	87.3244	862.329	393.1852	0.0361
PISO 03	SYespectro	LinRespSpec	Max		Top	0	0.0116	115.9532	1145.0371	393.1852	0.0361
PISO 03	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	0.0116	115.9532	1145.0371	731.471	0.0708
PISO 02	SYespectro	LinRespSpec	Max		Top	0	0.0136	134.1807	1325.0321	731.471	0.0708
PISO 02	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	0.0136	134.1807	1325.0321	1119.8153	0.1115
PISO 01	SYespectro	LinRespSpec	Max		Top	0	0.0143	142.3772	1405.9704	1119.8153	0.1115
PISO 01	SYespectro	LinRespSpec	Max		Bottom	0	0.0143	142.3772	1405.9704	1532.4811	0.1542

Fuente: Software ETABS.

$$V_{din}(y) = 142.38 \text{ Tn}$$

Reemplazamos los valores obtenidos de la cortante estática y dinámica en la siguiente expresión para obtener el factor de escala en la dirección X e Y, como consecuencia de que la cortante dinámica en la dirección X e Y para estructuras regulares no llego a superar el 80% de la cortante estática.

$$F_e(x, y) = \frac{(0.80 \text{ o } 0.90) * V_{est}(x, y)}{V_{din}(x, y)}$$

### 3.7.4.6. Cálculo de factor de escala (Fe).

Se realizó el análisis estructural y cálculos respectivos en los cual la edificación multifamiliar se clasifico como estructura regular, por lo tanto:

$$Fe(x) = \frac{0.80 * 196.44}{148.39} = 1.06$$

$$Fe(y) = \frac{0.80 * 196.44}{142.38} = 1.10$$

### 3.7.4.7. Asignación de factor de escala (Fe).

**General**

Load Case Name: SX espectro DISEÑO [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (100CM+25CV)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ACELERACION ESP...	9.8067*1.06

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

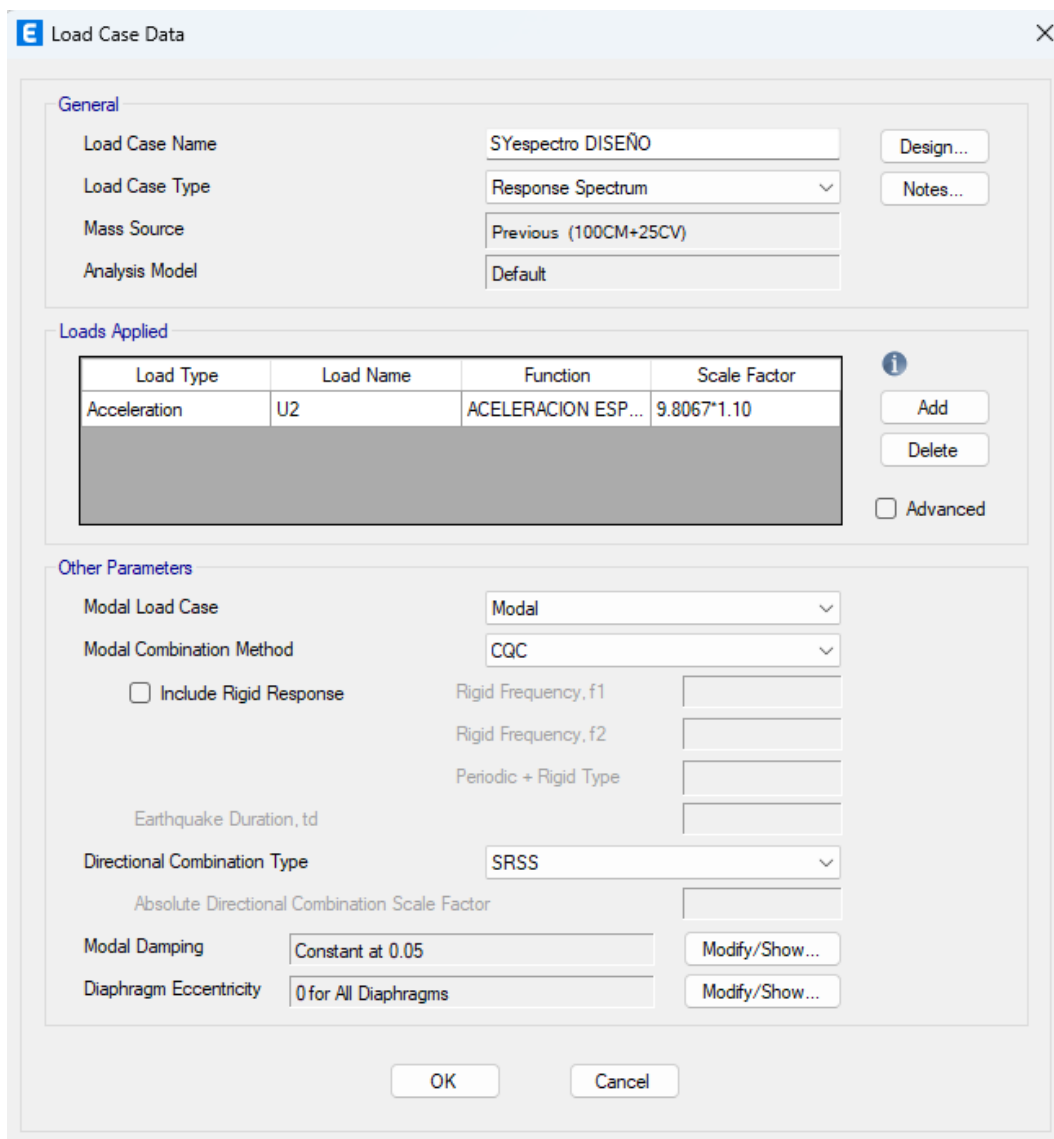
Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

**Figura 66.** Asignación de espectro de diseño en la dirección X-X.  
Fuente: Software ETABS.



**Figura 67.** Asignación de espectro de diseño en la dirección Y-Y.  
Fuente: Software ETABS.

#### 3.7.4.8. Fuerzas internas de diseño.

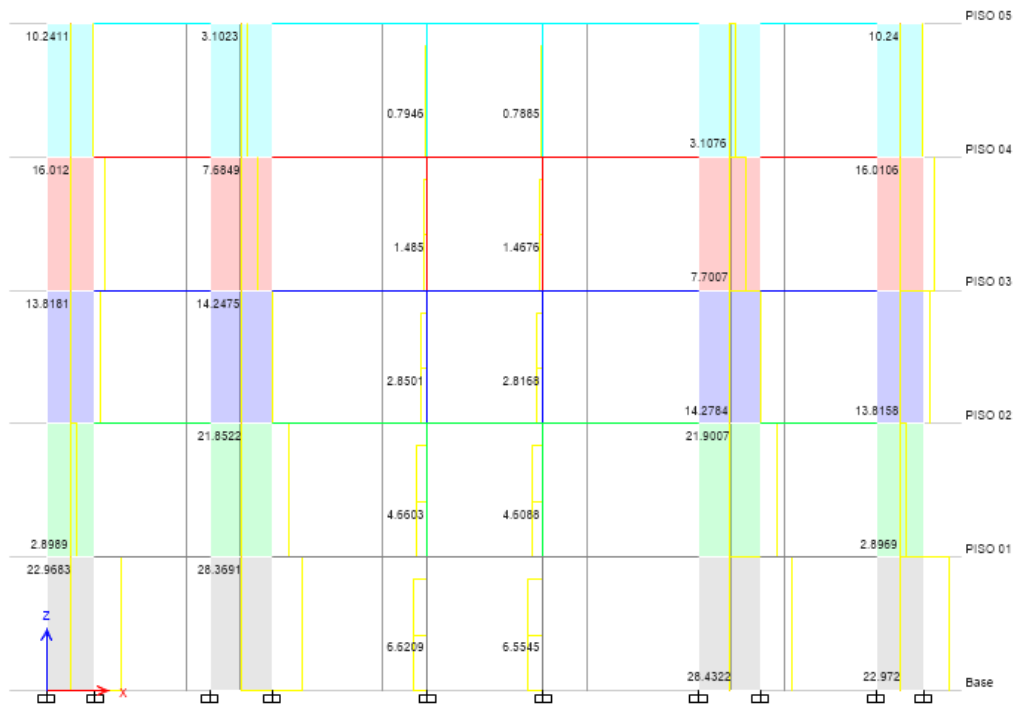
Las fuerzas internas de diseño se definirán después de cumplir con las derivas de entrepiso en cada nivel, y de escalar proporcionalmente todos los resultados mas no los desplazamientos. Para identificar mejor las fuerzas internas de diseño, estas se tomarán como referencia de acuerdo a la siguiente tabla y se tomara el máximo valor de acuerdo al plano cartesiano que le corresponda.

**Tabla 35.** Modelo guía de fuerzas internas de diseño.

FUERZA INTERNA	MODELO EMPOTRADO	
	SISMO X	SISMO Y
<b>N máx.</b>	AXIAL (PLANO XZ)	AXIAL (PLANO XZ)
<b>V máx.</b>	SHEAR 2-2 (PLANO XZ)	SHEAR 3-3 (PLANO YZ)
<b>M máx.</b>	MOMENT 3-3 (PLANO XZ)	MOMENT 2-2 (PLANO YZ)

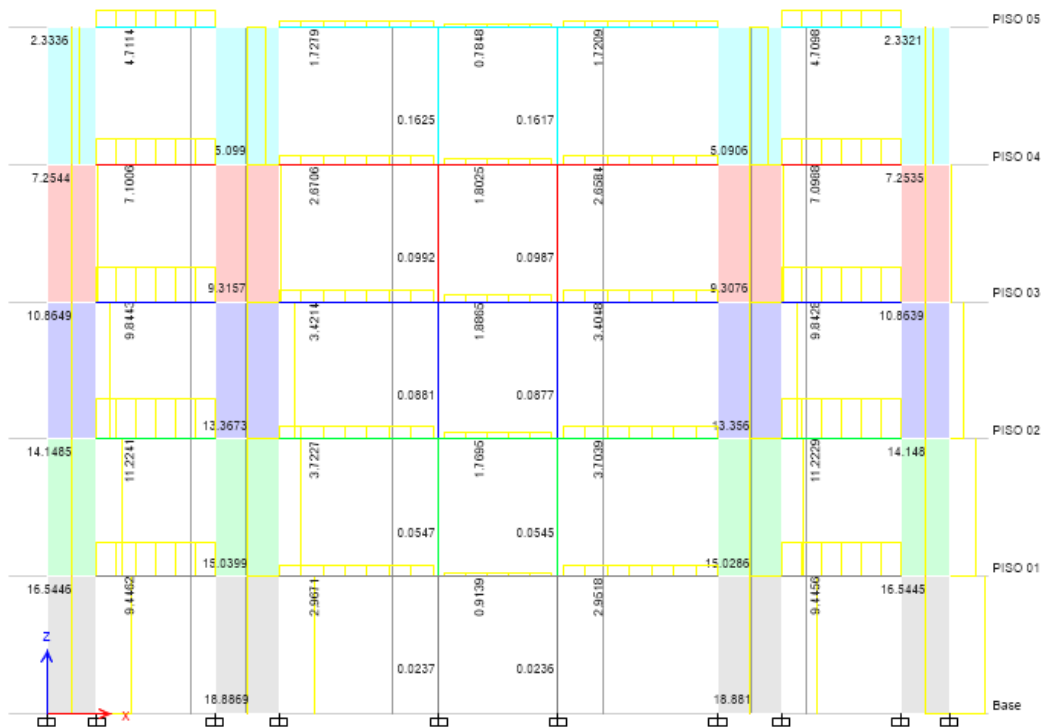
Fuente: Creado por el autor.

De la siguiente gráfica, se obtiene la máx. fuerza axial para un Sismo en X-X con un valor igual a 28.43 tn.



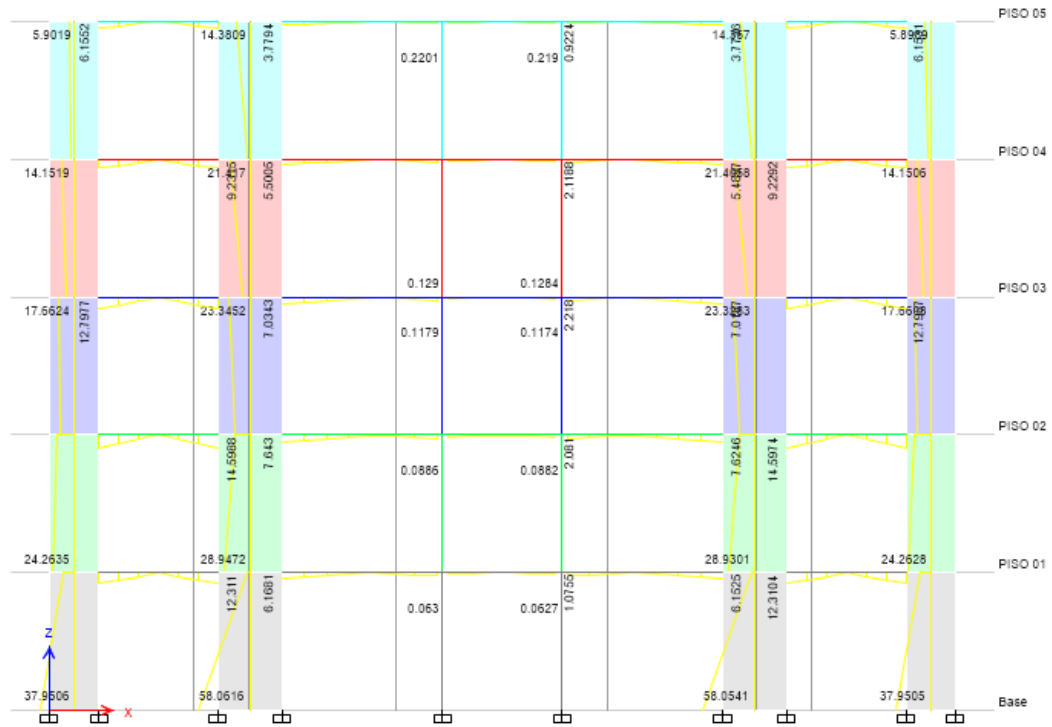
**Figura 68.** Fuerza axial máx. en dirección X-X.  
Fuente: Software ETABS.

De la siguiente gráfica, se obtiene la máx. fuerza cortante para un Sismo en X-X con un valor igual a 18.89 tn.



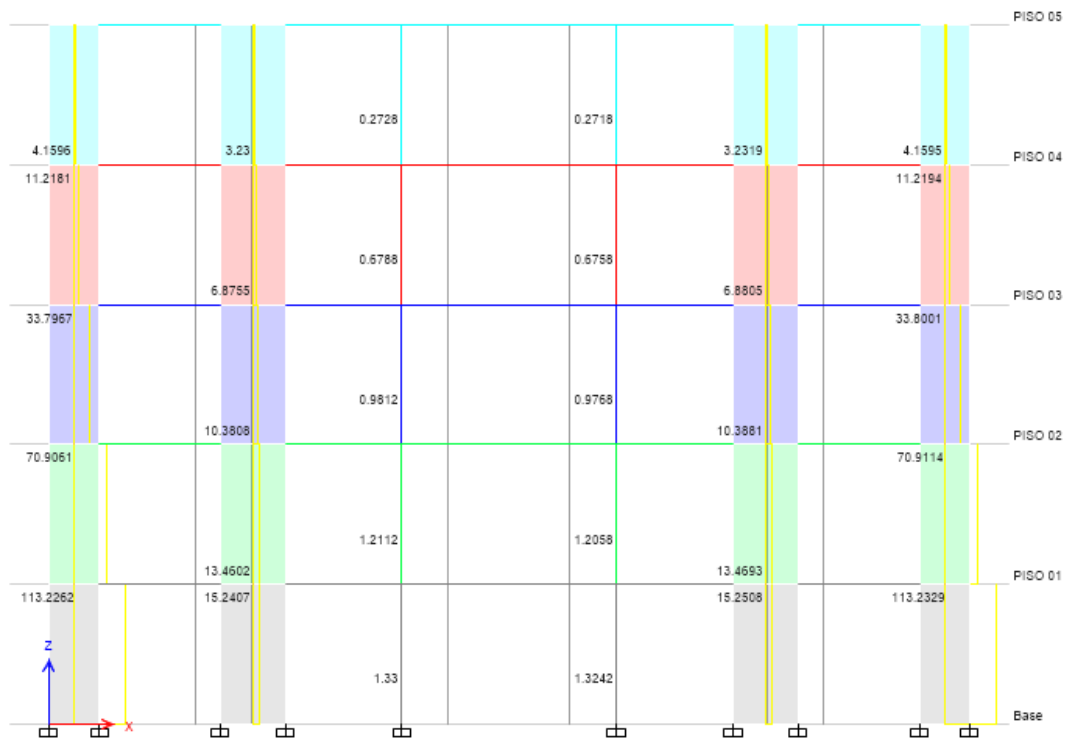
**Figura 69.** Fuerza cortante máx. en dirección X-X.  
Fuente: Software ETABS.

De la siguiente gráfica, se obtiene el máx. momento flector para un Sismo en X-X con un valor igual a 58.06 tn.



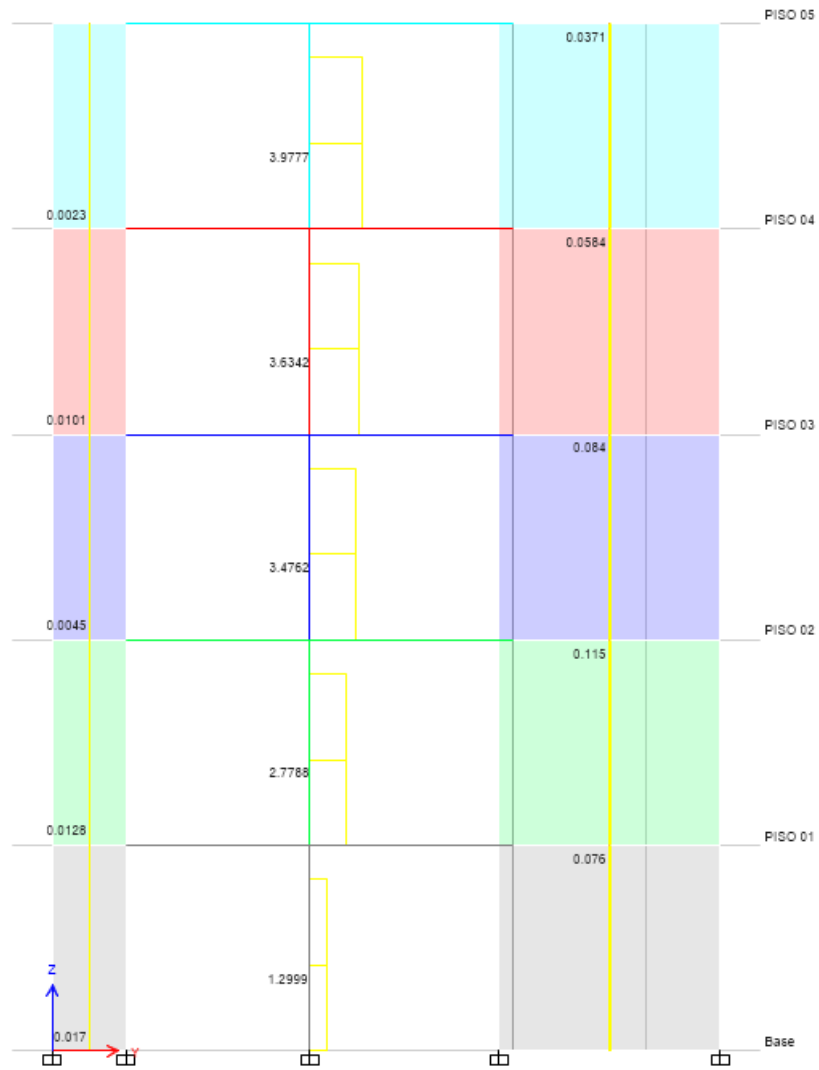
**Figura 70.** Momento flector máx. en dirección X-X.  
Fuente: Software ETABS.

De la siguiente gráfica, se obtiene la máx. fuerza axial para un Sismo en Y-Y con un valor igual a 113.23 tn.



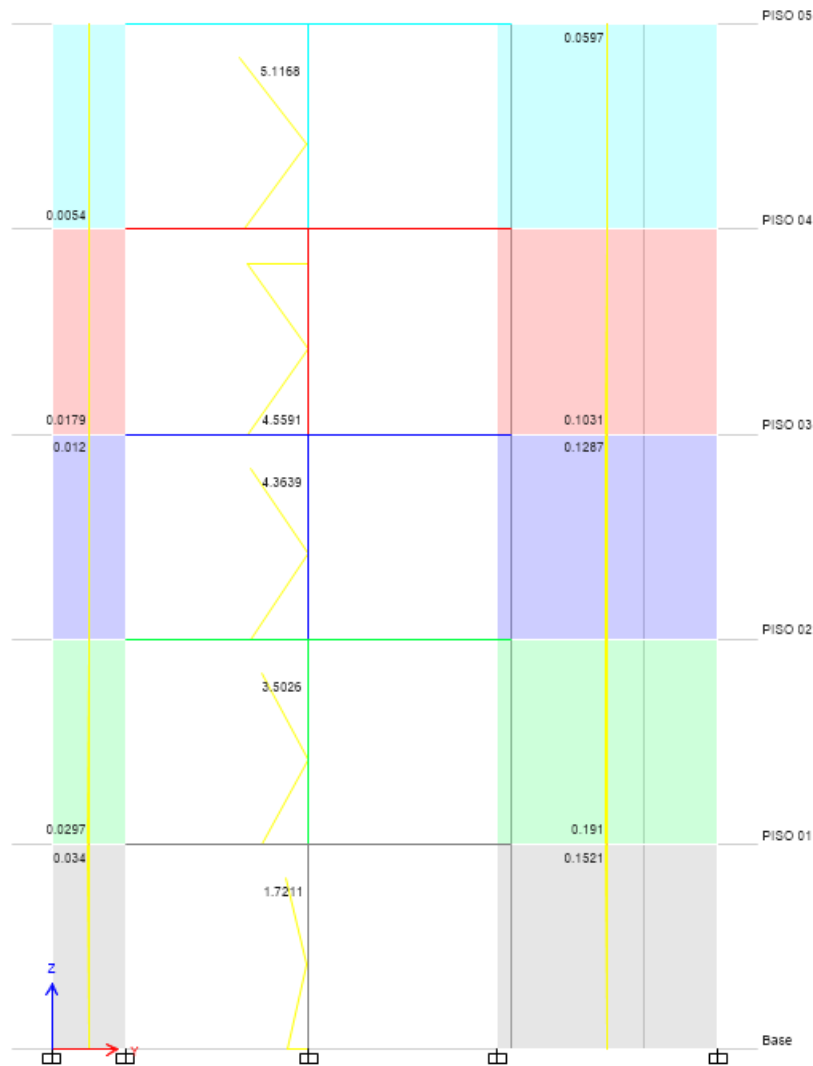
**Figura 71.** Fuerza axial máx. en dirección Y-Y.  
Fuente: Software ETABS.

De la siguiente gráfica, se obtiene la máx. fuerza cortante para un Sismo en Y-Y con un valor igual a 3.98 tn.



**Figura 72.** Fuerza cortante máx. en dirección Y-Y.  
Fuente: Software ETABS.

De la siguiente gráfica, se obtiene el máx. momento flector para un Sismo en Y-Y con un valor igual a 5.12 tn.



**Figura 73.** Momento flector máx. en dirección Y-Y.  
Fuente: Software ETABS.

En resumen, las fuerzas internas de diseño para cada dirección de análisis, son las siguientes:

**Tabla 36.** Fuerzas internas de diseño.

FUERZA INTERNA	MODELO EMPOTRADO	
	SISMO X	SISMO Y
N máx.	28.43 tn	113.23 tn
V máx.	18.89 tn	3.98 tn
M máx.	58.06 tn	5.12 tn

Fuente: Creado por el autor.

Concluido el estudio del proyecto y cumpliendo con la aplicación de la norma técnica E.030 diseño sismorresistente, obtenemos como resultado final las fuerzas internas de diseño, donde la estructura queda lista para el diseño de todos sus elementos de concreto armado.

#### IV. DISCUSION

- Determinando las derivas de entrepiso en ambas direcciones, se obtuvieron valores permisibles para la edificación en concreto armado en la cual se encuentran cumpliendo la normativa vigente. La norma E.030 diseño sismorresistente define a las derivas de entrepiso como la relación entre el desplazamiento máximo relativo y la altura de entrepiso.

Sin embargo, **Diego Poma y Elmer Rodríguez** [1], después de realizar el análisis estático y dinámico, concluyeron que, al evaluar las derivas del edificio, a pesar de contar con un concreto de calidad inferior al estándar actual, los valores que obtuvieron se encontraron por debajo de los límites permisibles indicados en la norma E.030, gracias a que su estructura se encuentra bien reforzada con pórticos y muros estructurales. Este resultado coincide ya que ambas edificaciones cuentan muros estructurales en donde estos aportan gran cantidad de rigidez estructural y por ende desplazamientos pequeños.

- Al determinar los modos de vibración se obtuvo como resultado que se necesitan más de 3 modos de vibración libre para superar el 90% de masa participativa.

Según la norma E.030 diseño sismorresistente, indica que los modos de vibración se determinan de acuerdo a características de rigidez y masa estructural.

Sin embargo, **Diego Poma y Elmer Rodríguez** [1], les fue suficiente con solo 6 modos de vibración para determinar el comportamiento sísmico y superar el porcentaje de masas de acuerdo a la normativa. Este resultado coincide a lo que se obtuvo, ya que la edificación en estudio esta simétricamente distribuida en masa.

- Una vez determinado los espectros de respuesta en ambas direcciones de análisis, se obtuvo que las fuerzas internas de diseño son producto de escalar proporcionalmente todas las fuerzas (en particular la  $V_{din}$  al no superar el 80% de la cortante estática). Estas fuerzas internas de diseño nos sirven para diseñar apropiadamente los elementos de concreto armado.

Sin embargo, **Alex Aulla** [2], en la última parte de su investigación, recomienda verificar secciones de cada elemento estructural después de realizar el análisis estructural, además considera que se tomen en cuenta para el diseño de elementos las fuerzas máximas ( $V_{máx.}$ ,  $M_{máx.}$ ,  $N_{máx.}$ ). Este resultado coincide a lo que se obtuvo producto del análisis dinámico.

- La estructura analizada resulto regular ya que al determinar los factores de irregularidad en planta y altura según la norma E.030, estas tomaron un valor igual a 1.00 en la cual las fuerzas sísmicas se calcularon con el coeficiente de reducción básica  $R = 6.00$ , ya que no es afectada por ninguna irregularidad estructural. Estas irregularidades influyen de manera negativa si existieran resultados con factores menores a 1.00 en el cual afecta mi

coeficiente de reducción sísmica “R” resultando valores pequeños y esto hace que aumenten mis fuerzas sísmicas y como resultado final un diseño estructural más robusto. Según la norma E.030 diseño sismorresistente, define al coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R) como el producto entre las irregularidades en planta, altura y el coeficiente de reducción básica de fuerzas sísmicas tomadas por el tipo de material y/o estructuración de la edificación.

Sin embargo, **Favio Espinoza** [3], después de analizar su edificación multifamiliar de 5 niveles donde encontró suelo intermedio S2, verifico sus factores de irregularidad y el obtuvo una edificación regular con factores iguales a 1.00.

**Daniel Barrantes y Carmen Camacho** [4], como resultado de aplicar la nueva normativa de diseño sismorresistente E.030-2018, concluye que la inclusión de factores de irregularidad influye en el factor R. Estos sugieren que la actualización de la normativa busca mejorar el comportamiento sísmico sin necesariamente requerir un refuerzo adicional de la estructura. Estos dos resultados finales de los autores coinciden en que se deben evitar en lo posible irregularidades en las estructuras para una mejor acción sísmica sin requerir diseños robustos.

## V. CONCLUSIONES

Al finalizar el estudio realizado sobre la aplicación de la norma técnica E.030-2018 para el comportamiento sísmico de una edificación ubicada en San clemente, Pisco, Ica; se concluye lo siguiente:

- Se concluye que la norma técnica E.030-2018 diseño sismorresistente influye en el comportamiento sísmico de la edificación.
- Se concluye que las derivas de entrepiso o distorsión por cada nivel se encuentran dentro de los parámetros indicados en la normativa peruana E.030 diseño sismorresistente, en el cual están por debajo del límite permisible 0.007 (para concreto armado). Los resultados son los siguientes:

Sismo X espectro

PISO 05, deriva =  $0.002 < 0.007$

PISO 04, deriva =  $0.003 < 0.007$

PISO 03, deriva =  $0.004 < 0.007$

PISO 02, deriva =  $0.004 < 0.007$

PISO 01, deriva =  $0.002 < 0.007$

Sismo Y espectro

PISO 05, deriva =  $0.004 < 0.007$

PISO 04, deriva =  $0.004 < 0.007$

PISO 03, deriva =  $0.004 < 0.007$

PISO 02, deriva =  $0.003 < 0.007$

PISO 01, deriva =  $0.001 < 0.007$

Al no cumplir lo señalado las derivas influyen para determinar en qué dirección de análisis hay que realizar el reforzamiento de la estructura.

- Se concluye que la estructura para superar el 90% de masa participativa, necesita de 4 modos de vibración libre en la dirección X-X, de 5 modos de vibración libre en la dirección Y-Y y de 6 modos de vibración libre en la dirección Z-Z.
- Se concluye que los espectros de respuesta en ambas direcciones resultaron analíticamente y gráficamente iguales, debido a que en ambas direcciones X e Y tienen el mismo coeficiente de reducción sísmica  $R = 6.00$  (muros estructurales). Además, se obtuvo que la cortante dinámica  $V_{din.}$  no logro superar el 80% de la cortante estática. Es así que se tuvo que escalar todos los resultados mas no los desplazamientos para la obtención de las fuerzas internas de diseño en ambas direcciones de análisis.

En la dirección sismo X-X se tiene:

$V_{max} = 18.89 \text{ tn.}$     $N_{max} = 28.43 \text{ tn}$     $M_{max} = 58.06 \text{ tn}$

En la dirección sismo Y-Y se tiene:

$V_{max} = 3.98 \text{ tn.}$     $N_{max} = 113.23 \text{ tn}$     $M_{max} = 5.12 \text{ tn}$

- Se concluye que la cortante basal “V” estática en ambas direcciones de análisis tiene un valor de 196.44 tn, la cual nos permitió determinar las fuerzas sísmicas laterales por entrepiso al ser afectada por un coeficiente “ $\alpha$ ”, esta última relacionada con el peso de la edificación y su altura acumulada. Entre las fuerzas sísmicas por entrepiso tenemos:
  - 1er piso,  $F = 14.61$  tn.
  - 2do piso,  $F = 29.21$  tn.
  - 3er piso,  $F = 43.82$  tn.
  - 4to piso,  $F = 58.42$  tn.
  - 5to piso,  $F = 50.39$  tn.
- Los factores de irregularidad en planta y altura de la estructura analizada resultaron con un valor igual a  $I_p = 1.00$ ,  $I_a = 1.00$  (estructura regular); es así que para el cálculo del coeficiente de reducción sísmica “R”, tomamos como valor final el coeficiente de reducción básica  $R_o = 6.00$  (muros estructurales) ya que no es afectada por ninguna irregularidad estructural. Estas irregularidades influyen de manera negativa si existieran resultados con factores menores a 1.00 en el cual afecta mi coeficiente de reducción sísmica “R” resultando valores pequeños y esto hace que aumenten mis fuerzas sísmicas y como resultado final un diseño estructural más robusto.

## VI. RECOMENDACIONES

Finalizado el estudio en mención, se plantea las siguientes recomendaciones a tomar en cuenta:

- Interpretar y aplicar correctamente la norma técnica E.030-2018 diseño sismorresistente, para cualquier edificación de concreto armado.
- Analizar, verificar y reestructurar simétricamente la edificación de concreto armado para evitar torsión extrema, en caso no cumpla los límites permisibles de derivas y/o distorsión de entrepiso según la normativa peruana E.030-2018 diseño sismorresistente.
- Interpretar cuidadosamente los modos de vibración libre, ya que el número de estas guardan relación con la suma de masa participativa. Tomando en cuenta que los 3 primeros modos de vibración resultantes después de un análisis modal tienen que ser la de traslación en X, traslación en Y y rotación en Z.
- Escalar correctamente la fuerza cortante dinámica en la dirección X e Y, siempre y cuando se haya cumplido con los desplazamientos laterales relativos admisibles (derivas y/o distorsión de entrepiso) con la finalidad de cumplir lo señalado en la norma técnica E.030-2018 diseño sismorresistente.
- Las fuerzas sísmicas laterales distribuidas por niveles de entrepiso, se deben de aplicar directamente en el centro de masas considerando excentricidad accidental.
- Realizar un correcto estructuramiento de la edificación con criterios de simetría, rigidez, ductilidad y resistencia, con la finalidad de evitar lo más posible irregularidades que afecten a la estructura, consecuentemente al coeficiente de reducción sísmica, en donde se puede obtener resultados de fuerzas sísmicas mayores y diseños más robustos con alto grado de rigidez en los elementos estructurales.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] D. A. P. L. y. E. E. S. R. Gonzales, «Aplicacion de la norma tecnica sismorresistente E.030 para evaluar el comportamiento sismico del edificio las mercedes del distrito de Cercado de Lima,» Repositorio Academico USMP, Lima, 2020.
- [2] A. E. A. Huaripaucar, «Aplicación de la norma sismorresistente E-030 para el diseño estructural de una edificación aporticada de concreto armado en el caserío San Martín de Porras Ica,» Repositorio academico UNICA, Ica, 2019.
- [3] F. M. E. Pari, «Análisis y diseño estructural de una edificación multifamiliar de 5 niveles de concreto armado en la ciudad de Tacna – 2022,» Repositorio UNJBG, Tacna, 2022.
- [4] D. O. B. G. y. C. K. C. Diaz, «Análisis sísmico aplicando NTP. E.030-2018 para edificios multifamiliar elaboradas con NTP.E.030-2003 en la ciudad de Cajamarca, 2021,» Repositorio UPN, Cajamarca, 2022.
- [5] I. R. O. Sarmiento, Diseño de edificaciones de concreto armado, I. R. O. Sarmiento, Ed., Lima, 2015.
- [6] R. n. d. edificaciones, «Norma tecnica E.020 cargas,» Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO, Lima, 2020.
- [7] R. n. d. edificaciones, *Norma tecnica E.050 suelos y cimentaciones*, C. y. S. Ministerio de Vivienda, Ed., Lima: El peruano, 2018.
- [8] R. n. d. edificaciones, *Norma tecnica E.030 diseño sismorresistente*, C. y. S. Ministerio de Vivienda, Ed., Lima: El peruano, 2018.
- [9] B. M. Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica, S. R. C. González, Ed., Ingeniería geotécnica.

## VIII. ANEXOS

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES					
VARIABLES				METODOLOGIA	
INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES	INDICE	TIPO DE INVESTIGACION	
Aplicación de la Norma Técnica E.030 diseño sismorresistente.	La aplicación de la Norma Técnica E.030 diseño sismorresistente se refiere a la implementación de un conjunto de requisitos establecidos en esta norma con el objetivo de diseñar edificaciones y estructuras que sean capaces de resistir y soportar adecuadamente las fuerzas y efectos sísmicos durante un terremoto.	Zonificación sísmica	Z	Aplicada	
					NIVEL DE INVESTIGACION
		Categoría y uso de la edificación	U	Descriptiva	
					DISEÑO DE INVESTIGACION
					No experimental
					ENFOQUE DE INVESTIGACION
					Cuantitativo
			POBLACION		
			Edificaciones en concreto armado construidos en San Clemente, Pisco, Ica.		
DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES	INDICE	MUESTRA	
Comportamiento sísmico de una edificación en concreto armado en San Clemente, Pisco, Ica – 2023.	El comportamiento sísmico de una edificación en concreto armado se refiere a la respuesta de un edificio construido con este material ante un terremoto o sismo. Esta respuesta incluye cómo la estructura soporta las fuerzas y aceleraciones generadas por el movimiento sísmico y cómo se comporta en términos de deformaciones, desplazamientos y daños.	Fuerza cortante en la base	V	Edificación en concreto armado de 5 pisos con categoría de tipo común ubicado en San Clemente, Pisco, Ica.	
					INSTRUMENTOS
		Derivas de entrepiso	$\Delta i / h_{ei}$	Norma técnica E.030 diseño sismorresistente	
		Factores de Irregularidad	Ia, Ip	Norma técnica E.050 suelos y cimentaciones	
				Norma técnica E.020 cargas	
Modos de vibración	Masa participativa	Programas de dibujo, hojas de cálculo, software estructural, equipos y útiles de escritorio, otros.			
Espectros de respuesta	Sa				

**Figura 74.** Operacionalización de variables.  
Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.

# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 Centro de Producción "Laboratorio de Mecánica de Suelos"  
 Ciudad Universitaria Panamericana Sur Km. 305 Teléfax: 056-225924 Telf: 218928 ICA - PERÚ



## ANALISIS GRANULOMETRICO

**Solicitado por** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi CERTIFICADO N° 008-23  
**Proyecto** : Aplic. De la Nor. Tec. E.30 Diseño Sismor. para el comp. Sism. de una Edif. de Conc. Armado en San Clemente, Pisco, Ica -2023  
**Ubicación** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA BOLETA N° BS04-00000025

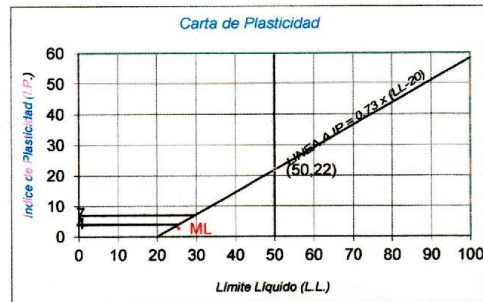
**Tipo de Exploración** A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C- 1; E- 1 0.00 a 1.20 mt.  
**Peso de Muestra** : 4600.00 grs.

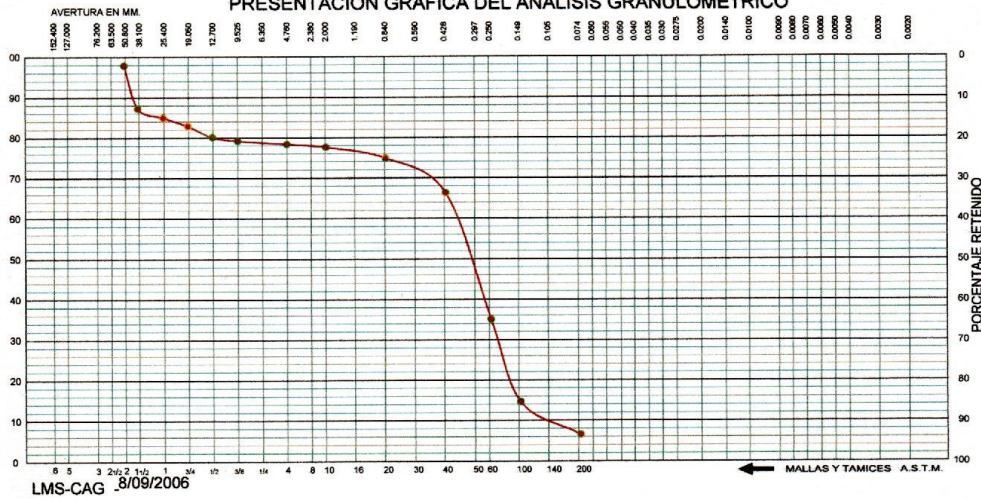
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	504.96	10.98	89.02	10.98
1"	25.400	106.99	2.33	86.70	13.30
3/4"	19.000	99.99	2.17	84.52	15.48
1/2"	12.700	130.99	2.85	81.68	18.32
3/8"	9.500	43.00	0.93	80.74	19.26
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	40.00	0.87	79.87	20.13
8	2.300				
10	2.000	35.40	0.77	79.10	20.90
16	1.190				
20	0.840	130.19	2.83	76.27	23.73
30	0.590				
40	0.420	407.36	8.86	67.42	32.58
50	0.297				
60	0.250	1484.87	32.28	35.14	64.86
80	0.177				
100	0.149	973.12	21.15	13.98	86.02
140	0.105				
200	0.074	385.17	8.37	5.61	94.39
Fondo		257.96	5.61	0.00	100.00
Peso Total =		4600.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)		0.113	C <sub>u</sub>	3.36	
D <sub>50</sub> (mm)		0.225	C <sub>c</sub>	1.18	
D <sub>60</sub> (mm)		0.381			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	8.24
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	26.40
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	22.80
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	2.60
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S P - S M
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-2-4 ( 0 )



### PRESENTACION GRAFICA DEL ANALISIS GRANULOMETRICO



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 C.P.C. ERASMO MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 75.** Análisis granulométrico C1-E1.  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

**Solicitado por** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi CERTIFICADO N° 008-A-23  
**Proyecto** : Aplic. De la Nor. Tec. E.30 Diseño Sismor. para el comp. Sism. de una Edif. de Conc. Armado en San Clemente, Pisco, Ica -2023  
**Ubicación** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA

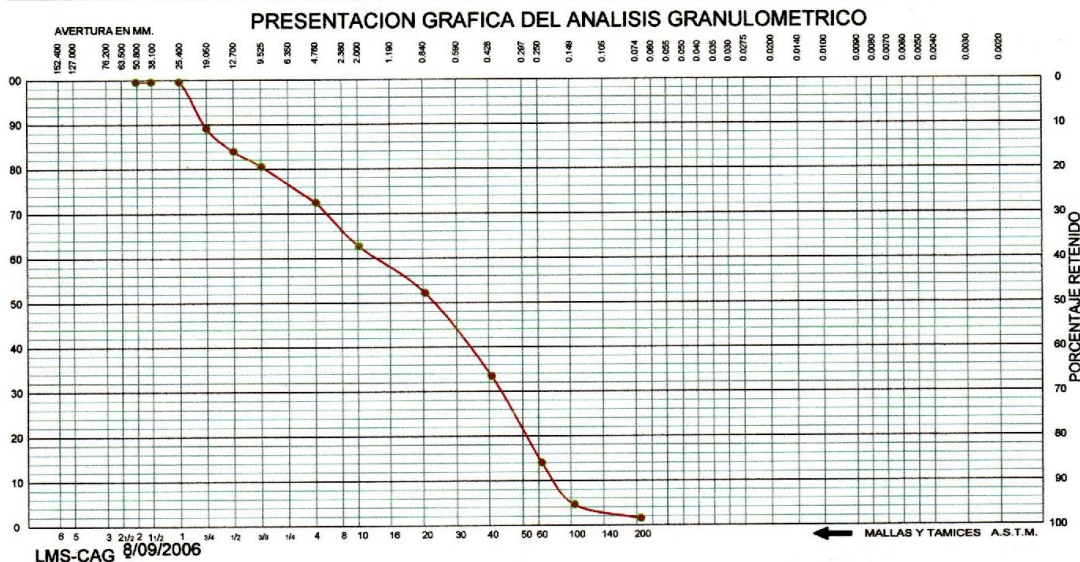
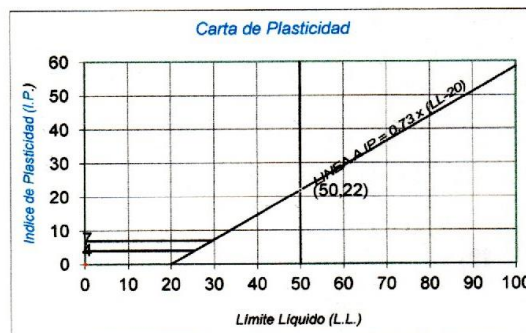
**Tipo de Exploración** A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** Tec. Gonzalo Tejeda Cordova  
**Fecha** ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C-1; E-2 1.20 a 2.00 mt.  
**Peso de Muestra** : 4100.00 grs.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.000	426.80	10.41	89.59	10.41
1/2"	12.700	212.40	5.18	84.41	15.59
3/8"	9.500	138.80	3.39	81.02	18.98
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	329.20	8.03	73.00	27.00
8	2.300				
10	2.000	400.00	9.76	63.24	36.76
16	1.190				
20	0.840	428.40	10.45	52.79	47.21
30	0.590				
40	0.420	765.20	18.66	34.13	65.87
50	0.297				
60	0.250	792.80	19.34	14.79	85.21
80	0.177				
100	0.149	384.80	9.39	5.40	94.60
140	0.105				
200	0.074	126.40	3.08	2.32	97.68
Fondo		95.20	2.32	0.00	100.00
Peso Total =		4100.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)		0.198	C <sub>u</sub>	8.27	
D <sub>30</sub> (mm)		0.384	C <sub>c</sub>	0.45	
D <sub>60</sub> (mm)		1.640			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	4.10
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	0.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	0.00
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	0.00
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S	P
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-1-b (0)	



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 C.R. CERRASCO MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 76.** Análisis granulométrico C1-E2  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

**Solicitado por** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi CERTIFICADO N° 008-B-23  
**Proyecto** : Aplic. De la Nor. Tec. E.30 Diseño Sismor. para el comp. Sism. de una Edif. de Conc. Armado en San Clemente, Pisco, Ica -2023  
**Ubicación** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA

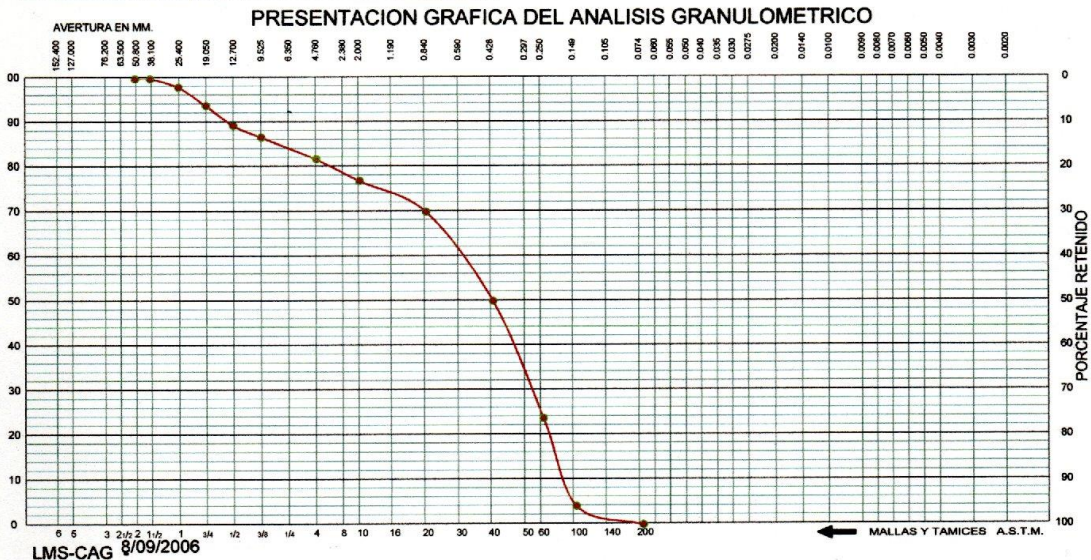
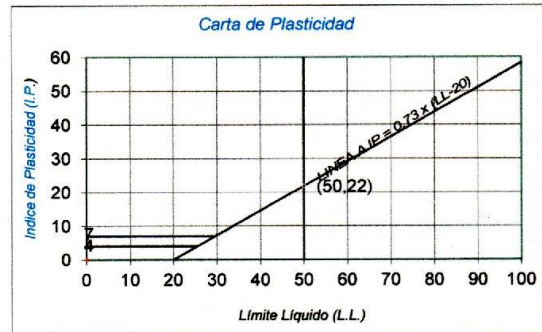
**Tipo de Exploración** A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** Tec. Gonzalo Tejeda Cordova  
**Fecha** ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C-1; E-3 2.00 a 3.00 mt.  
**Peso de Muestra** : 4828.00 grs.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	92.74	1.92	98.08	1.92
3/4"	19.000	199.17	4.13	93.95	6.05
1/2"	12.700	212.26	4.40	89.56	10.44
3/8"	9.500	127.92	2.65	86.91	13.09
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	236.15	4.89	82.02	17.98
8	2.300				
10	2.000	233.15	4.83	77.19	22.81
16	1.190				
20	0.840	335.58	6.95	70.24	29.76
30	0.590				
40	0.420	955.19	19.78	50.45	49.55
50	0.297				
60	0.250	1265.49	26.21	24.24	75.76
80	0.177				
100	0.149	945.69	19.59	4.65	95.35
140	0.105				
200	0.074	200.67	4.16	0.50	99.50
Fondo		23.98	0.50	0.00	100.00
Peso Total =		4828.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)	0.177	C <sub>u</sub>	3.53		
D <sub>30</sub> (mm)	0.287	C <sub>c</sub>	0.75		
D <sub>60</sub> (mm)	0.623				

HUMEDAD NATURAL (W)	%	3.78
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	0.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	0.00
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	0.00
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S P
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-3 ( 0 )



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 C.P.C. ERASMO MANUEL BERRAVES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 77.** Análisis granulométrico C1-E3  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ANALISIS GRANULOMETRICO**

**Solicitado por** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi **CERTIFICADO N°** 008-C-23  
**Proyecto** : Aplic. De la Nor. Tec. E.30 Diseño Sismor. para el comp. Sism. de una Edif. de Conc. Armado en San Clemente, Pisco, Ica -2023  
**Ubicación** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA

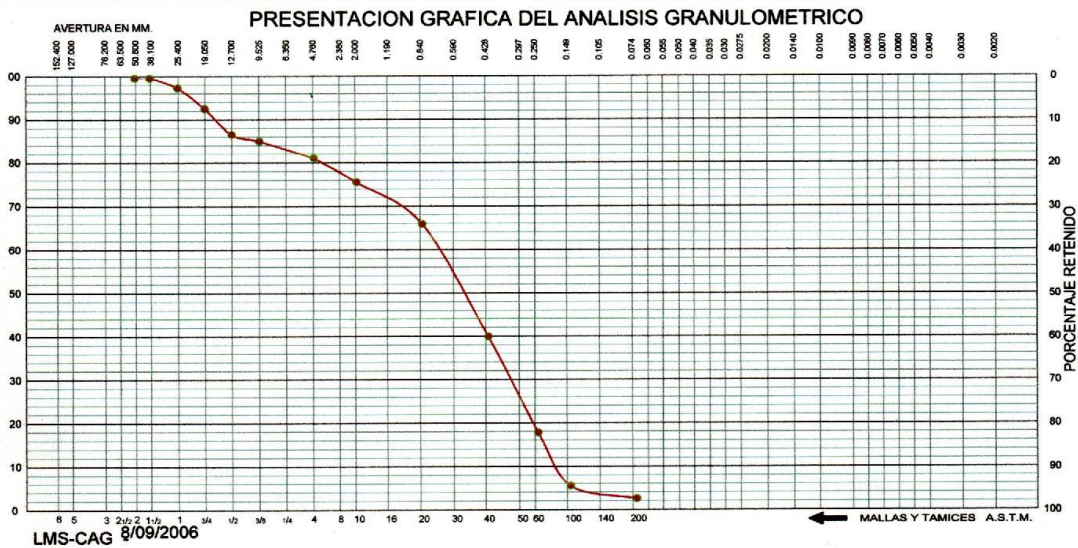
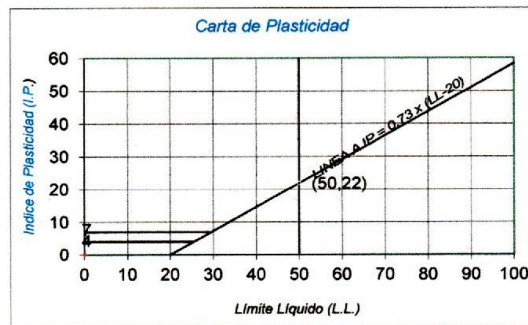
**Tipo de Exploración** A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** Tec. Gonzalo Tejeda Cordova  
**Fecha** ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C-2; E-1 0.00 a 1.20 mt.  
**Peso de Muestra** : 5910.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret. Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	137.20	2.32	97.68	2.32
3/4"	19.000	280.00	4.74	92.94	7.06
1/2"	12.700	351.60	5.95	86.99	13.01
3/8"	9.500	92.80	1.57	85.42	14.58
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	226.40	3.83	81.59	18.41
8	2.300				
10	2.000	325.00	5.50	76.09	23.91
16	1.190				
20	0.840	569.60	9.64	66.45	33.55
30	0.590				
40	0.420	1529.80	25.88	40.57	59.43
50	0.297				
60	0.250	1302.80	22.04	18.52	81.48
80	0.177				
100	0.149	722.60	12.23	6.30	93.70
140	0.105				
200	0.074	175.60	2.97	3.33	96.67
Fondo		196.60	3.33	0.00	100.00
Peso Total =		5910.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)		0.180	C <sub>U</sub>	4.09	
D <sub>30</sub> (mm)		0.338	C <sub>C</sub>	0.87	
D <sub>60</sub> (mm)		0.735			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	4.08
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	0.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	0.00
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	0.00
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S P
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-1-b ( 0 )



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 C.P.C. ERASMO MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 78.** Análisis granulométrico C2-E1  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ANALISIS GRANULOMETRICO**

**Solicitado por** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi CERTIFICADO N° 008-D-23  
**Proyecto** : Aplic. De la Nor. Tec. E.30 Diseño Sismor. para el comp. Sism. de una Edif. de Conc. Armado en San Clemente, Pisco, Ica -2023  
**Ubicación** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA

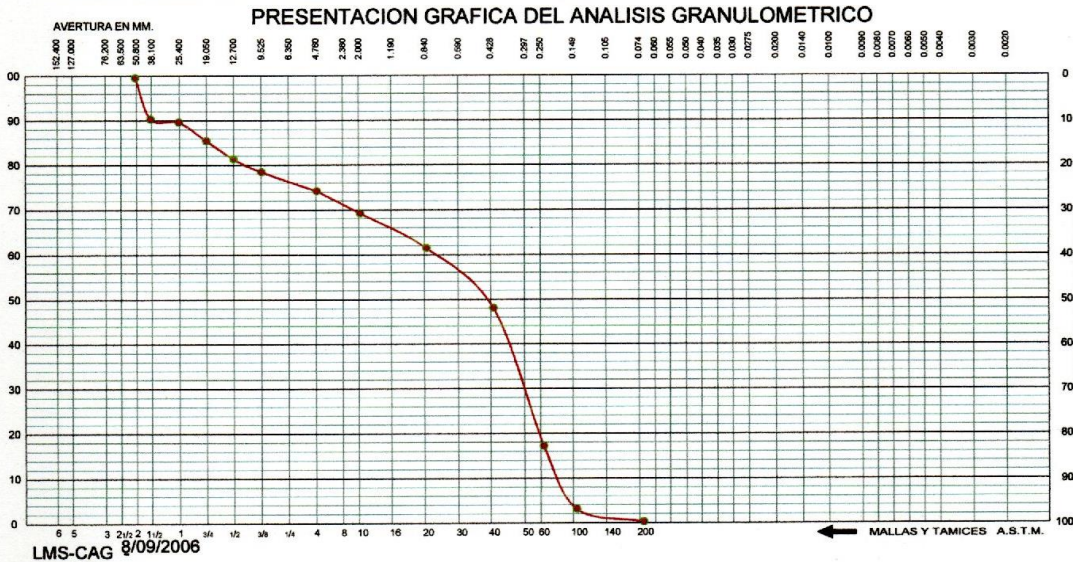
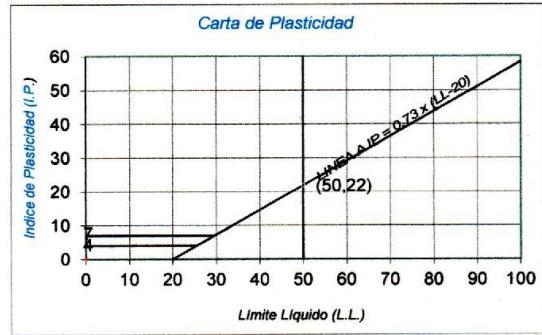
**Tipo de Exploración** A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** Tec. Gonzalo Tejada Cordova  
**Fecha** ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C-2; E-2 1.20 a 2.00 mt.  
**Peso de Muestra** : 5250.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamizez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	481.60	9.17	90.83	9.17
1"	25.400	37.80	0.72	90.11	9.89
3/4"	19.000	217.60	4.14	85.96	14.04
1/2"	12.700	217.00	4.13	81.83	18.17
3/8"	9.500	150.20	2.86	78.97	21.03
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	222.20	4.23	74.74	25.26
8	2.300				
10	2.000	259.60	4.94	69.79	30.21
16	1.190				
20	0.840	406.40	7.74	62.05	37.95
30	0.590				
40	0.420	700.80	13.35	48.70	51.30
50	0.297				
60	0.250	1612.60	30.72	17.98	82.02
80	0.177				
100	0.149	737.00	14.04	3.95	96.05
140	0.105				
200	0.074	149.00	2.84	1.11	98.89
Fondo		58.20	1.11	0.00	100.00
Peso Total =		5250.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)		0.193	C <sub>u</sub>	4.03	
D <sub>30</sub> (mm)		0.316	C <sub>c</sub>	0.67	
D <sub>60</sub> (mm)		0.776			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	4.32
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	0.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	0.00
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	0.00
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S	P
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-1-b	(0)



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 C.P.C. ERASMO MANUEL BENAVIDES PLOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

Figura 79. Análisis granulométrico C2-E2  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

**Solicitado por** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi CERTIFICADO N° 008-E-23  
**Proyecto** : Aplic. De la Nor. Tec. E.30 Diseño Sismor. para el comp. Sism. de una Edif. de Conc. Armado en San Clemente, Pisco, Ica -2023  
**Ubicación** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA

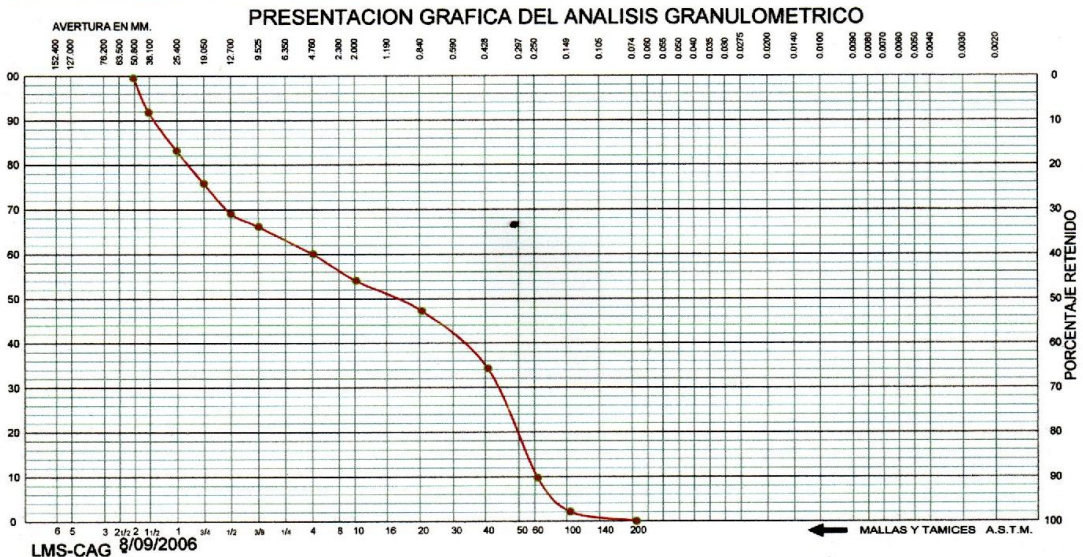
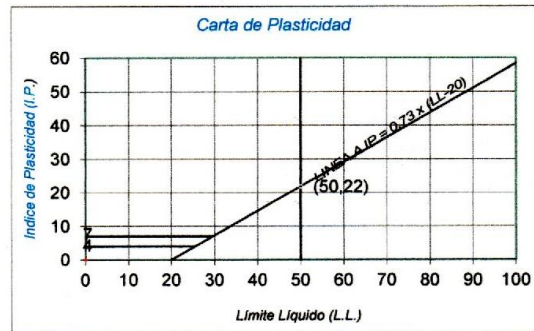
**Tipo de Exploración** A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** Tec. Gonzalo Tejeda Cordova  
**Fecha** ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C- 2; E-3 2.00 a 3.00 mt.  
**Peso de Muestra** : 5516.00 grs.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	424.70	7.70	92.30	7.70
1"	25.400	475.80	8.63	83.67	16.33
3/4"	19.000	403.10	7.31	76.37	23.63
1/2"	12.700	372.30	6.75	69.62	30.38
3/8"	9.500	160.10	2.90	66.72	33.28
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	335.90	6.09	60.63	39.37
8	2.300				
10	2.000	328.20	5.95	54.68	45.32
16	1.190				
20	0.840	375.00	6.80	47.88	52.12
30	0.590				
40	0.420	713.00	12.93	34.95	65.05
50	0.297				
60	0.250	1347.20	24.42	10.53	89.47
80	0.177				
100	0.149	419.10	7.60	2.93	97.07
140	0.105				
200	0.074	116.70	2.12	0.81	99.19
Fondo		44.90	0.81	0.00	100.00
Peso Total =		5516.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)		0.243	C <sub>u</sub>		18.40
D <sub>30</sub> (mm)		0.386	C <sub>c</sub>		0.14
D <sub>60</sub> (mm)		4.470			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	3.97
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	0.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	0.00
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	0.00
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S P
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-1-b ( 0 )



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 C.P.C. ERASMO MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 80.** Análisis granulométrico C2-E3  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ANALISIS GRANULOMETRICO**

**Solicitado por** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi CERTIFICADO N° 08-F-23  
**Proyecto** : Aplic.Dela Nor. Tece-30 Diseño Sismor.para el comp.Sis.de una Edif.de Conc.Armado en San Clemente,Pisco-Ica-2023.  
**Ubicación** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA BOLETA N° BS04-00000025

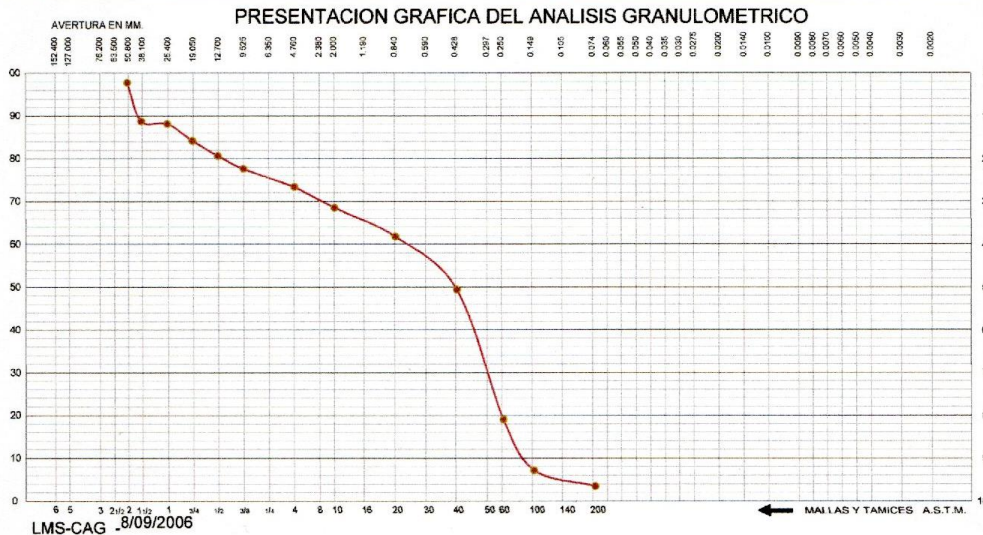
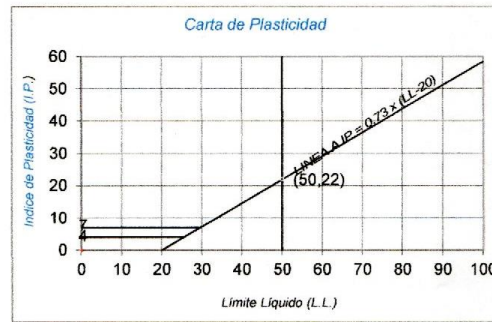
**Tipo de Exploración** : A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** : ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** : ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C - 3, E - 1 0.00 a 1.20 mt.  
**Peso de Muestra** : 5450.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	510.80	9.37	90.63	9.37
1"	25.400	32.60	0.60	90.03	9.97
3/4"	19.000	223.30	4.10	85.93	14.07
1/2"	12.700	198.20	3.64	82.30	17.70
3/8"	9.500	171.40	3.14	79.15	20.85
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	240.10	4.41	74.74	25.26
8	2.300				
10	2.000	270.80	4.97	69.76	30.22
16	1.190				
20	0.840	382.30	7.01	62.76	37.24
30	0.590				
40	0.420	695.60	12.76	50.00	50.00
50	0.297				
60	0.250	1712.40	31.42	18.58	81.42
80	0.177				
100	0.149	665.70	12.21	6.36	93.64
140	0.105				
200	0.074	208.10	3.82	2.54	97.46
Fondo		138.70	2.54	0.00	100.00
Peso Total =		5450.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)		0.179	C <sub>u</sub>	4.18	
D <sub>30</sub> (mm)		0.312	C <sub>c</sub>	0.72	
D <sub>60</sub> (mm)		0.749			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	4.39
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	0.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	0.00
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	0.00
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S	P
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-1-b ( 0 )	



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 C.P. GERASMO MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 81.** Análisis granulométrico C3-E1  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ANALISIS GRANULOMETRICO**

**Solicitado por** Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi **CERTIFICADO N°** 08-G-23  
**Proyecto** : Aplic. Dela Nor. Tece-30 Diseño Sismor. para el comp. Sis. de una Edif. de Conc. Armado en San Clemente, Pisco-Ica-2023.  
**Ubicación** SAN CLEMENTE - PISCO - ICA **BOLETA N°** BS04-00000025

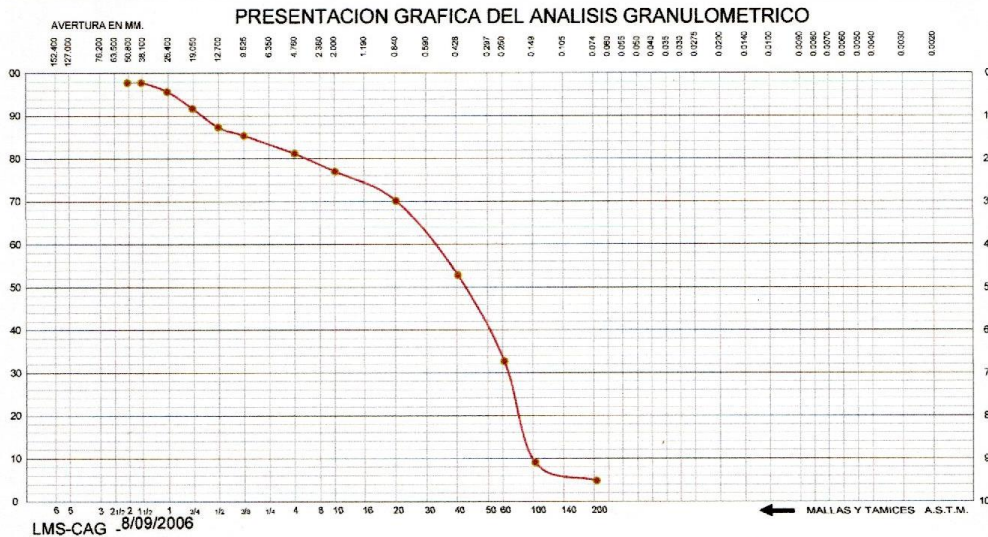
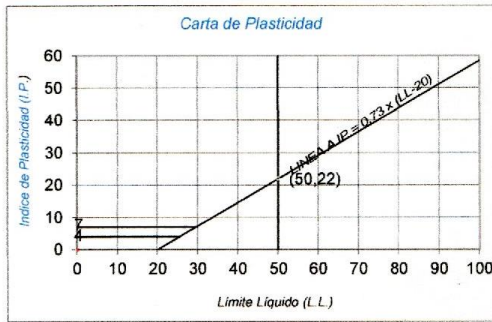
**Tipo de Exploración** A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C - 3, E - 2 1.20 a 2.00 mt.  
**Peso de Muestra** : 4960.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	106.50	2.15	97.85	2.15
3/4"	19.000	203.70	4.11	93.75	6.25
1/2"	12.700	225.30	4.54	89.20	10.80
3/8"	9.500	99.80	2.01	87.19	12.81
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	212.20	4.28	82.91	17.09
8	2.300				
10	2.000	218.30	4.40	78.51	21.49
16	1.190				
20	0.840	350.90	7.07	71.44	28.56
30	0.590				
40	0.420	887.50	17.89	53.54	46.46
50	0.297				
60	0.250	1032.20	20.81	32.73	67.27
80	0.177				
100	0.149	1211.10	24.42	8.32	91.68
140	0.105				
200	0.074	218.60	4.41	3.91	96.09
Fondo		193.90	3.91	0.00	100.00
Peso Total =		4960.00	gr.		
D <sub>10</sub> (mm)		0.156	C <sub>u</sub>		3.66
D <sub>30</sub> (mm)		0.239	C <sub>c</sub>		0.64
D <sub>60</sub> (mm)		0.572			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	4.28
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	0.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	0.00
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	0.00
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S P
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-3 ( 0 )



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 R.P.C. ERASMO MANUEL BENVENIDOS PALOMINO  
 COORDINADOR ADMINISTRACIÓN

**Figura 82.** Análisis granulométrico C3-E2  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ANALISIS GRANULOMETRICO**

**Solicitado por** Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi **CERTIFICADO N°** 08-H-23  
**Proyecto** : Aplic.Dela Nor. Tece-30 Diseño Sismor. para el comp.Sis.de una Edif.de Conc.Armado en San Clemente,Pisco-Ica-2023.  
**Ubicación** SAN CLEMENTE - PISCO - ICA **BOLETA N°** BS04-00000025

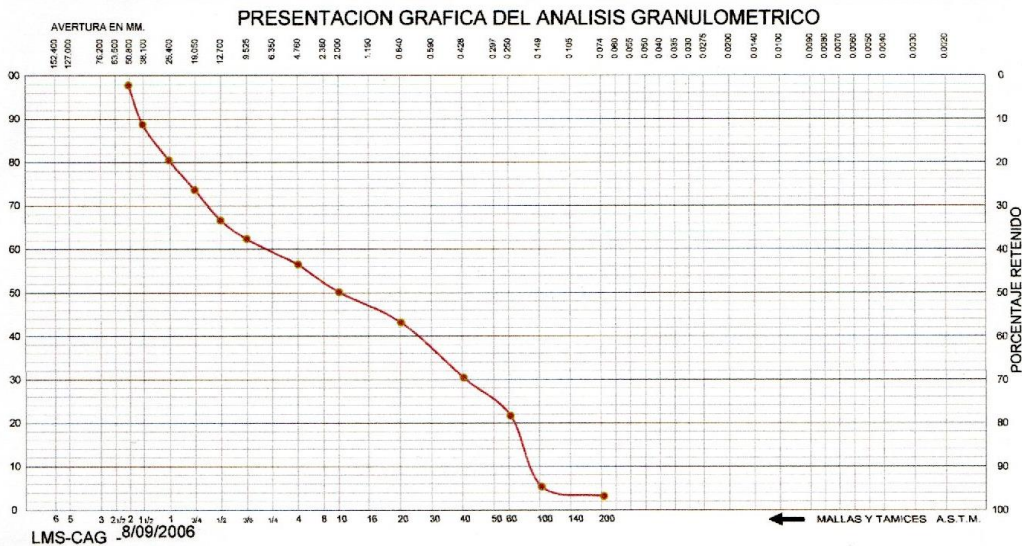
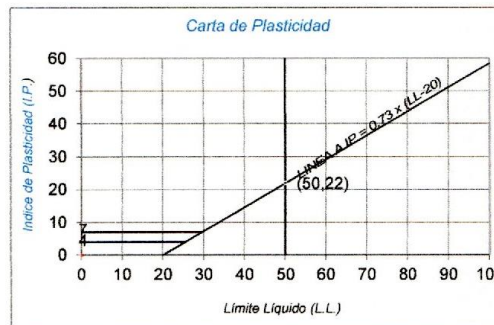
**Tipo de Exploración** A CIELO ABIERTO  
**Realizado por** ING. RENE CANCHARI VEGA  
**Fecha** ICA, Agosto del 2023

**Procedencia** : SAN CLEMENTE  
**Muestra** : C - 3, E - 3 2.00 a 3.00 mt.  
**Peso de Muestra** : 5599.00 grs.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
Tamicez ASTM	Aber. mm.	Peso reten.	% Reten.	% Pasa	% Ret Acum.
2"	50.800				
1 1/2"	38.100	524.80	9.37	90.63	9.37
1"	25.400	474.30	8.47	82.16	17.84
3/4"	19.000	401.70	7.17	74.98	25.02
1/2"	12.700	398.80	7.12	67.86	32.14
3/8"	9.500	250.20	4.47	63.39	36.61
1/4"	6.350				
N° 4	4.760	336.30	6.01	57.38	42.62
8	2.300				
10	2.000	370.50	6.62	50.77	49.23
16	1.190				
20	0.840	401.40	7.17	43.60	56.40
30	0.590				
40	0.420	738.30	13.19	30.41	69.59
50	0.297				
60	0.250	510.00	9.11	21.30	78.70
80	0.177				
100	0.149	940.60	16.80	4.50	95.50
140	0.105				
200	0.074	127.80	2.28	2.22	97.78
Fondo		124.30	2.22	0.00	100.00
Peso Total =		5599.00	gr.		
$D_{10}$ (mm)		0.182	$C_u$	37.49	
$D_{50}$ (mm)		0.412	$C_c$	0.14	
$D_{60}$ (mm)		6.825			

HUMEDAD NATURAL (W)	%	5.25
LIMITE LIQUIDO (L.L.)	%	0.00
LIMITE PLASTICO (L.P.)	%	0.00
INDICE PLASTICO (I.P.)	%	0.00
PESO ESPECIFICO	(gr/cc)	

CLASIFICACION S.U.C.S.	S P
CLASIFICACION A.A.S.H.T.O.	A-1-b ( 0 )



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 C. PROFESOR MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 JEFE DE ADMINISTRACION

**Figura 83.** Análisis granulométrico C3-E2  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**DENSIDAD IN SITU**  
**METODO DEL CONO DE ARENA**

**CERTIFICADO N° 004-23**  
**BOLETA N° BS04-0000025**

SOLICITANTE : **Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi**  
 OBRA : **APLICACIÓN DE LA NORMA TECNICA E.30 DISEÑO SISMORRESISTENTE PARA EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA EDIFICACION DE CONCRETO ARMADO EN SAN CLEMENTE, PISCO, ICA - 2023**  
 UBICACIÓN : **SAN CLEMENTE - PISCO - ICA**  
 MATERIAL : **SUELO NATURAL**  
 CANTERA :  
 FECHA : **Ica, Agosto del 2023**  
 TECNICO OPERADOC **Gonzalo Tejeda**

MUESTRA N°	1			
	SUELO NATURAL			
CAPA	C - 1; E - 2		C - 1; E - 1	
LUGAR	SAN CLEMENTE		SAN CLEMENTE	
LADO:	EJE		EJE	
1. Peso de la lata + suelo humedo	4,120.50		4,150.80	
2. Peso de la lata	0.00		0.00	
3. Peso del suelo humedo (1 - 2 )	4,120.50		4,150.80	
4. Peso de arena + frasco	4,000.00		4,000.00	
5. Peso de la arena que queda + el frasco + el peso de arena embudo	615.50		694.05	
6. Peso del arena empleada (4 - 5)	3,384.50		3,305.05	
7. Densidad de la arena	1.37		1.37	
8. Volumen del hueco (8/7)	2,470.44		2,413.10	
9. Peso de la grava al aire	0.00		0.00	
10. Volumen de la grava por desplaz.	0.00		0.00	
11. Peso del suelo (3 - 9 )	4,120.50		4,150.80	
12. Volumen del, suelo (8 - 10 )	2,470.44		2,413.10	
13. Densidad del suelo humedo(11/12)	1.67	1.67	1.72	1.72
14. Humedad contenida en el suelo	4.10		8.24	
15. Densidad del suelo seco	1.60		1.59	
16. Densidad del suelo seco gr/cm3	1.60	1.60	1.59	1.59
17. Max. Dens. determinada en la curva	0.00		0.00	
18. Porcentaje de compactacion(16/17)	0.00		0.00	
19. Compactacion especificada	0.00		0.00	
Espesor compactado (mt.)	0.00		0.00	
<b>Control de humedad</b>				
ECIPIENTE N°	C - 1; E - 2		C - 1; E - 1	
1. Peso de la lata + suelo humedo	273.70		380.43	
2. Peso de la lata + suelo seco	264.40		354.70	
3. Peso de agua	9.30		25.73	
4. Peso de lata	37.50		42.50	
5. Suelo seco	226.90		312.20	
6. Porcentaje de humedad con Speedy	4.10		8.24	

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
  
 C. P. ERASMO MANUEL BENAVIDES PALMIRINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACION

**Figura 84.** Densidad in situ por el método del cono de arena  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
 NORMA ASTM - 3080**

**CERTIFICADO N° 006-23  
 BOLETA N° BS04-00000025**

**SOLICITANTE** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi  
**PROYECTO** : APLICACIÓN DE LA NORMA TECNICA E.30 DISEÑO SISMORRESISTENTE PARA EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA EDIFICACION DE CONCRETO ARMADO EN SAN CLEMENTE, PISCO, ICA -2023

**UBICACIÓN** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA  
**FECHA** : ICA, AGOSTO DEL 2023  
**Sondaje** : C - 1; **Clasif. (SUCS)** : SP/ ARENA INORGANICA MAL GRADUADA  
**Muestra** : E - 2 **Velocidad (mm/min)** : 0.5  
**Profundidad** : 1.20 - 2.00 mt. **Coef. Anillo CR (div/kg.)** : 0.306  
**Estado** : Remoldeado

**DATOS DEL ESPECIMEN 1**

Longitud (cm)	6.00	Peso del espec. (gr.)	120.00
Altura (cm)	2.00	Dens. Nat. (kg/cm <sup>3</sup> )	1.67
Área (cm <sup>2</sup> )	36.00	hum. final (%)	4.10
Volum. (cm <sup>3</sup> )	72.00	Esf. Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.50
Hum. inicial (%)	4.10	Carg. Normal (kg)	20.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical	desplazam. horizontal	Fuerza de corte	Esfuerzo de corte
div.	mm	(divisiones)	(divisiones)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	135	0	0.00	0.00
10	0.250	130	17	5.20	0.14
20	0.500	125	23	7.04	0.20
30	0.750	120	28	8.57	0.24
40	1.000	115	31	9.49	0.26
50	1.250	110	34	10.40	0.29
60	1.500	105	37	11.32	0.31
70	1.750	102	38	11.63	0.32
80	2.000	100	39	11.93	0.33
90	2.250	98	40	12.24	0.34
100	2.500	95	41	12.55	0.35
110	2.750	90	42	12.85	0.36
120	3.000	85	43	13.16	0.37
130	3.250	80	43	13.16	0.37
140	3.500	75	43	13.16	0.37
150	3.750	70	43	13.16	0.37
160	4.000	65	43	13.16	0.37
170	4.250	60	43	13.16	0.37
180	4.500				
190	4.750				
200	5.000				
210	5.250				
220	5.500				

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
  
 C.P.C. ERASMO MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 85.** Ensayo de corte directo - especimen 1  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
 NORMA ASTM - 3080**

**CERTIFICADO N° 006-23  
 BOLETA N° BS04-00000025**

**SOLICITANTE** : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi  
**PROYECTO** : APLICACIÓN DE LA NORMA TECNICA E.30 DISEÑO SISMORRESISTENTE PARA EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA EDIFICACION DE CONCRETO ARMADO EN SAN CLEMENTE, PISCO, ICA -2023

**UBICACIÓN** : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA  
**FECHA** : ICA, AGOSTO DEL 2023  
**Sondaje** : C - 1; **Clasif. (SUCS)** : SP/ ARENA INORGANICA MAL GRADUADA  
**Muestra** : E - 2 **Velocidad (mm/min)** : 0.5  
**Profundidad** : 1.20 - 2.00 mt. **Coef. Anillo CR (div/kg.)** : 0.306  
**Estado** : Remoldeado

**DATOS DEL ESPECIMEN 2**

Longitud (cm)	6.00	Peso del espec. (gr.)	120.00
Altura (cm)	2.00	Dens. Nat. (kg/cm <sup>3</sup> )	1.67
Área (cm <sup>2</sup> )	36.00	hum. final (%)	4.10
Volum. (cm <sup>3</sup> )	72.00	Esf. Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.00
Hum. inicial (%)	4.10	Carg. Normal (kg)	40.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical	desplazam. horizontal	Fuerza de corte	Esfuerzo de corte
div.	mm	(divisiones)	(divisiones)	(kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.000	180	0	0.00	0.00
10	0.250	176	37	11.32	0.31
20	0.500	170	44	13.46	0.37
30	0.750	165	50	15.30	0.43
40	1.000	160	55	16.83	0.47
50	1.250	154	58	17.75	0.49
60	1.500	150	62	18.97	0.53
70	1.750	145	64	19.58	0.54
80	2.000	140	67	20.50	0.57
90	2.250	135	69	21.11	0.59
100	2.500	130	71	21.73	0.60
110	2.750	125	73	22.34	0.62
120	3.000	120	75	22.95	0.64
130	3.250	115	78	23.87	0.66
140	3.500	110	80	24.48	0.68
150	3.750	100	82	25.09	0.70
160	4.000	95	83	25.40	0.71
170	4.250	90	83	25.40	0.71
180	4.500	85	83	25.40	0.71
190	4.750				
200	5.000				

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
  
 C.P.C. ERASMO MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 86.** Ensayo de corte directo - especimen 2  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
NORMA ASTM - 3080**CERTIFICADO N° 006-23  
BOLETA N° BS04-0000025

SOLICITANTE : Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi  
 PROYECTO : APLICACIÓN DE LA NORMA TECNICA E.30 DISEÑO SISMORRESISTENTE PARA EL COMPORTAMIENTO  
 SISMICO DE UNA EDIFICACION DE CONCRETO ARMADO EN SAN CLEMENTE, PISCO, ICA -2023

UBICACIÓN : SAN CLEMENTE - PISCO - ICA  
 FECHA : ICA, AGOSTO DEL 2023  
 Sondaje : C - 1; Clasif. (SUCS) : SP/ ARENA INORGANICA MAL GRADUADA  
 Muestra : E - 2 Velocidad (mm/min) : 0.5  
 Profundidad : 1.20 - 2.00 mt. Coef. Anillo CR (div/kg.) : 0.306  
 Estado : Remoldeado

**DATOS DEL ESPECIMEN 3**

Longitud (cm)	6.00	Peso del espec. (gr.)	120.00
Altura (cm)	2.00	Dens. Nat. (kg/cm <sup>3</sup> )	1.67
Área (cm <sup>2</sup> )	36.00	hum. final (%)	4.10
Volum. (cm <sup>3</sup> )	72.00	Esf. Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	1.50
Hum. inicial (%)	4.10	Carg. Normal (kg)	60.00

Deform. Tangencial		desplaz. vertical (divisiones)	desplazam. horizontal (divisiones)	Fuerza de corte (kg)	Esfuerzo de corte (kg/cm <sup>2</sup> )
div.	mm				
0	0.000	230	0	0.00	0.00
10	0.250	225	54	16.52	0.46
20	0.500	220	66	20.20	0.56
30	0.750	214	75	22.95	0.64
40	1.000	210	83	25.40	0.71
50	1.250	205	90	27.54	0.77
60	1.500	198	96	29.38	0.82
70	1.750	194	101	30.91	0.86
80	2.000	190	105	32.13	0.89
90	2.250	185	109	33.35	0.93
100	2.500	180	112	34.27	0.95
110	2.750	174	115	35.19	0.98
120	3.000	170	116	35.50	0.99
130	3.250	165	118	36.11	1.00
140	3.500	160	119	36.41	1.01
150	3.750	155	119	36.41	1.01
160	4.000	150	119	36.41	1.01
170	4.250	140	119	36.41	1.01
180	4.500	130	119	36.41	1.01
190	4.750				
200	5.000				

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

*Erasmus Mandel Benavides Palomino*  
 C.P.C. ERASMO MANDEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

**Figura 87.** Ensayo de corte directo - especimen 3  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
 NORMA ASTM - 3080**

**CERTIFICADO N° 006-23  
 BOLETA N° BS04-0000025**

**SOLICITANTE :** Bach. MARTINEZ ROMANI Alexander Luigi

**PROYECTO :** APLICACIÓN DE LA NORMA TECNICA E.30 DISEÑO SISMORRESISTENTE PARA EL COMPORTAMIENTO SISMICO DE UNA EDIFICACION DE CONCRETO ARMADO EN SAN CLEMENTE, PISCO, ICA -2023

**UBICACIÓN :** SAN CLEMENTE - PISCO - ICA

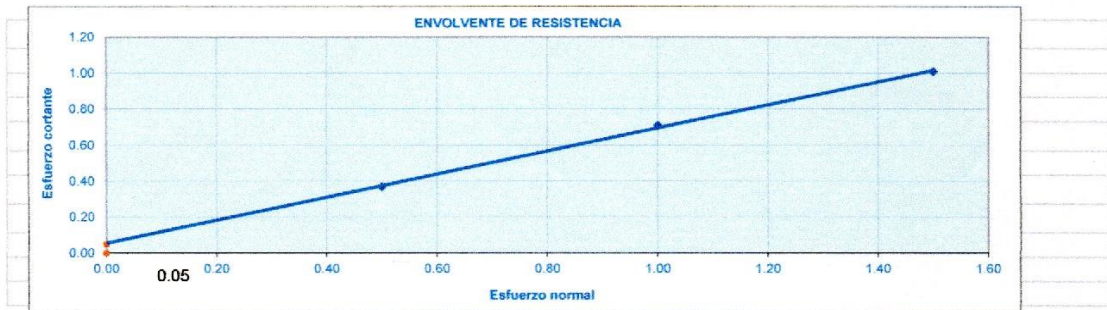
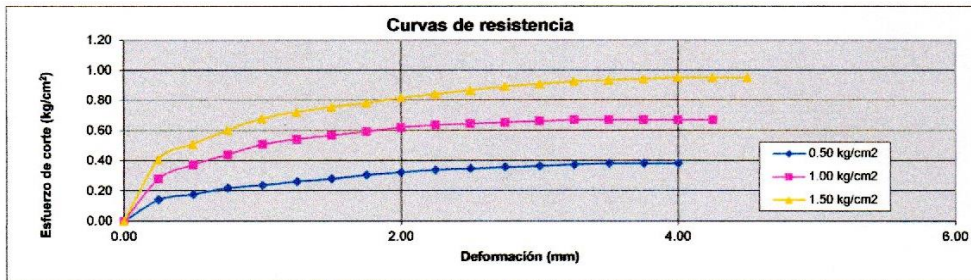
**FECHA :** ICA, AGOSTO DEL 2023

**Sondaje :** C - 1; **Clasif. (SUCS) :** SP/ ARENA INORGANICA MAL GRADUADA

**Muestra :** E - 2 **Velocidad (mm/min) :** 0.5

**Profundidad :** 1.20 - 2.00 mt. **Coef. Anillo CR (div/kg.) :** 0.306

**Estado :** Remoldeado



Esf. Normal kg/cm2	Esf.Cortante kg/cm2
0.50	0.37
1.00	0.71
1.50	1.01

RESULTADOS	
C =	0.05
$\phi =$	32.74

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 C.P.C. ERASMO MANUEL BENAVIDES PALOMINO  
 OFICINA DE ADMINISTRACIÓN

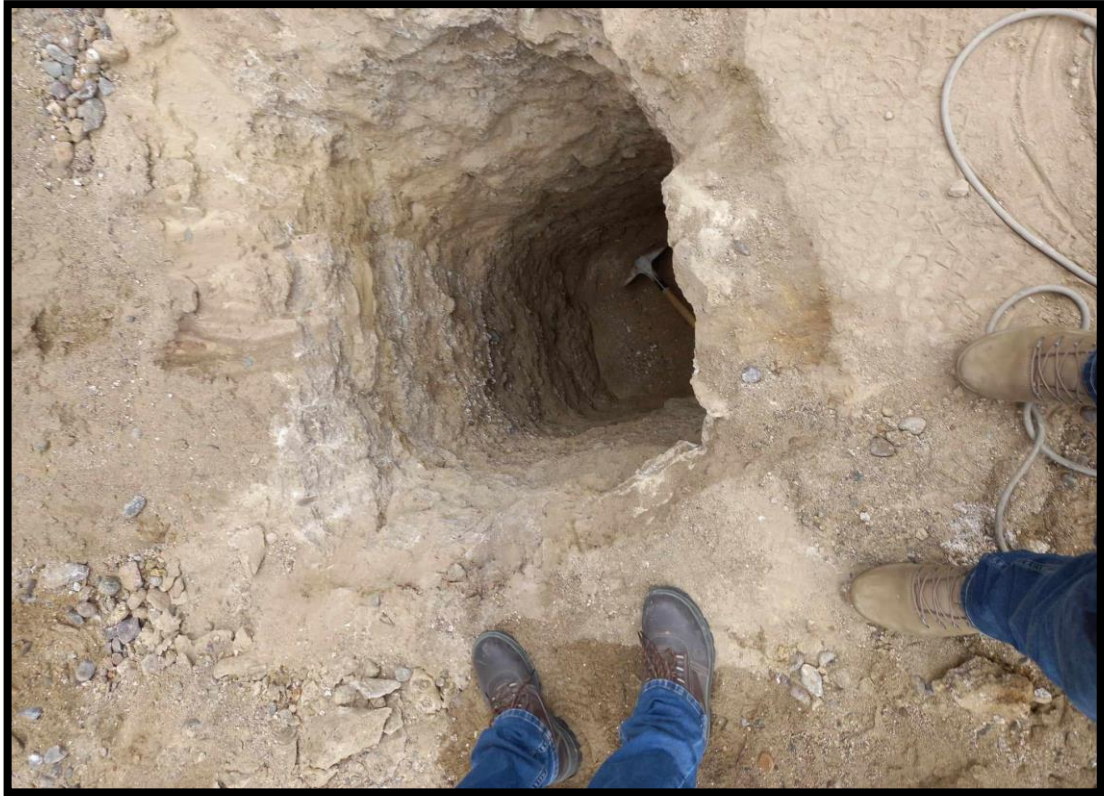
**Figura 88.** Ensayo de corte directo – curva de resistencia  
 Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**Figura 89.** Calicata C-1 a 3.00 m de profundidad.  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 90.** Calicata C-2 a 3.00 m de profundidad.  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 91.** Calicata C-3 a 3.00 m de profundidad.  
Fuente: Creado por el autor.



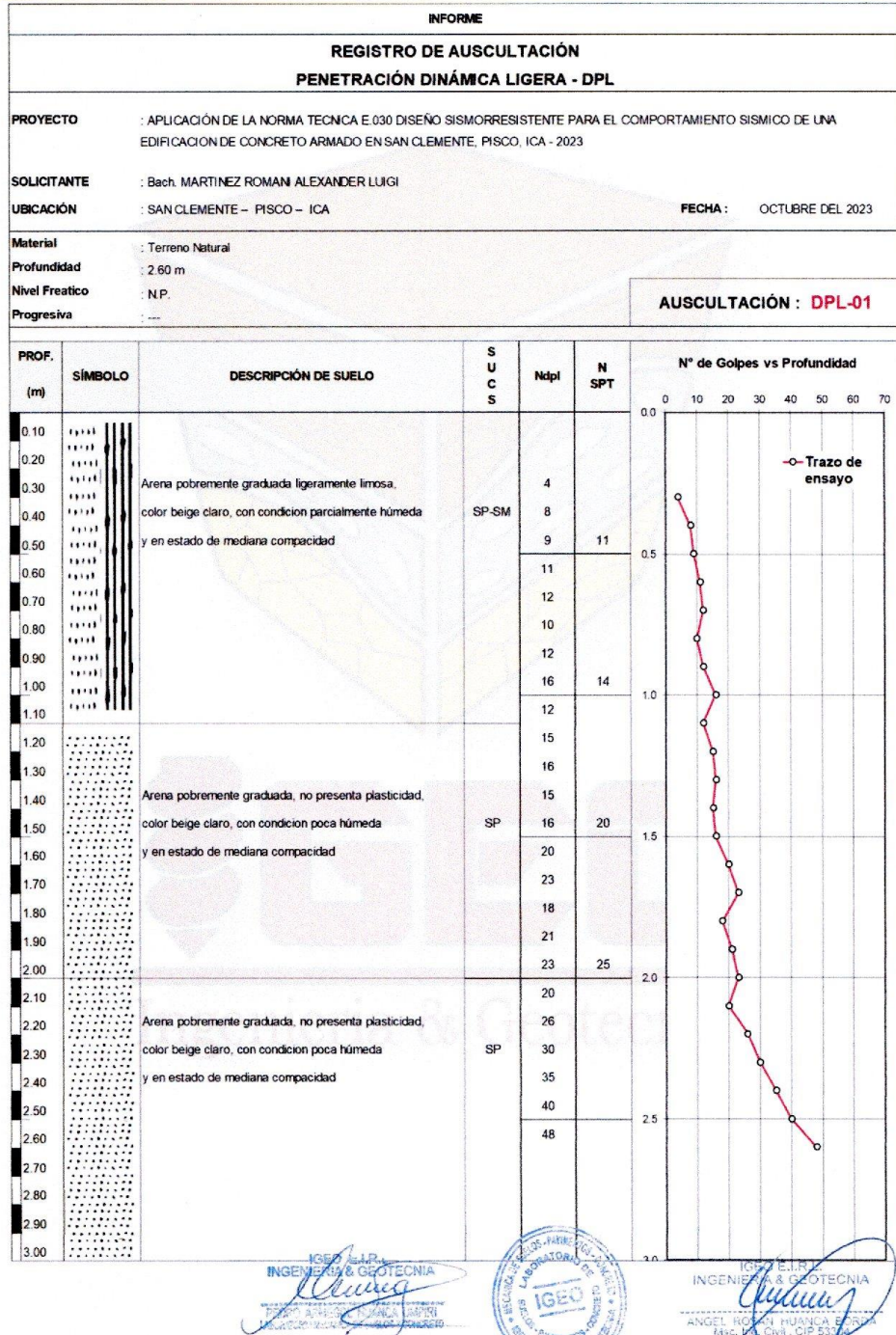
**Figura 92.** Identificación de estratos de suelos.  
Fuente: Creado por el autor.



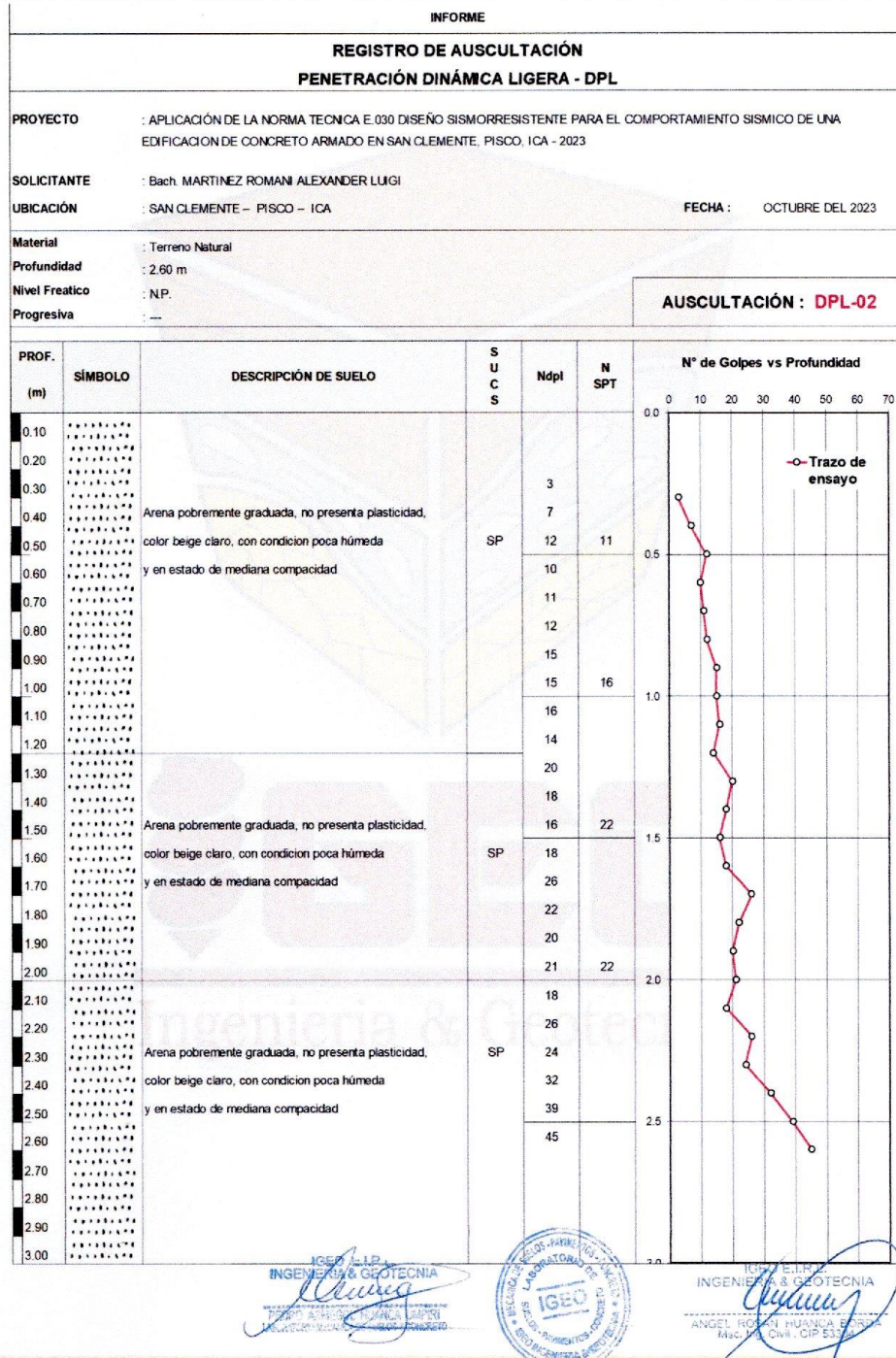
**Figura 93.** Realización de ensayo de granulometría en laboratorio FIC.  
Fuente: Creado por el autor.



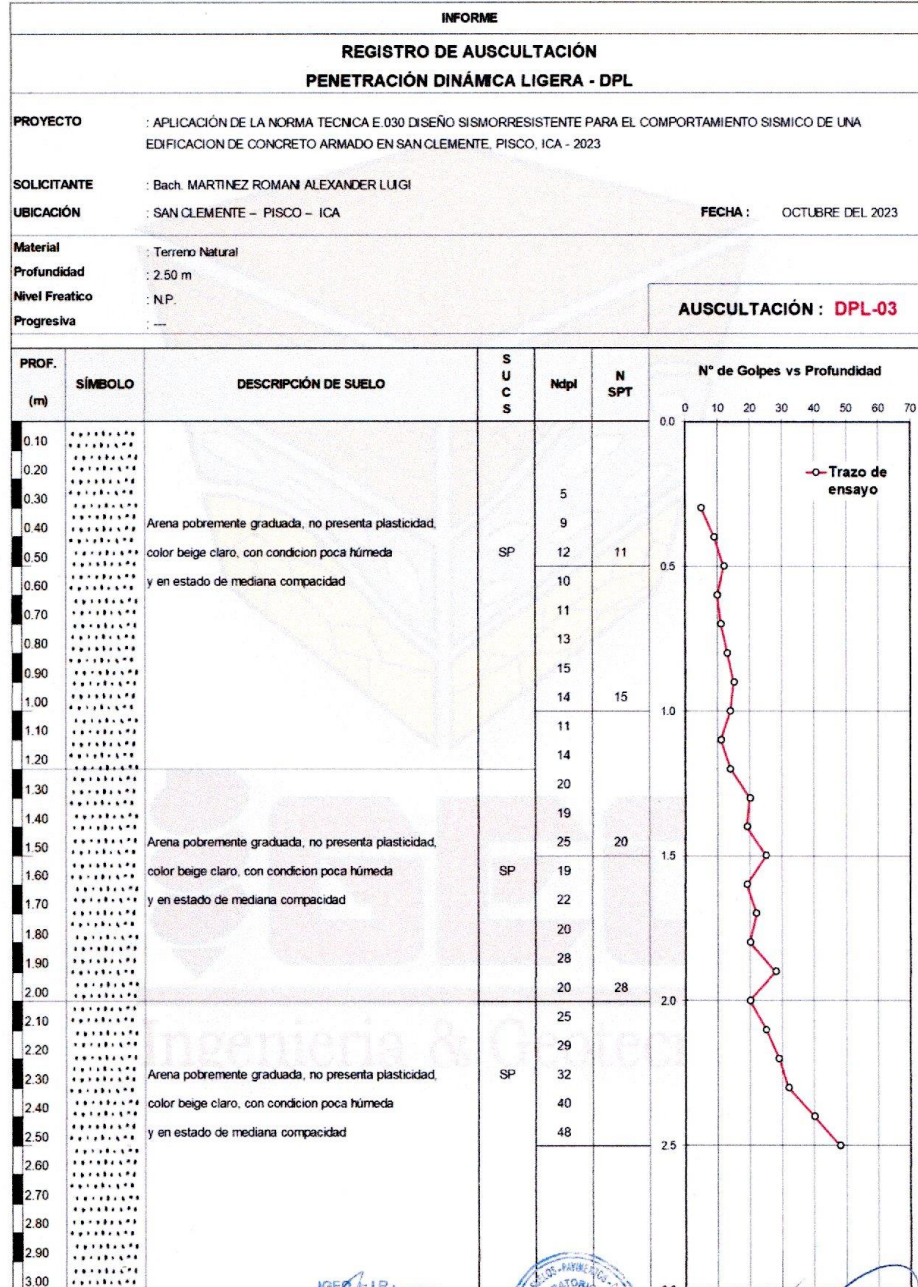
**Figura 94.** Realización de ensayo de corte directo en laboratorio FIC.  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 95.** Registro de penetración dinámica ligera (DPL-01).  
Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**Figura 96.** Registro de penetración dinámica ligera (DPL-02).  
Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.





**Figura 97.** Registro de penetración dinámica ligera (DPL-03).  
Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos.



**Figura 98.** Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL-01).  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 99.** Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL-02).  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 100.** Ensayo de penetración dinámica ligera (DPL-03).  
Fuente: Creado por el autor.



**Figura 101.** Conteo de golpes vs profundidad.  
Fuente: Creado por el autor.