

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

**Patologías estructurales y su influencia en la vulnerabilidad  
sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el  
distrito de Abancay - Apurímac, 2023**

**Asesor:**

**Ph.D. Vázquez Ramírez, Abbon Alex N**

**Autor:**

**Bach. Oviedo Ccansaya, Fredy**

**Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil**

**Abancay – Apurímac – Perú**

**2024**



# Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

## ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°014-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- |                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| ➤ MSc. Ing. Angel MALDONADO MENDÍVIL | PRESIDENTE   |
| ➤ Ing. Marco Antonio MORALES HOLGUIN | DICTAMINANTE |
| ➤ Ing. Holguer CAYO BACA             | REPLICANTE   |

y el (la) postulante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,  
Bachiller: **OVIEDO CCANSAYA, Fredy con código de matrícula N°082246-J.**

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución de consejo Universitario N°1870-2023-UTEA-CU, de fecha 03 de julio del 2023, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: "Patologías estructurales y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el Distrito de Abancay-Apurimac, 2023", habiendo aprobado con la nota de catorce (14).

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 264.

Abancay, 17 de abril 2024.

MSc. Ing. Angel MALDONADO MENDÍVIL  
PRESIDENTE

Ing. Marco Antonio MORALES HOLGUIN  
DICTAMINANTE

Ing. Holguer CAYO BACA  
REPLICANTE

# Patologías estructurales y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.unamba.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Santo Tomas</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

<b>Datos del autor</b>	
Nombres y apellidos	: Fredy Oviedo Ccansaya
Tipo de documento de identidad	: Dni
Número de documento de identidad	: 70759700
URL ORCID	: No aplica
<b>Datos del Asesor</b>	
Nombres y apellidos	: Ph.D. Abbon Alex Vázquez Ramírez
Tipo de documento de identidad	: DNI
Número de documento de identidad	: 06532658
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0000-0001-7299-5367">https://orcid.org/0000-0001-7299-5367</a>
<b>Datos de la investigación</b>	
Escuela	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería civil
Línea de investigación	: Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: Abril 2023 - abril 2024 (un año)
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Control de antiplagio (turnitin)	: si
Porcentaje de originalidad	: 22%
URL de OCDE	: <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/Ford# 2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/Ford# 2.01.01</a>

## **DEDICATORIA**

A Dios que me dio vida y salud, también dedico con mucho cariño esta investigación, a mi madre Pascuala Ccansaya Quispe quien con amor incondicional ayudo lograr mis objetivos académicos, y a mi padre Miguel Oviedo Lima, quien participó. en eso. Alcanzando este logro, a mi hermana Teresa Oviedo Ccansaya, por su ayuda y perseverancia en los momentos difíciles, personas que me brindaron su guía y cariño durante mi tesis.

Fredy Oviedo Ccansaya

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Tecnológica de los Andes, la casa de educación superior de la región Apurímac, teniendo una gran labor de formar profesionales para el servicio de la sociedad también para tener participación en las investigaciones para el desarrollo del país

A todos los ingenieros civiles de la carrera que han dedicado su tiempo, paciencia y sacrificio a compartir sus conocimientos y experiencias para completar nuestra educación profesional.

Así mismo a los profesionales Ingenieros Civiles de la facultad de Ingeniería Civil quienes prestaron su tiempo, dedicación y también sacrificio para inculcarnos conocimientos y así para poder llegar a nuestros objetivos

También a quien es mi asesor de tesis el Ph.D Abbon Alex Vázquez Ramírez, por su guía y apoyo desde el inicio de esta tesis y a todos las personas que nos alientan con su amor y cariño.

Bach: Fredy Oviedo Ccansaya

## INDICE DE CONTENIDO

PORTADA .....	i
POST PORTADA .....	ii
PAGINA DE JURADOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
INDICE DE CONTENIDO .....	vii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
ACRÓNIMOS .....	xviii
RESUMEN .....	xix
ABSTRACT .....	xx
INTRODUCCION.....	xxi
1       CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1   Realidad problemática .....	1
1.2   Planteamiento del problema.....	4
1.2.1   Formulación de problemas.....	4
1.2.2   Problema general .....	4
1.2.3   Problemas específicos.....	4
1.3   Justificación de la investigación .....	5
1.4   Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1   Objetivo general.....	5
1.4.2   Objetivo específicos.....	5

1.5	Delimitación de la investigación .....	6
1.5.1	Espacial .....	6
1.5.2	Temporal .....	6
1.5.3	Social.....	6
1.5.4	Conceptual .....	6
1.6	Viabilidad de la investigación .....	7
1.7	Limitaciones de la investigación .....	7
2	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1	Antecedentes de investigación.....	9
2.1.1	A nivel internacional.....	9
2.1.2	A nivel nacional.....	12
2.1.3	A nivel regional y local .....	15
2.2	Bases teóricas .....	17
2.2.1	Patologías estructurales. ....	17
2.2.2	Vulnerabilidad sísmica .....	48
2.3	Marco conceptual.....	57
3	CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.1	Hipótesis .....	62
3.1.1	Hipótesis general .....	62
3.1.2	Hipótesis específicas .....	62
3.2	Método.....	62
3.3	Tipo de investigación .....	63
3.4	Nivel o alcance de investigación .....	63

3.5	Diseño de la investigación.....	64
3.6	Operacionalización de variables.....	64
3.7	Población, muestra y muestreo.....	66
3.7.1	Población.....	66
3.7.2	Muestra.....	66
3.7.3	Muestreo.....	66
3.8	Técnica e instrumentos.....	67
3.8.1	Técnicas de recolección de datos.....	67
3.8.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	67
3.9	Consideraciones éticas.....	68
3.10	Procedimiento estadístico.....	68
4	CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
4.1	Resultados.....	69
4.1.1.	Resultados de las características del suelo.....	69
4.1.2	Resultados del comportamiento estructural.....	72
4.1.3	Vulnerabilidad sísmica por el método benedetti petrini.....	120
4.2	Discusión de resultados.....	135
	CONCLUSIONES.....	138
	RECOMENDACIONES.....	140
	BIBLIOGRAFIA.....	141
	WEB GRAFICA – LINK GRAFICA.....	154
	<b>ANEXOS ¡Error! Marcador no definido.</b>	
	Anexo 1: Matriz de consistencia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Anexo 2: Panel fotográfico.....**¡Error! Marcador no definido.**

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Categoría de las edificaciones y factor “U”</i> .....	22
Tabla 2	<i>Espesores típicos y luces máximas recomendadas</i> .....	24
Tabla 3	<i>Categoría y regularidad de las edificaciones</i> .....	37
Tabla 4	<i>Limites para la distorsión del entrepiso</i> . .....	38
Tabla 5	<i>Contraste entre el RNE y los parámetros propuestos por el método de B.P.</i> ...	49
Tabla 6	<i>Rango de valores para determinar la vulnerabilidad sísmica</i> . .....	50
Tabla 7	<i>Factores de zona ( )</i> .....	51
Tabla 8	<i>Factores de uso ( )</i> . .....	52
Tabla 9	<i>Clasificación de los perfiles de suelo</i> .....	53
Tabla 10	<i>Factor de suelo</i> . .....	53
Tabla 11	<i>Periodos de <math>T_P</math> y <math>T_L</math></i> .....	53
Tabla 12	<i>Coefficiente básico de reducción</i> . .....	54
Tabla 13	<i>Operacionalización de variables y matriz de instrumentos</i> . .....	65
Tabla 14	<i>Resultados obtenidos en campo</i> . .....	69
Tabla 15	<i>Resultados obtenidos del estudio de mecánica</i> . .....	70
Tabla 16	<i>Peculiaridades de la calicata 01</i> .....	71
Tabla 17	<i>Datos del espectro en X, de aceleración, velocidad y desplazamiento</i> .....	83
Tabla 18	<i>Datos del espectro en Y, de aceleración, velocidad, desplazamiento</i> . .....	86
Tabla 19	<i>Cálculo de la irregularidad de rigidez en dirección X</i> .....	99
Tabla 20	<i>Cálculo de la irregularidad de rigidez en dirección Y</i> .....	99
Tabla 21	<i>Cálculo de la irregularidad de resistencia</i> .....	100
Tabla 22	<i>Cálculo de la irregularidad de masa</i> . .....	101

Tabla 23	<i>Cálculo de la irregularidad de geometría vertical para la dirección X.</i>	101
Tabla 24	<i>Cálculo de la irregularidad de geometría vertical para la dirección Y.</i>	102
Tabla 25	<i>Cálculo de la irregularidad torsional para el sismo estático en X.</i>	103
Tabla 26	<i>Cálculo de la irregularidad torsional para el sismo estático en Y.</i>	104
Tabla 27	<i>Cálculo de la irregularidad torsional - espectro de respuesta en X.</i>	105
Tabla 28	<i>Cálculo de la irregularidad torsional - espectro de respuesta en Y.</i>	106
Tabla 29	<i>Cálculo de la irregularidad por esquinas entrantes para la dirección X y Y.</i>	107
Tabla 30	<i>Cálculo de la irregularidad por discontinuidad de diafragma.</i>	108
Tabla 31	<i>Irregularidad por sistemas no paralelos.</i>	108
Tabla 32	<i>Fuerzas horizontales para el sismo estático X.</i>	111
Tabla 33	<i>Fuerzas horizontales correspondiente al sismo estático Y.</i>	112
Tabla 34	<i>Tabla de periodos y de masa de participación modal.</i>	115
Tabla 35	<i>Derivas de entre pisos mayorado por 0.75R y 0.85R.</i>	116
Tabla 36	<i>Coordenadas del centro de masas y centro de rigideces.</i>	118
Tabla 37	<i>Valores de fuerza sísmica estática en X para la ecuación ZUCS/R.</i>	119
Tabla 38	<i>Valores de fuerza sísmica estática en Y para la ecuación ZUCS/R.</i>	119
Tabla 39	<i>Comparación de esfuerzos sísmicos estáticos y dinámicos.</i>	120
Tabla 40	<i>Altura de la edificación.</i>	124
Tabla 41	<i>Tabla para asignación del parámetro 1.</i>	124
Tabla 42	<i>Encuesta para determinar la eficacia del sistema resistente.</i>	125
Tabla 43	<i>Definición de los valores de formula.</i>	126
Tabla 44	<i>Definición del valor de la resistencia convencional.</i>	127
Tabla 45	<i>Para determinar condiciones de la cimentación.</i>	128

Tabla 46	<i>Cuadro para determinar valores del parámetro 4.</i>	128
Tabla 47	<i>Tabla para determinar diafragmas horizontales.</i>	128
Tabla 48	<i>Clase de la edificación para el parámetro 5.</i>	128
Tabla 49	<i>Asignación de la clase para el parámetro 6.</i>	129
Tabla 50	<i>Configuración de elevación.</i>	129
Tabla 51	<i>Parámetro 9 tipo de cubierta.</i>	130
Tabla 52	<i>Clasificación para elementos no estructurales.</i>	130
Tabla 53	<i>Calificación del estado de conservación.</i>	132
Tabla 54	<i>Escala de vulnerabilidad según el método Benedetti y Petri.</i>	133
Tabla 55	<i>Clasificación del nivel de vulnerabilidad.</i>	134
Tabla 56	<i>Matriz de Consistencia.</i>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Efectos dependientes de las cargas en elementos estructurales.</i>	18
Figura 2	<i>Formas como se generan los punzonamientos.</i>	20
Figura 3	<i>Ejemplo de fisuras por compresión.</i>	21
Figura 4	<i>Ejemplos de fisuras por torsión.</i>	21
Figura 5	<i>Ejemplos de fisuras por asientos excesivos.</i>	22
Figura 6	<i>Estructuras irregulares o sistemas de marcos (SEAOC).</i>	27
Figura 7	<i>Papel de bolsa de cemento acuñado entre una losa y una placa.</i>	30
Figura 8	<i>Cajas de electricidad empotradas en placa de concreto.</i>	31
Figura 9	<i>Modelo elasto-plástico con endurecimiento por deformación.</i>	41
Figura 10	<i>Secciones típicas de columnas y vigas.</i>	42
Figura 11	<i>Modelo para concreto confinado.</i>	43
Figura 12	<i>Curvatura y rotación de un elemento.</i>	44
Figura 13	<i>Longitud plástica y concentración de rotulas.</i>	44
Figura 14	<i>Modelo idealizado para elementos viga-columna.</i>	45
Figura 15	<i>Formación de rotulas plásticas en vigas.</i>	46
Figura 16	<i>Formación de rotulas plásticas en un pórtico.</i>	46
Figura 17	<i>Discretización del comportamiento inelástico mediante rotulas.</i>	47
Figura 18	<i>Tipos de mecanismo de rotulas plásticas.</i>	56
Figura 19	<i>Efectos de la columna corta o columna cautiva.</i>	57
Figura 20	<i>Figura que muestra causa y efecto</i>	64
Figura 21	<i>Configuración del modelo estructural.</i>	72
Figura 22	<i>Disposición de los elementos resistentes como columnas, vigas, etc.</i>	73

Figura 23 Definición de concreto $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$ .	75
Figura 24 Definición del acero G60 $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ .	76
Figura 25 Definición para la sección de columna C1.	77
Figura 26 Definición para la sección de columna C2.	78
Figura 27 Definición para la sección de viga VP-1.	79
Figura 28 Definición para la sección de viga VP-2.	80
Figura 29 Definición para la sección de viga VS-1.	81
Figura 30 Definición para la sección de viga Vch-1.	82
Figura 31 Definición de la sección de losa aligerada rellena con ladrillo.	82
Figura 32 Espectro sísmico de diseño para la dirección X $S_a/g$ .	85
Figura 33 Espectro de velocidades para la dirección X.	85
Figura 34 Espectro de desplazamiento en la dirección X.	86
Figura 35 Espectro sísmico de diseño para la dirección Y $S_a/g$ .	87
Figura 36 Espectro de velocidades para la dirección Y.	88
Figura 37 Espectro de desplazamiento para la dirección Y.	89
Figura 38 Evaluación del peso en el Etabs.	90
Figura 39 Combinaciones de carga para diseño de los elementos estructurales.	92
Figura 40 Definición de cargas estáticas y del tipo espectro de respuesta.	92
Figura 41 Asignación de las sobrecargas de tabique para el sótano 2.	93
Figura 42 Asignación de las sobrecargas de tabique para el sótano 1.	93
Figura 43 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 1.	94
Figura 44 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 2.	94
Figura 45 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 3.	94

Figura 46 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 4.....	95
Figura 47 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 5.....	95
Figura 48 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 6.....	95
Figura 49 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 7.....	96
Figura 50 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 8.....	96
Figura 51 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 9.....	96
Figura 52 Asignación de las cargas de tabique para el nivel 10.....	97
Figura 53 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 11.....	97
Figura 54 Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 12.....	97
Figura 55 Definición del coeficiente sísmico estático en X.....	110
Figura 56 Definición del coeficiente sísmico estático en Y.....	111
Figura 57 Detallado de fuerzas horizontales sísmicas dirección X.....	112
Figura 58 Detallado de fuerzas horizontales sísmicas dirección Y.....	113
Figura 59 Definición en Etabs espectro de respuesta para la dirección X.....	114
Figura 60 Definición en Etabs espectro de respuesta para la dirección Y.....	114
Figura 61 Cuadro de desplazamientos absolutos para la dirección X.....	117
Figura 62 Cuadro de desplazamientos absolutos para la dirección Y.....	117
Figura 63 Planta de la edificación -2.....	121
Figura 64 Planta de la edificación -1.....	121
Figura 65 Planta de la edificación 1.....	122
Figura 66 Planta de la edificación 2.....	122
Figura 67 Planta de la edificación 3er a 10mo.....	123
Figura 68 Planta de la edificación terraza.....	123

Figura 69 <i>Elementos no estructurales</i> .....	131
Figura 70 <i>Elementos no estructurales columnetas</i> .....	131
Figura 71 <i>Imagen de arranque de escalera</i> .....	132
Figura 72 <i>Vista desde el exterior de la edificación</i> .....	133
Figura 73 <i>Distribución en planta del sótano</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 74 <i>Distribución en planta del primer nivel-con visualización a sótano</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 75 <i>Verificando que cumplan con las dimensiones establecidas en los planos</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 76 <i>Acceso a los últimos niveles</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 77 <i>Distancia entre el voladizo y postes de alta tensión</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ACRÓNIMOS

ASCE : Sociedad estadounidense de Ingenieros Civiles

ACI : Instituto americano del Concreto

FEMA : Agencia Federal para el Manejo de Emergencias

ASCE : Sociedad americana de ingenieros civiles

INDECI : Instituto Nacional de defensa civil

ASSTHO : La asociación americana de oficiales de carreteras Estatales y Transporte

SUCS : Sistema unificado de clasificación de suelos

## RESUMEN

La tarea de esta tesis fue identificar la patología estructural y su impacto en la vulnerabilidad sísmica de un edificio polivalente de hormigón armado de 10 plantas en la ciudad de Abancay. El propósito de la tesis es determinar la patología estructural y su efecto sobre la vulnerabilidad sísmica, de un edificio multiuso de concreto armado de 10 niveles en la ciudad de Abancay. El propósito de la tesis fue realizar una evaluación post construcción de 12 niveles del edificio Anthalef y así determinar su vulnerabilidad sísmica con base a análisis estáticos lineales, y también por el método de Benedetti Petrini, para obtener los resultados para determinar su vulnerabilidad. Las propiedades del suelo encontrada en esta edificación se clasifica como Grava arcillosa limosa con arena con bloques (GC-GM), un suelo  $S_2$  intermedio, este tipo de suelo aporta un peligro bajo y por ende el riesgo es bajo así mismo se inspeccionó la edificación para obtener datos in situ, y con ella realizar la evaluación, como el análisis lineal se pudo encontrar que la edificación cuenta con irregularidades en planta, para la dirección Y, del mismo modo se demostró que la edificación no cumple con la deriva de entrepiso para dicho nivel, del mismo se logró identificar patologías presentes como, columna corta, degradando así estos en el comportamiento global, del mismo modo se llegó a observar deficiencias en el proceso constructivo como mala ubicación de octogonales, cajas de paso, inexistencia de separación sísmica inexistencia de elementos de confinamiento, entre otros. Como conclusión global se llegó a demostrar que la edificación está en el rango de vulnerabilidad de media a baja tanto del análisis lineal efectuado, así como el método del índice de vulnerabilidad del método italiano, como se presenta en todo el capítulo IV. **Palabras claves:** Evaluación estructural, vulnerabilidad sísmica, método de Benedetti Petrini, análisis lineal.

## **ABSTRACT**

The problem of this research work was to identify structural pathologies and their influence on seismic vulnerability, in the multi-purpose 10-story reinforced concrete building in the city of Abancay.

The purpose of the thesis was to carry out the post-construction evaluation of the 12-story Anthalef building and thus determine its seismic vulnerability based on linear static analysis, and also by the Benedetti Petrini method, in order to determine its vulnerability according to the results obtained.

The soil characteristic found in this building is classified as Silty clay gravel with blocky sand (GC-GM), an intermediate S2 soil, this type of soil provides a low danger and therefore the risk is low and the building was inspected. to obtain in situ data, and with it to carry out the evaluation, according to the linear analysis it was found that the building has irregularities in the plan, for the Y direction, in the same way it was shown that the building does not comply with the mezzanine drift for At this level, it was possible to identify present pathologies such as short columns, thus degrading these in the overall behavior. In the same way, deficiencies were observed in the construction process such as poor location of octagonals, passage boxes, non-existence of seismic separation. of confinement elements, among others.

As a global conclusion, it was demonstrated that the building is in the medium to low vulnerability range both from the linear analysis carried out, as well as the vulnerability index method of the Italian method, as presented throughout chapter IV.

Keywords: Structural evaluation, seismic vulnerability, Benedetti Petrini method, linear analysis.

## INTRODUCCION

Las construcciones por parte de privados en su mayoría se masifican por el bajo nivel de control en la seguridad estructural así mismo podemos afirmar las consideraciones técnicas también llegan a ser parte en edificaciones de menor o mayor vulnerabilidad antes las acciones sísmicas

por esta incertidumbre se hace necesaria la evaluación post construcción, teniéndose como problema determinar la influencia de las patologías estructurales también con la vulnerabilidad sísmica se plantea como objetivo inspecciones, evaluación estructural con análisis lineal dicha influencia, para lo cual se planteó la siguiente hipótesis, las patologías estructurales influyen en la vulnerabilidad sísmica.

Como puede ver a nuestro alrededor, cada vez se construyen más rascacielos, pero no necesariamente de acuerdo con los códigos de construcción resistentes a los terremotos.

La mayoría de estas autoconstrucciones son indicativas de afecciones médicas, algunas en un grado más grave. Estos inciden directamente en la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones y reducen su comportamiento ante sismos. Por ello, es necesario aclarar el impacto de la vulnerabilidad sísmica de los edificios que se evalúan y aplicar los últimos métodos al análisis, lo que contribuirá a la sociedad. Análisis del estado de ocupación del edificio.

La determinación de la influencia de las patologías con la vulnerabilidad sísmica de la presente edificación que esta subdividida en ítems, primero la obtención de información de visita a la edificación, análisis lineal según la e.030 y por último determinación del índice de vulnerabilidad por el método de Benedetti Petrini.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Realidad problemática

Se promueve en todo el mundo la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones existentes que representan un valor importante para la vida, la economía y la sociedad en general. Siguiendo este buen interés; una instalación de salud, como lo es un hospital o clínica, ocupa el primer lugar en la prioridad de evaluación. (Campos, 2004).

En Colombia Socha & Rozo Ávila (2020); menciona sobre las patologías estructurales es debido a factores naturales, como la humedad o por el paso del tiempo, debido a la incertidumbre de la construcción y su amenaza sísmica, se propuso realizar estudio de vulnerabilidad sísmica y patología estructural en la edificación, para poder evaluar la resistencia y característica de los materiales de los elementos estructurales, junto con el análisis sísmico de la edificación para determinar, el estado actual de vulnerabilidad ante un sismo, a partir de su capacidad de respuesta en comparación con la demanda sísmica según el capítulo A.10 de la NSR-10.

El Perú es un país localizado en una zona de alta amenaza sísmica por pertenecer al cinturón sísmico circumpacífico, región en la que se produce más del 80% de los sismos de origen tectónico en el mundo, comprende las costas del océano pacifico de las tres Américas, las islas Aleutianas, las Islas Curiles, Japón, Filipinas y Nueva Zelanda. En esta

zona se da la convergencia de subducción de la Placa Oceánica de Nazca que se introduce por debajo de la Placa continental sudamericana generando terremotos de magnitud elevada” (SANTANA, 2013 pág. vi).

En la cordillera de los Andes del Perú tenemos los sismos de origen geológicos que representa el 10% de sismos que se generan en nuestro país, las principales fallas activas son: Cordillera blanca, Huaytapallana, Quinchis, Moyobamba y Tambomachay. “La sismicidad histórica indica que en el sur del país se han registrado sismos desde del año 1582 con magnitudes que han superado los 7.5 grados en la escala de Rithter con consecuencias graves, que se han sentido hasta el centro del Perú. Desde, el 13 de agosto de 1868 en el que hubo un sismo de grado 8.6, hasta la fecha se viene viviendo un silencio sísmico” (INDECI, 2007 pág. 40).

Esparraga Silvera (2021); describe en las épocas de vulnerabilidad sísmica es debió que en los pueblos jóvenes no se consideraba los criterios antisísmicos en el diseño de las viviendas también había viviendas construidas sobre laderas y arenales inestables como ocurre actualmente en algunas regiones de nuestro Perú. El terremoto de Ancash afectó la costa y sierra central, fue uno de los sismos más mortífero ocurrido en nuestro país en el año 1970 dejando 67 000 muertos donde las construcciones de adobe en el centro de Huaraz quedaron totalmente destruidas.

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), en la capital del departamento de Apurímac se suscitaron sismos considerables los cuales se mencionan del Perú, se espera para Apurímac intensidades máximas entre VI y VIII en la escala de Mercalli. Los últimos sismos registrados en la región son los de agosto del 2012 en Andahuaylas (Magnitud en la escala de Rither 5.0, profundidad de 78 km) y enero de 2013 en Antabamba (Magnitud en la escala de Rither 4.1 grados y una profundidad de 22 km)” (MADUEÑO, y otros, 2013 pág. 26).

Quispe (2022); menciona que uno de los problemas que las edificaciones de centros de estudio (colegios, universidades, etc), son clasificadas como esenciales, debido a que servirán de ayuda humanitaria a los posibles damnificados luego de haber ocurrido un evento sísmico. El pabellón de ingeniería de minas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, fue construida en el año 2007 y puesta en servicio a la comunidad universitaria en el 2009, fue diseñada y construida por la normatividad sismo resistente del 2003, el cual no contemplaba los parámetros que las actuales normas exigen; por ello es necesario evaluar la vulnerabilidad sísmica que presenta su sistema estructural (pórticos de concreto armado), para poder conocer su comportamiento ante la posible ocurrencia de un sismo. Asimismo, Huarcaya & Sánchez Contreras (2017); cabe recalcar que el crecimiento poblacional y también el movimiento migratorio aumento en la ciudad de Abancay, también cabe mencionar que la necesidad de los pobladores se ha visto en mayor demanda, esta misma necesidad es causante de las construcciones autoconstruidas, por que cabe recalcar que mismo propietario autoconstruye su misma vivienda, si tener una asesoría de profesionales en la construcción como ( ingenieros y arquitectos), porque solo tienen en consideración a los maestros de obra quienes realizan las construcciones empíricamente, visto desde otro punto de vista también ellos mismos son participes de las construcciones, puesto que lo realizan sin asesoría técnica, pues esto a lo largo del tiempo trae demasiados problemas, como el de la deficiencia estructural, también la baja calidad de viviendas y mano de obra, se observan también las deficiencias en la arquitectura donde se produce la vulnerabilidad sísmica que pueda ocurrir en un sismo de elevada magnitud.

Debido a la incertidumbre producidas por las patologías estructurales y su influencia en la vulnerabilidad sísmica, aplicare el método propuesto por Benedetti-Petrini, ver los parámetros según la realidad problemática estructural de la zona. Así mismo la patología estructural brinda un papel importante a la hora de realizar un análisis de vulnerabilidad por tal razón esta problemática localizaremos detalladamente las patologías tales como identificar si existe; Estado actual de la edificación, grietas, Uso de la edificación,

Dimensionamiento de elementos estructurales, Errores arquitectónicos, Errores constructivos, goteras, picaduras y otros ,así establecer el índice que determine el estado de preservación, las irregularidades existentes en la edificación de 10 niveles. Teniendo como base legal R.N.E- E 030, y instrumento de medida el ETABS v.20.0.0.

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Formulación de problemas**

Este estudio analizó el comportamiento de una edificación ante la acción sísmica, extrae conclusiones sobre su comportamiento con base en los resultados obtenidos e identifica su vulnerabilidad, con el fin de analizar el comportamiento de una edificación existente (edificio de departamentos ANTHALEF) cuya evaluación se propuso.

### **1.2.2 Problema general**

¿Cuáles son las **patologías estructurales** y su influencia en la **vulnerabilidad sísmica** de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023?

### **1.2.3 Problemas específicos**

- a) ¿Cuáles son los aspectos estructurales (Visuales) y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay-Apurímac,2023?
- b) ¿Cuáles son los aspectos estructurales de la edificación (Aplicando Etabs 2023) y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023?
- c) ¿Cuáles son las patologías estructurales y su influencia en el estado de la vulnerabilidad sísmica (Método de Benedetti – Petrini) de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023?

### **1.3 Justificación de la investigación**

Necesariamente para los parámetros de la urbanización en una zona con peligro sísmico en un escenario mas complejo de tipos de amenazas naturales y también antrópicas, es de suma importancia realizar estudios donde se puedan incorporar los procedimientos de evaluación estructural y también funcional de la edificación, con la determinación de tener en cuenta los parámetros para el desarrollo en prevención y a la vez de mitigación de desastres

Las investigaciones de vulnerabilidad asumen gran importancia sobre todo en los edificios de viviendas multiusos, pues estos han sido autoconstruidos sin tener en cuenta los criterios y conocimientos sismorresistentes, cabe mencionar que fueron construidos de manera empírica pues las limitaciones económicas y técnicas no has sido parte del proyecto

En esta tesis se determinará si existe el grado de vulnerabilidad de la muestra representativa del edificio de diez niveles vivienda multiuso.

### **1.4 Objetivos de la investigación**

#### ***1.4.1 Objetivo General***

Determinar cuáles son las patologías estructurales y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023.

#### ***1.4.2 Objetivo Específicos***

- a) Describir cuáles son los aspectos estructurales (Visuales) y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023
- b) Evaluar cuáles son los aspectos estructurales de la edificación (Aplicando Etabs) y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023.

- c) Evaluar cuáles son las Patologías estructurales y su influencia en el estado de la vulnerabilidad sísmica (Método de Benedetti – Petrini) de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay- Apurímac,2023.

## **1.5 Delimitación de la investigación**

### **1.5.1 Espacial**

En la tesis se delimita espacialmente en la Av. Huancavelica S/N, Frente a CEPTPRO del distrito de Abancay, provincia de Abancay, región Apurímac.

### **1.5.2 Temporal**

El tiempo de la ejecución de la tesis se realizó en el año 2023 con duración de 5 meses.

### **1.5.3 Social**

Socialmente se estudió un edificio de diez niveles vivienda multiuso describiendo los Aspectos estructurales (Visuales), determinando los Aspectos estructurales de la edificación (Aplicando Etabs 20.0.0), determinando el Estado de la vulnerabilidad sísmica (Método de Benedetti – Petrini).

### **1.5.4 Conceptual**

**Variable Independiente:** Patologías estructurales Sánchez (2018), se manifiestan en las edificaciones las posibles patologías, fisuras, fallas y síntomas que presenta mediante el llenado de las fichas de evaluación patológica, en base a los cuales se realizó un diagnóstico y para luego determinar cuál es el origen y sus causas para luego dar un pronóstico. Donde la presencia de patologías que afectan al edificio, las cuales son provocadas por acciones físicas (retracción hidráulica), acciones mecánicas (fisuras por flexión, por adherencia y anclaje). Defectos en elementos no estructurales (cargas excesivas, aplastamiento), daños por asentamientos diferenciales (arenas arcillosas, capacidad admisible del terreno regular). Fallas en la fase de diseño y construcción deficiente sistema de drenaje, falta de cubiertas para proteger las estructuras de la lluvia, exceso y falta de recubrimiento en columnas y vigas.

**Variable Dependiente:** Vulnerabilidad sísmica; Abad & Ramírez (2023), mencionaron que la vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos fue corregida mediante 2 métodos: Método Italiano Benedetti y Petrini y Método de Análisis Sísmico utilizando la norma E-030, con la finalidad de cuál sería la reacción estructural frente a un movimiento sísmico inesperado, el modelado de la estructura se realizó utilizando el software ETABS, basado en los planos obtenidos por el propietario de la misma, realizando un análisis estático y dinámico, cuyos resultados coinciden en ambos métodos que la estructura dual de 7 pisos tiene una alta vulnerabilidad.

### **1.6 Viabilidad de la investigación**

La viabilidad o factibilidad del estudio nos plantea tomar en cuenta la disponibilidad de tiempo, tenemos los recursos financieros, humanos y materiales que determinarán, en última instancia, los alcances de la investigación. También nos permite tener disponibilidad de la edificación de 10 niveles de vivienda multiuso donde se realizará el estudio

### **1.7 Limitaciones**

En el proceso de la investigación como otras investigaciones, en el camino de probar el método científico aparecieron ciertas interrogantes de que los objetivos planteados no se concreticen debido a factores incontrolables como es el de:

#### **Limitación espacial**

- El tema financiero es escaso para cubrir tamaños de muestra más grandes.
- El lugar y la accesibilidad de los elementos estructurales que no son fácilmente accesibles para pruebas o ejecución de pruebas.

#### **Limitación económica**

- Recursos financieros escasos para comprar o poner en servicio equipos que permitan una mayor investigación.

- El presupuesto escaso en la realización de los ensayos de laboratorios sofisticados

### **Limitación social**

- Inclinación o cooperación incierta por parte de los administradores de las instalaciones para realizar inspecciones y proporcionar información.
- Interrupciones donde se realizan investigaciones, suspensión de actividades por imprevistos como pandemia.

### **Limitación tecnológica**

- Falta de herramientas técnicas para el muestreo.
- Falta de laboratorios para realizar pruebas en la ciudad, lo que reduce la profundidad de la investigación.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de investigación**

##### ***2.1.1 A nivel internacional***

En Ecuador Cunalata & Caiza, (2022); en su tesis “Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador” teniendo como objetivo; promover los estudios de prevención y mitigación del riesgo sísmico, aplicando la metodología; enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, correlacional, descriptivo, arribando al siguiente resultado que el 34% de las edificaciones evaluadas tiene una vulnerabilidad muy elevada de 28 %,media alta 34 %, y el 72 son muy elevados ; determino su grado de vulnerabilidad concluyendo, las metodologías presentadas constituyen una alternativa útil para determinar aquellas edificaciones que no mostrarán un comportamiento aceptable ante un evento sísmico.

En Colombia Lozano (2021) en su tesis “Estudio de vulnerabilidad sísmica y patología estructural del edificio Niza en la ciudad de Villavicencio”; teniendo como objetivo; Analizar la vulnerabilidad sísmica y patología estructural en el edificio Niza que cuenta con cinco pisos que aplican al capítulo A.10 de la NSR-10 en la comuna 2 de Villavicencio, Meta, y verificar su comportamiento en base a la normativa aplicando la metodología; planteando un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, correlacional, descriptivo, arribando al siguiente resultado; se obtuvo el esfuerzo de compresión del concreto  $f_c$  de 3100 psi. Estos

resultados fueron obtenidos en laboratorio, también se procedió a elaborar un método numérico en elementos finitos esto con el fin de realizar el análisis sísmico y así poder obtener la vulnerabilidad en la edificación que se encuentra en estudio, así siendo las especificaciones del capítulo A.10 de la NSR-10.

Concluyendo, Se lograron identificar patologías existentes en el edificio y se propusieron soluciones, las cuales en su mayoría fueron a causa de la humedad. Debido a que existe una gran cantidad de elementos estructurales con IFL e ISE mayores a 1.0 se recomienda reforzar dichos elementos mediante el aumento de la sección. Se elaboró un modelo en elementos finitos mediante el software ETABS, el cual permite construir digitalmente la estructura con el fin de simular un evento sísmico y verificar si sus elementos estructurales cumplen o no las solicitaciones requeridas según la NSR-10.

En Colombia Socha & Rozo Avila (2020); en su investigación "Evaluación de vulnerabilidad Sísmica y diagnóstico de patología estructural en el municipio de Villavicencio, estudio de caso; Edificio "la voz del llano" teniendo como objetivo; Realizar la evaluación de vulnerabilidad sísmica a la planta física del edificio La Voz del Llano, ubicado en el municipio de Villavicencio, teniendo en cuenta las investigaciones estructurales, evaluando la resistencia actual de los elementos estructurales y verificando su comportamiento de acuerdo a lo reglamentado en la NSR – 10. aplicando la metodología; planteando un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, correlacional, descriptivo, arribando al siguiente resultado; los resultados finales de las muestras son, por afectación de 50.43 % y un porcentaje (%) de 49.66 % sin daños, esto se debe al nivel de severidad 2 y severidad moderada, y según los ensayos de componentes estructurales, la resistencia promedio del concreto estructural cumple con la resistencia mínima especificada en la regla NSR-10, la cual especifica que la resistencia del concreto  $f'_c$  debe ser de al menos 17 MPa. Algunas columnas no cumplen con la resistencia mínima requerida porque se les dio un valor de 14 MPa. el edificio se identifica frente a la norma sismorresistente (NSR-10), lo que permite evaluar el edificio construido antes de

dicha norma si cumple con los requisitos requeridos para ser considerado como un edificio sismorresistente.

En Bogotá Sanchez, Carlos Andres Medina Ángel, & Sebastian Cortez (2021) ;en su tesis "Patologías y Análisis de Vulnerabilidad Sísmica para 11 viviendas ubicadas en Supata, Cundimarca". objetivamente; Realizar un análisis patología y vulnerabilidad sísmica de once (11) viviendas ubicadas en Supatá, Cundinamarca. Aplicación del método; sugiere un enfoque cuantitativo para un diseño no experimental, correlacional, descriptivo, arribando al siguiente resultado; La edificación NO CUMPLE con la resistencia mínima a la compresión del concreto después de los 28 días, que debe ser 21 MPa, el concreto de las viviendas tiene una resistencia de apenas el 53% de lo mínimo exigido. Las casas No cumplen con los requisitos de recubrimiento mínimo exigido en la NSR10, título C, capítulo C.7.7. El refuerzo a cortante tanto en vigas y columnas NO cumple con los requisitos mínimo de la NSR-10, título C, capítulo C.21.3.4.6 y C.21.3.5.6, respectivamente. La patología más crítica encontrada en las viviendas de la urbanización San Antonio es la corrosión en el acero de refuerzo, lo que causa desprendimiento del concreto por falta de adherencia, debido al alto nivel de carbonatación presente en los elementos estructurales, por una baja calidad en el concreto fundido en obra. Concluyendo; la edificación NO cumple con la resistencia mínima a la compresión del concreto después de 28 días, la cual debe ser de 21 MPa; la durabilidad del hormigón doméstico es sólo el 53% de la resistencia mínima requerida.

Otro estudio en Colombia Cadena Alarcón, Hernández Lurán, & Parra Meneses (2017); en su investigación "Evaluación de vulnerabilidad sísmica del edificio de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia" teniendo como objetivo; Evaluar la estructura de la edificación existente de la facultad de ingeniería civil de la Universidad La Gran Colombia por medio de un estudio de vulnerabilidad sísmica, aplicando la metodología; planteando un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, correlacional, descriptivo, arribando al siguiente resultado; se revisaron los elementos de la estructura actual (columnas y vigas principales -secundarias) que se ven sometidos a las mayores acciones

(momentos, cortantes y axiales) bajo las nuevas acciones sísmicas y su combinación con las cargas muertas y vivas de diseño. El índice de sobreesfuerzo de la estructura corresponde al mayor valor obtenido de los índices para los elementos, el cual corresponde a  $5.00 > 1.00$ . concluyendo; que para que cumpla con los parámetros establecidos por el reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Realizar juntas de construcción entre la estructura de dos pisos y la estructura principal del edificio para que estas tengan un sistema estructural independiente entre ellas.

Por lo tanto, este estudio intenta simular lo más posible el comportamiento durante un terremoto utilizando datos recopilados de la propia estructura.

### **2.1.2 A nivel nacional**

Arone Huallpa, (2022); "Evaluación de patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH" teniendo como objetivo; Categorizar la evaluación de las patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020. Aplicación del método; programando un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, correlacional, descriptivo, arribando al siguiente; el resultado de investigación, patológicamente se obtuvo un grado de severidad media, en la vulnerabilidad sísmica un grado de vulnerabilidad media y con respecto a la relación existente entre la vulnerabilidad y las patologías se verifica con un coeficiente de correlación de Pearson rxy: 0,843 y 0,453, el grado de relación resulto fuerte y moderado concluyendo, que se categorizó la evaluación de las patologías del concreto con un nivel patológico medio y la vulnerabilidad sísmica cuyo índice es medio, en una vivienda autoconstruida del AA.HH. En el Siglo XXI, concluyendo que ambas estimaciones son promedio categorizaciones son de nivel medio. Se recomienda contar con los instrumentos necesarios para el análisis de las enfermedades que ocurren en el hogar, y realizar más investigaciones con pruebas destructivas para determinar mejor el estado actual del edificio investigado.

Esparraga Silvera (2021) en su investigación “Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del distrito de Llacanora, Cajamarca 2021” teniendo como objetivo; determinar la correlación que existe entre las patologías y la vulnerabilidad Sísmica de 16 viviendas de adobe del Distrito de Llacanora aplicando la metodología; planteando un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, correlacional, descriptivo teniendo en cuenta la observación directa, arribando al siguiente resultado; El estado actual de las viviendas y la inestabilidad de los muros por el colapso, con los datos obtenidos se determinó la vulnerabilidad Sísmica de las viviendas de adobe, obteniendo como resultado una ALTA vulnerabilidad Sísmica; en la tercera etapa se analizó mediante parámetros y se determinó el nivel de severidad de las patologías presentes en las viviendas de adobe, obteniendo un 56% de NIVEL SEVERO de daño patológicas, siendo las fisura y las grietas más representativas que causan deterioro a la edificación. Con los resultados cuantitativos obtenidos de las etapas anteriores se procedió a determinar la correlación entre estas dos variables Patologías y Vulnerabilidad Sísmica. Finalmente; que el coeficiente de correlación es igual a 0,7, lo que significa que la correlación es BUENA, contrario a la hipótesis propuesta, la cual es cierta.

Rafael & Wong Rafael (2021); su estudio “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica mediante índice de vulnerabilidad de Benetti y Petrini en edificios usuales de la ciudad de Pomalca” tiene los siguientes objetivos: Este método se utiliza para determinar la vulnerabilidad sísmica de cada sector de la ciudad de Pomalca. Programamos un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, correlacional y descriptivo, con los siguientes resultados: Para sismos habituales (0,17 g), el daño es el siguiente: daño moderado (66,08%), daño menor (33,85%) y una proporción gradual de daños graves (0,07%). El escenario de terremoto ocasional (0,21 g) incrementa los daños moderados (85,36 leves (14,08%) y severos (0,56%) los daños por terremotos poco frecuente (0,37 g), se observaron cómo daños moderados (60,80%), daños graves (36,99%) y daños totales (1,35%). Esto se debe a que, aunque muchos edificios tienen uno o dos pisos de altura, la mayoría de los

defectos conducen a procesos constructivos inadecuados y falta de asesoramiento técnico, y muchos edificios tienen peligros medios a altos, se concluye que los niveles existen. Con ayuda de sistemas de información geográfica (SIG) se creó un mapa temático, que permite visualizar y dividir la ciudad de Pomalca en zonas según el nivel de peligro. Finalmente, aunque se evaluaron posibles escenarios de daños por terremotos, el objetivo principal de este estudio no es proporcionar una comprensión general y aproximada de los efectos de los terremotos en diferentes regiones, por lo que se debe tener precaución.

Otro estudio de Casas (2020); en su tesis "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas según el reglamento nacional de edificaciones de A.H "teniendo como meta; Descubra el nivel existente de la vulnerabilidad sísmica en viviendas construidas de manera informal en el A.H. San José, de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones. aplicando la metodología; planteando un enfoque cuantitativo de diseño no experimental, correlacional, descriptivo, arribando al siguiente resultado; con base en el modelamiento sísmico realizado con el software Etabs 2016 y los datos obtenidos de la proyección de los futuros departamentos, se determinó que los movimientos relativos máximos (derivadas) de los entrepisos provocados por el terremoto son valores analíticos inaceptables. exceder el límite de distorsión (0,005) para un sistema caracterizado por el uso de mampostería limitada como material base nacional de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Edificación (RNE); De acuerdo al análisis de vulnerabilidad y comportamiento sísmico, podemos obtener el resultado de colapso de todos los edificios durante un sismo fuerte evaluando el riesgo sísmico en la zona alta y determinando los valores de desplazamiento adicional de acuerdo a los parámetros de diseño. de un método estático.

Alva & Rojas Noriega (2019) en su tesis "Vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería confinada del centro poblado" con el objetivo; determinar la vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería confinada del centro poblado El Charco - Santiago de Cao - Ascope - La Libertad. aplicando la metodología; planteando un enfoque cuantitativo

de diseño no experimental, correlacional, descriptivo, tipo de investigación básica arribando al siguiente resultado; Los resultados encontraron viviendas donde el material de construcción se divide entre adobe y piedras preciosas o estructuras de concreto. Se sabía por investigaciones anteriores que el adobe en sí tiene una alta sensibilidad sísmica, lo que se convierte en una amenaza oculta para las viviendas con este material de construcción. Se concluyó que en la comunidad se identificaron viviendas de hormigón armado, mampostería y barro o ladrillo crudo; En algunos casos, el primer piso de la casa tiene columnas de concreto y un muro de adobe o ladrillo. También se sabe que las casas de hormigón armado y mampostería limitada se comportan mejor ante un terremoto. En las edificaciones informales se utilizan materiales de construcción que no tienen la resistencia necesaria a la carga que se les impone, lo que provoca el riesgo de colapso en caso de un sismo fuerte.

### ***2.1.3 A nivel regional y local***

Si bien también se puede decir que la región Apurímac está ubicada en una zona con riesgo sísmico moderado, no es inmune a factores naturales como los eventos sísmicos y sus estructuras también son vulnerables y/o altamente vulnerables. Como se mencionó anteriormente, en la investigación se reflejan las siguientes afirmaciones:

Quispe (2022); en su investigación "Evaluación de vulnerabilidad sísmica del proyecto estructural del pabellón técnico minero UNAMBA" con el objetivo; Evaluación de vulnerabilidad sísmica del proyecto de construcción del Pabellón de Ingenieros de Minas Sede UNAMBA mediante la aplicación del método; sugiere un enfoque cuantitativo para un diseño no experimental, correlacional y descriptivo, que resulta en lo siguiente; que el edificio presenta irregularidades torsionales y una estructura de armazón de hormigón armado, concluyendo que la vulnerabilidad sísmica de la estructura del edificio del pabellón minero sede de la UNAMBA a juzgar por sus secciones es alta en términos de límite elástico, comportamiento sísmico, flujo espacial y estabilidad. , las autoridades de Micaela Bastidas de la Universidad Nacional de Apurímac recomiendan el uso de nuevas técnicas para

fortalecer estructuralmente el edificio en estudio, como los dispersores sísmicos, que también servirían como material de investigación para profesores y estudiantes de ingeniería en construcción, minas y sistemas. y escuelas de informática.

Según Huarcaya & Sánchez Contreras (2017); en su investigación “Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de Viviendas Autoconstruidas en la Urbanización Bela Vista de la ciudad de Abancay Apurímac” que tiene como objetivo; Investigar la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el desarrollo urbano Abancay Bella Vista - Apurímac. Implementación de la metodología; sugiere un enfoque cuantitativo para un diseño no experimental, correlacional y descriptivo, que resulta en lo siguiente; El método del índice de vulnerabilidad propuesto por Benedetti-Petrin se puede adaptar al área de estudio ya sea cambiando los lineamientos de clase, los pesos de cada clase, o agregando o quitando parámetros de acuerdo a la realidad de las estructuras en el área. Por tanto, es un método adaptable a otros campos. El estado patológico de la estructura juega un papel importante en el análisis de vulnerabilidad, por ello se crea un índice para caracterizar y localizar enfermedades como humedad, eflorescencias, grietas, corrosión, manchas y filtraciones. lo que determina la conservación de la estructura. El 2 por ciento de las viviendas evaluadas tienen vulnerabilidad baja (0-20%), el 46 por ciento vulnerabilidad media (20-40%) y el 52 por ciento vulnerabilidad alta (40-100). %. En resumen, el 52% de las viviendas estudiadas en este trabajo tuvieron una alta incidencia de vulnerabilidad sísmica, por lo que se recomienda rigidizar la estructura para adaptar estas viviendas a los parámetros requeridos en E:070. Su propósito es definir la contención general de los muros de tal manera que las cargas estructurales y sísmicas sean soportadas y transferidas a través de las estructuras portantes de concreto al suelo portante.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Patologías estructurales.

Sánchez, (2018) menciona en su investigación que el campo de la ingeniería es el responsable de la realización de todos los estudios relacionados con la edificación, la patología estructural suele realizarse en edificaciones que tienen problemas en la estructura, cuya durabilidad puede verse afectada por el tiempo. sobre la estructura estudiada.

La palabra patología estructural se indica como un campo de la tecnología que estudia los orígenes completos, manifestaciones, consecuencias y mecanismos de falla y daño estructural de los sistemas. (Sánchez, 2018)

En pocas palabras, la patología estructural es el estudio de los defectos, accidentes o fallas de cualquier estructura que pueden ocurrir en cualquier etapa de un proyecto, como acceso, estructura, materiales, proyecto y uso al que está sujeto este edificio. (Sánchez, 2018).

#### 2.1.2.1 Aspectos estructurales de la edificación (*Visuales*)

##### ❖ Estado actual de la edificación

Auccahuasi (2022); El estado actual del edificio mencionado en su estudio se considera bueno, regular y malo, designación que se determina evaluando grietas y/o fisuras, deflexiones y profundizaciones de tabiques, columnas y vigas.

Al momento de determinar la causa de una patología, también se debe realizar un análisis del estado actual, es decir si la integridad de las personas que utilizan esa instalación no se encuentra amenazada, si las lesiones son o no reparables, y un análisis a futuro o pronóstico, el cual trate de explicar cuáles serían las consecuencias en caso de no operar oportunamente. (Parra & Vásquez, 2014)

##### ❖ Grietas

Si el ancho de las grietas de cargas directas es superior a 0,5 mm, se llama grieta y es causada por errores de cálculo, dimensiones insuficientes de partes de los elementos estructurales, falta de refuerzo, determinación insuficiente de la

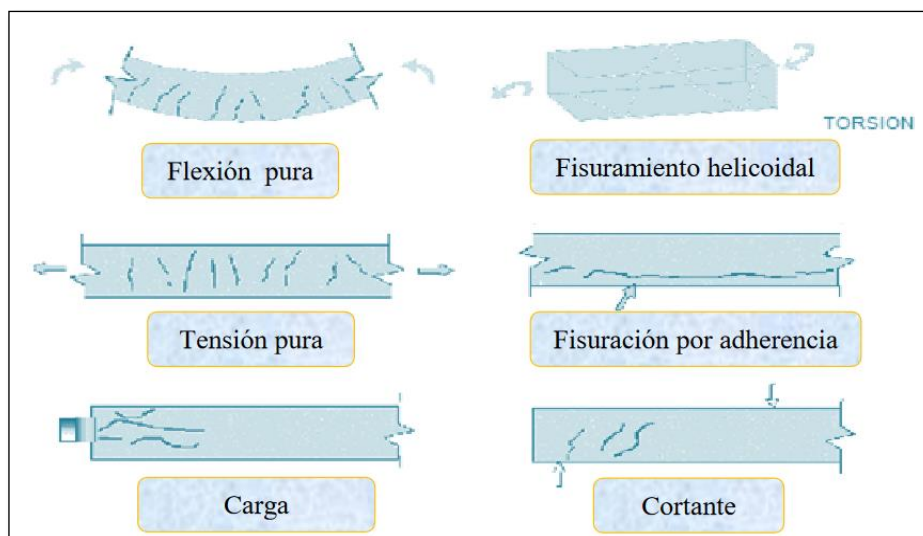
resistencia de materiales. También se puede decir que cuando la grieta atraviesa el espesor de la pieza de un lado a otro, se convierte en grieta. Niveles de daño clasificados como grietas estructurales resultantes de fractura frágil (sin refuerzo) o fractura dúctil (acero de refuerzo) y causadas por precarga, mantenimiento o sobrecarga (Mostacero Jáuregui, 2016).

Características de Fisuras debido a Cargas según: (Carreño y Serrano, 2005)

- Orientación muy bien definida.
- Patrones de fisuras específicos.
- Relación entre tipo de fisura y fuerza interna (tensión, flexión, cortante).
- El ancho de la fisura define su importancia (mecánico y durabilidad).

**Figura 1**

*Efectos dependientes de las cargas en elementos estructurales.*



Nota: (Carreño y Serrano, 2005).

#### a) Fisuras por Flexión

Fisuras que pueden tener su origen en un exceso de tracción (fisuras perpendiculares a las armaduras), generándose por el exceso de cargas hacia dichos elementos lo cual es necesario apuntalar o reforzar tales

elementos, para realizar las reparaciones correspondientes y evitar el progreso continuo de las fisuras y no afecte los elementos estructurales, se tienen las siguientes características según (Carreño y Serrano, 2005).

**b) Fisuras por Cortante**

Estas son las grietas que aparecen cerca de los soportes inclinados o en los lugares de concentración de cargas concentradas, además, las grietas toman un ángulo de aproximadamente  $45^\circ$ , las cuales se ubican en los lugares de mayor fuerza cortante y menor momento, por lo que los trabajos de reparación deben realizarse con mucho cuidado, identificando la profundidad de la grieta y raspando la parte dañada de algún tipo de refuerzo, los cuales se instalan de manera que se puedan pegar ambas partes de la estructura (Mostacero Jáuregui, 2016)..

**c) Fisuras por Punzonamiento**

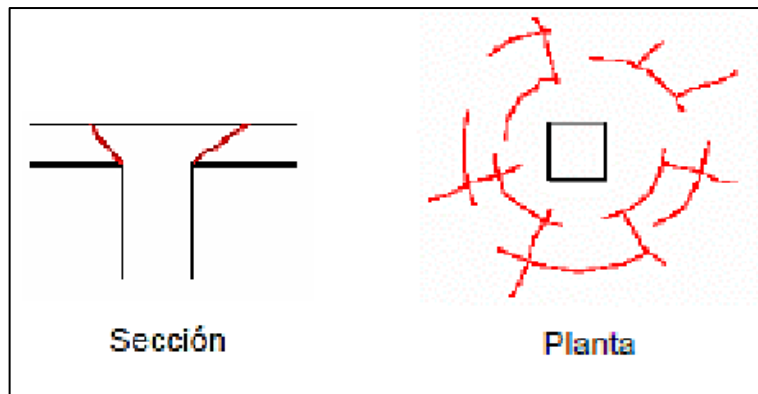
Están formados por un área pequeña que resiste grandes tensiones de grandes cargas, lo que resulta en una fractura en alguna superficie. (Carreño y Serrano, 2005)..

-Características:

- ✓ Se presenta en ábacos de forjados reticulares.
- ✓ Se producen en uniones de vigas planas con columnas.
- ✓ Se caracterizan por ser fisuras de características similares y por ello son sumamente peligrosas.

**Figura 2**

*Formas como se generan los punzonamientos.*



*Nota: (Carreño y Serrano, 2005).*

#### **d) Fisuras por Compresión**

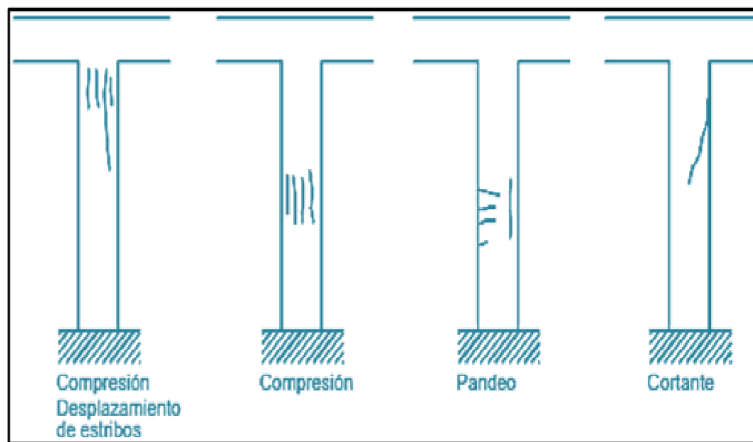
Se desarrollan principalmente en elementos como columnas, porque están preparados para soportar cargas verticales y aparecen grietas paralelas a la dirección de las cargas. (Pérez Valcárcel, 2000).

##### **-Características:**

- ✓ Se encuentran principalmente en columnas.
- ✓ Son particularmente peligrosos debido a su rápido desarrollo general y a la importancia de las partes estructurales mencionadas.
- ✓ A menudo son bastante difíciles de detectar.

**Figura 3**

*Ejemplo de fisuras por compresión.*



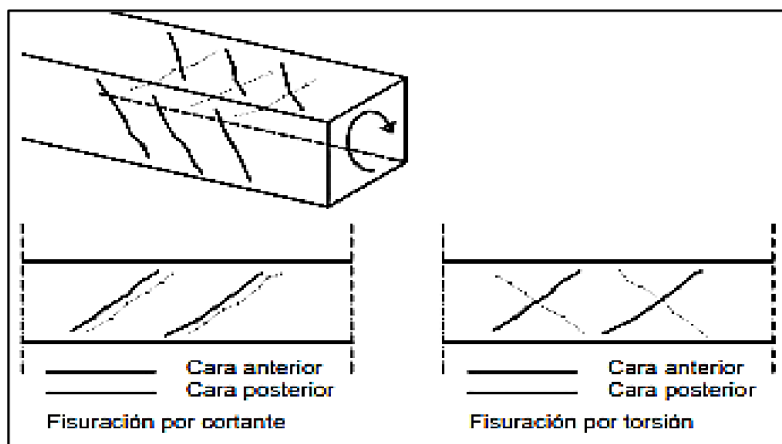
Nota: (Pérez Valcárcel, 2000).

### e) Fisuras de Torsión

Son similares en apariencia a los esfuerzos cortantes y por lo tanto pueden confundirse con ellos. El criterio principal para distinguirlas es que en las grietas de corte, las grietas de los dos lados opuestos están inclinadas en la misma dirección, mientras que las grietas de torsión están en dirección opuesta, como se muestra en la figura (Pérez Valcárcel, 2000).

**Figura 4**

*Ejemplos de fisuras por torsión.*



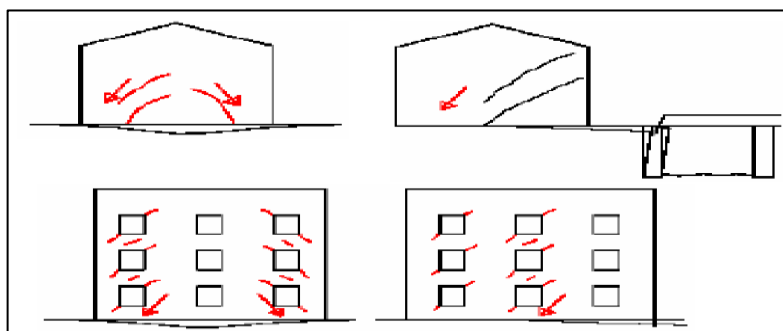
Nota: (Pérez Valcárcel, 2000).

### f) Fisuras por Asientos Excesivos

El agrietamiento provocado por los asientos es parte integral de las patologías que suelen presentarse en nuestro medio, lo que suele ser un problema difícil y costoso de solucionar. Esto y la incertidumbre que supone trabajar con un material como el terreno, cuyas propiedades no se conocen bien, hacen que este problema sea especialmente difícil en el ámbito de la construcción (Carreño y Serrano, 2005).

**Figura 5**

*Ejemplos de fisuras por asientos excesivos.*



*Nota: (Carreño y Serrano, 2005).*

❖ **Uso de la edificación**

• **Factor de Uso U**

Las estructuras se clasifican según E.030 según su importancia y se les asigna un factor U según la siguiente tabla.

**Tabla 1**

*Categoría de las edificaciones y factor "U".*

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos de salud 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 cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:		
	-Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.		
A	-Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.		
Edificaciones Esenciales	-Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.		
	-Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.		
	-Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.	1,5	
	-Se incluyen 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.		
	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.		
B	También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3	
Edificaciones Importantes			
C	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	
Edificaciones Comunes			
D	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2	
Edificaciones Temporales			

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán 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 podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

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

Nota: N.T.P E.030 Diseño Sismorresistente (2019).

#### ❖ Dimensionamiento de elementos estructurales.

-El pre dimensionamiento consiste en determinar las posibles dimensiones de diversas piezas estructurales según recomendaciones basadas en la experiencia y la práctica, y las dimensiones también se confirman posteriormente durante el diseño final. El diseño de los elementos estructurales del proyecto se

basa en los conceptos del libro “Estructura y diseño de edificios de hormigón” (Blanco, 1994).

#### a) Pre dimensionamiento de losa aligerada

Según el reglamento peruano de concreto armado (norma E. 060). En una losa continua iluminada formada por vigas de 10 cm de ancho, bloques de ladrillo de 30 cm de ancho y una losa superior de 5 cm con un recubrimiento inferior a 300 kg/m<sup>2</sup> y una luz inferior a 7,5 m, el control de flecha se puede detener cuando está lleno:

$$h \geq L / 25$$

Para especificar el espesor del sistema de losas elegido, se sigue las recomendaciones del libro mencionado líneas arriba. La siguiente tabla muestra el espesor de losas aligeradas unidireccionales de acuerdo a la luz máxima. Los valores de la Tabla, son válidos siempre y cuando las sobrecargas máximas sean menores de 300 kg/m<sup>2</sup> y exista una densidad no muy alta de tabiques. caso contrario se debe reconsiderar aumentar el espesor.

**Tabla 2**

*Espesores típicos y luces máximas recomendadas*

h (m)	Peso propio aproximado(kg/m <sup>2</sup> )	Luces máximas recomendadas
0.17	280	$l_n \leq 4$
0.20	300	$4 \leq l_n \leq 5$
0.25	350	$5 \leq l_n \leq 6.5$
0.30	420	$6 \leq l_n \leq 5.5$

*Nota: (Blanco, 1994)*

#### b) Pre dimensionamiento de losa maciza

Al calcular el espesor de placas macizas reforzadas en dos direcciones, los datos constructivos se basaron en los siguientes criterios. (Blanco, 1994).

$$\text{Espesor} = \text{Luz libre} / 40$$

#### c) Pre dimensionamiento de vigas peraltadas

Para el pre dimensionamiento de vigas se emplearon los criterios propuestos por (Blanco, 1994).

El peralte de 1/10 o 1/12 de la luz libre, correspondiente para vigas principales y vigas secundarias respectivamente. Cabe considerar que el peralte pre dimensionado para las vigas con responsabilidad sísmica estará sujeto a la verificación de acuerdo a las disposiciones de la Norma E.060 Concreto Armado.

#### d) Pre dimensionamiento de columnas

Los pre dimensionamientos de las columnas dependen de las cargas gravitacionales, debido a que la resistencia y rigidez lateral están controladas por los muros de corte en ambas direcciones. Se utilizó el siguiente criterio para determinar las principales medidas. (Blanco, 1994):

$$= \frac{(\quad)}{0.45} \quad = \frac{(\quad)}{0.35}$$

Donde:

$P(\text{servicio}) = (\text{Área tributaria de la columna}) \cdot (\# \text{ de pisos}) \cdot (\text{carga unitaria asumida})$

$f'_c = \text{Resistencia a la compresión del concreto.}$

#### e) Pre dimensionamiento de placas

Las losas dotan al edificio de la rigidez necesaria, lo que permite controlar los movimientos laterales debidos a cargas sísmicas. Para las predimensiones de losas, se pueden estimar el espesor y la longitud y luego verificar iterativamente mediante análisis sísmicos que cumplan con las disposiciones de E.030. Se tienen en cuenta los siguientes criterios al medir previamente los mosaicos:

$$= \overline{25}$$

Donde:

$l_n = \text{Altura lateral de los elementos que proporcionan apoyo lateral.}$

#### ❖ Errores arquitectónicos

**La arquitectura:** El concepto básico de arquitectura es el arte o ciencia de diseñar, dibujar, planificar y construir edificios permanentes como viviendas, iglesias, escuelas y edificios de oficinas (Reglamento Nacional de Construcción, 2006, p. 9). El cumplimiento de ciertos estándares garantiza que la estructura funcione según lo previsto. Además de crear edificios que sean llamativos y estéticamente agradables. Sus acciones pueden influir en las acciones de las personas en el universo y crear ciertos sentimientos en él que permiten que la vida sobreviva y se desarrolle. (Cardena, 2001, pág.10).

### **La Importancia de la Configuración y Estructuración del Edificio:**

Muchos errores técnicos que causan daños graves o caídas se deben a una mala configuración. El diseño sísmico representa una responsabilidad conjunta de la ingeniería y el diseño arquitectónico, e incluso cuando un edificio se ve afectado por un terremoto, no existe disciplina. Los ingenieros reconocen que la forma, la simetría y la disposición general de una estructura desarrollada durante la fase de diseño son más importantes o contribuyen mejor a determinar las fuerzas definidas en la norma. El mismo documento también afirma: Desde hace mucho tiempo se reconoce que la configuración, simplicidad y orientación del sistema sísmico de una estructura son tan importantes, si no más, que las fuerzas laterales de diseño. (Portacio, 2010):

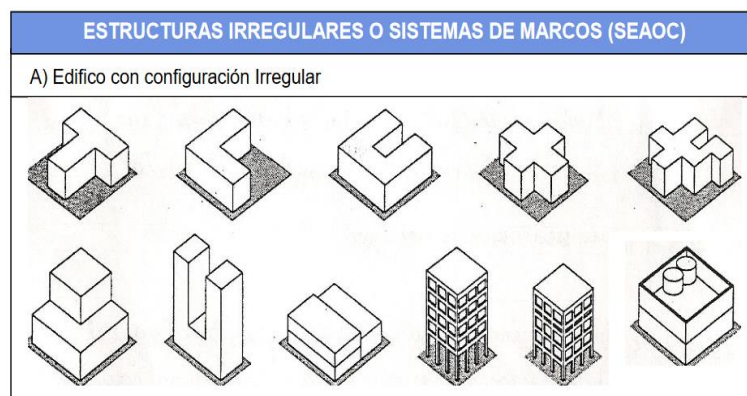
#### ✓ **Requisitos Generales De Estructuración**

- a) a) Simplicidad y simetría: se aplica una estructura simétrica al eje vertical central de modo que el centro de masa y el centro de rigidez coinciden en la dirección X y sus diferencias en la dirección Y son mínimas. la masa que actúa sobre las fuerzas sísmicas y el centro de rigidez que absorbe las fuerzas sísmicas están relativamente cerca uno del otro, lo que minimiza los efectos de torsión.

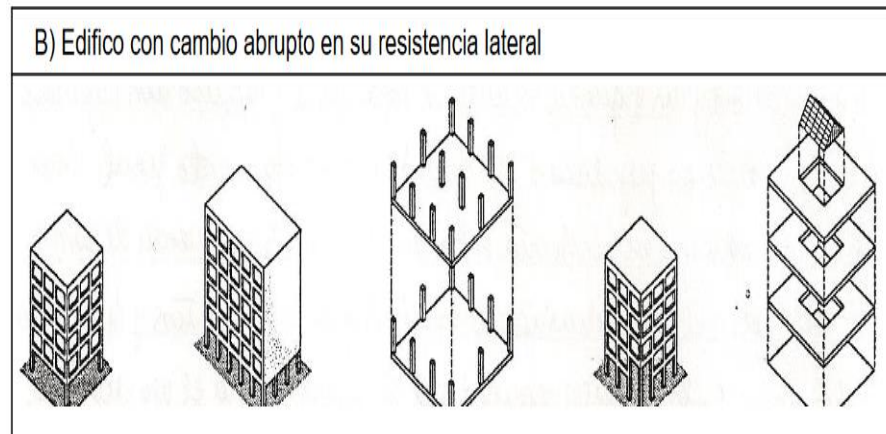
- b) **Peso y Rigidez Lateral:** El objetivo es lograr que la estructura no tenga masa excesiva en los pisos superiores para generar fuerzas sísmicas mayores. Además, es importante distribuir las dificultades de forma simétrica entre los niveles de cada nivel. En términos de rigidez lateral, la estructura debe ser capaz de absorber fuerzas horizontales sin desplazamientos significativos. Por tanto, la estructura debe tener rigidez lateral en ambas direcciones. En nuestro caso, la última capa tiene las mismas propiedades que las capas debajo de ella, por lo que cambiar los pesos está bien.
- c) **Uniformidad y continuidad:** Esto significa que la estructura es continua en plano y altura, es decir, en nuestro caso no hay concesiones ni en planta ni en altura y la disposición es continua en todas las plantas superiores. Además, la losa actúa como una membrana rígida, es decir, una estructura plana ideal que permite que todas las fuerzas horizontales aplicadas fluyan hacia los soportes y paredes a lo largo de la rigidez lateral. Debería quedar uniforme como se muestra.

**Figura 6**

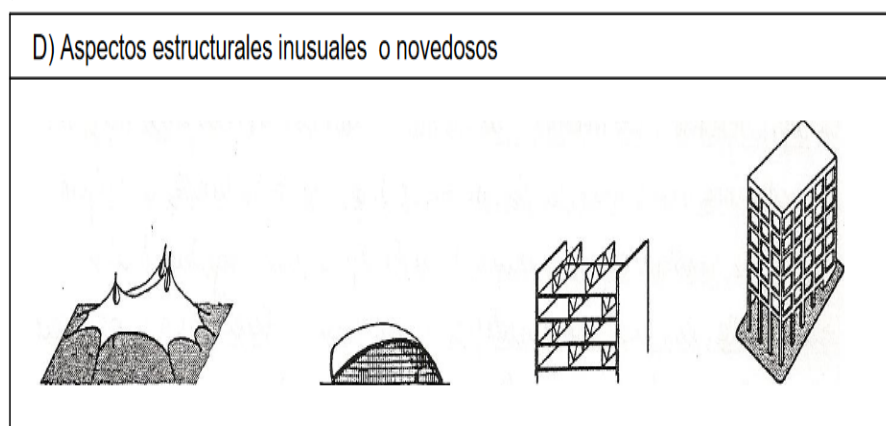
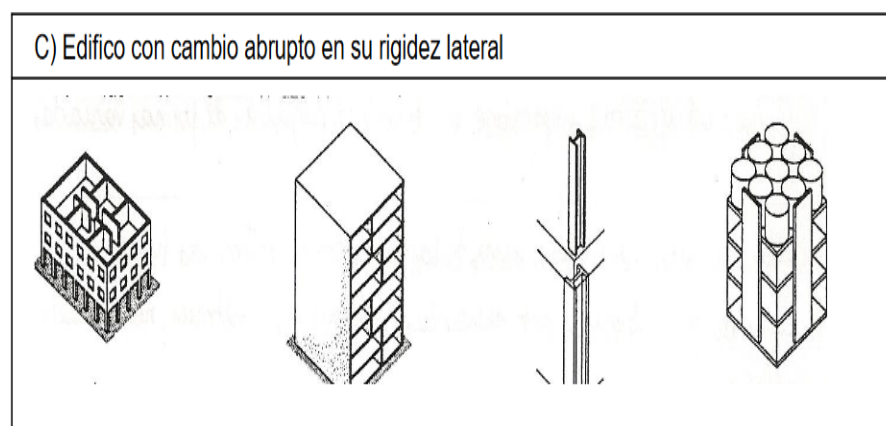
*Estructuras irregulares o sistemas de marcos (SEAOC).*



*Nota:* (SEAOC, 2007).



Nota: (SEAOC, 2007).



Nota: (SEAOC, 2007).

#### ❖ Errores constructivos

Es una etapa donde dependiendo de la realización del proyecto pueden comenzar la mayoría de posibles fallas, donde por el modelado ineficiente de la estructura, las falencias de las especificaciones técnicas, no se pueden prever los efectos que se presentarán durante la construcción. planos con finalidad constructiva. (Gómez y Palacios, 2011).

Errores que se suelen cometer en la construcción de elementos estructurales de hormigón armado, tales como: cimientos, elementos estructurales verticales, elementos estructurales horizontales; según la etapa de construcción. Los errores comúnmente encontrados en su fabricación se toman independientemente de sus respectivos componentes estructurales, los cuales se resumen en la siguiente lista:

- - Recubrimiento insuficiente de acero.
- - Problemas de adherencia y anclaje del acero.
- - Congestión de acero de refuerzo en espacios más pequeños.
- - Discontinuidad de elementos verticales en sección transversal.
- - Sobrecarga excesiva de losas. sólido o descolorido.
- - Problemas causados por juntas frías.
- - Refuerzo inadecuado de cimientos adyacentes.
- - Tratamiento inadecuado del hormigón ordinario.

- **Discontinuidad de la sección transversal de elementos verticales**

Los miembros verticales, losas o columnas deben, si es posible, mantener una sección transversal constante en toda la altura, pero hay varias situaciones en las que esto no sucede.

En la mayoría de las estructuras de hormigón armado, es común que los operadores de encofrado intenten cubrir los huecos en ella con papel perforado (ver imagen), al verter no dejar que el hormigón de papel llene toda la losa y al retirar el molde queda una cavidad en el interior (corresponde a las formas de la olla de "cangrejo"), la cruz -sección. de la losa o columna disminuye en ese punto, lo que reduce la resistencia del elemento. (Lengua, 2013)

**Figura 7**

*Papel de bolsa de cemento acuñado entre una losa y una placa.*



*Nota: (Lengua, 2013).*

- **Heterogeneidad del concreto con el que se elaboran las placas**

Al hacer las placas de concreto luego de terminada la cimentación, lo habitual es que primero se haga, el primer piso se les suele fabricar primero hasta una altura de aproximadamente 30 cm (como un sobrecimiento), para tener una guía para sujetar el encofrado, y en los pisos superiores esta altura se reduce a 10 cm. Entonces se podría decir que la placa (en cualquier piso) ya no es un elemento monolítico, sino que está hecha de diferentes tipos de concreto, porque si la placa en sí se vierte con una premezcla o con concreto hecho en una mezcladora, la parte inferior a menudo se hace a mano y en el suelo. (Lengua, 2013)

- **Interferencia provocadas por accesorios sanitarios y eléctricos**

Por la presencia de accesorios como cajas de luz, válvulas de agua, tuberías, etc., reducen la rigidez y resistencia de las placas, por que disminuye su sección transversal. Sumado a lo anterior, afecta el recubrimiento de las placas, mientras que el acero puede entrar a agentes corrosivos. Las limitaciones para tuberías empotradas en hormigón están definidas en el RNE E.060 (2009), Art. 6.3.

## Figura 8

*Cajas de electricidad empotradas en placa de concreto.*



*Nota: (Lengua, 2013).*

- **Mal recubrimiento deficiente del concreto en elementos verticales**

En muchos casos las barras de acero están en contacto con el encofrado, o de lo contrario muy alejado de éste. Según el diseño, cada elemento de concreto armado tiene un recubrimiento especificado según norma. Cuando el recubrimiento es enorme las fisuras por agrietamiento serán más notorias, y el elemento no funcionará según estuvo diseñado originalmente. Si el espesor del revestimiento es menor al requerido, habrá problemas de adherencia entre el acero y el hormigón y al mismo tiempo estarán expuestos a la corrosión. según RNE E.060 (2009), el Art. 7.7 define el recubrimiento para los diferentes elementos de concreto armado, por lo que según esta norma es necesario proporcionarle a la estructura de acero el recubrimiento que se indica en el diseño, si no estuviera incluido se deberá consultar con el especialista.

- **Contaminación de la superficie de contacto entre elementos horizontales y verticales**

Los elementos verticales (placas y/o columnas) se van elaborando de piso en piso, sin embargo, la zona de contacto entre la losa y la columna/placa queda

expuesta al exterior durante un día a la intemperie. Esta superficie se ensuciará debido al polvo y/o con otros desperdicios de otros materiales, por lo que si no se limpia no permite que los elementos de concreto se adhieran bien.

Antes del vertido del concreto se debe limpiar la superficie receptora de concreto, también antes de formar el encofrado, porque una vez colocado el encofrado es difícil retirar residuos y escombros, debido al peso de la armadura ya instalada. La Inyección de aire o agua a presión facilita esta tarea (ver figura 2.32). sobre este tema, el RNE E.060 (2009) lo menciona en los artículos 6.4.2 y 6.4.3.

- **Colapso de los elementos verticales de concreto armado**

Las placas y/o columnas prefabricadas de concreto armado no siempre están perfectamente alineadas verticalmente, provocando muchas veces un ligero inclinamiento, lo que provoca excentricidad en los elementos. Si a lo anterior se le suma que además existe una insuficiente alineación vertical entre piso y piso, el problema es aún mayor porque se crean momentos adicionales en toda la estructura.

Cabe señalar que el estado del molde afecta mucho el resultado final. El RNE E.060 (2009) recomienda en los Arts. 6.1.1 y 6.1.3.

- **Interferencia de tubos de PVC en las vigas**

Los tubos de PVC que van hacia las vigas reducen su sección transversal debido a las piezas que pasan. Si bien es cierto que en muchos casos el proyecto requerirá refuerzo en estos lugares críticos, lo más apropiado es reubicar las tuberías de tal manera que se minimice el daño al elemento de hormigón armado. Antes de iniciar la implementación del proyecto, es necesario coordinar los planes de todos los departamentos. La situación de las redes sanitarias y eléctricas es muy especial, porque pueden dañar componentes estructurales por su tamaño; Por lo tanto, los cambios necesarios en la tubería ayudarían a minimizar el daño estructural. (Lengua, 2013)

- **En las losas Macizas y/o Aligeradas**

Debido a los volúmenes procesados, las losas del techo crean las mayores expectativas. Por la misma razón que derribar el techo es muy difícil de posponer, al constructor se le presenta un escenario donde deben completarse todas las tareas en la misma jerarquía; Si todos los elementos del tablero no están listos a tiempo según lo previsto, existe el riesgo de que el elemento se fabrique defectuosamente. A continuación, se detallan los errores más comunes antes, durante y después de colocar las tejas. (Lengua, 2013)

#### ❖ **Junta sísmica entre edificaciones vecinas y muro con columna**

Según la norma técnica E.030-2018 para el diseño de resistencia sísmica, cada edificación está separada de las estructuras adyacentes por una distancia mínima del plano del paisaje natural para evitar el contacto durante el movimiento sísmico,

esta distancia es de al menos  $2/3$  desde el nivel del suelo. la suma de los movimientos máximos de los edificios vecinos, pero no menos de:

$$s = 0,006 h \quad 0,03 \text{ m}$$

Donde h es la altura, medida desde el nivel del terreno natural, hasta el nivel considerado para evaluar s.

Edificio Se elimina del límite de la propiedad junto a otros solares o edificios, a distancias de al menos  $2/3$  del desplazamiento máximo calculado según el párrafo 31 y bajo  $s/2$ , si el edificio existente tiene una junta sísmica de regulación.

Si no la hay junta sísmica de regulación, el edificio queda separado del edificio existente por el valor correspondiente de  $s/2$  más el valor de la estructura adyacente por  $s/2$ .

### **2.1.2.2 Aspectos estructurales de la edificación (*Aplicando Etabs V.20.0.0*)**

#### ❖ **Irregularidades estructurales en planta y altura**

##### **a) Irregularidades Estructurales en Altura ( $I_a$ )**

- **Irregularidad de rigidez - piso blando**

La norma E030-2019, menciona que existe irregularidad de rigidez cuando, en una 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.

La rigidez lateral se puede calcular como la relación entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados bajo las mismas condiciones de carga,  $I_a = 0.75$  (p.17).

Se puede expresar, Numéricamente de la siguiente manera:

$$1 \quad I_a < 0.7 \quad I_{a+1} \quad \text{ó}$$

$$2 \quad I_a < 0.8 \frac{I_{a+1} + I_{a+2} + I_{a+3}}{3}$$

$$; \quad = \text{-----}$$

#### - Irregularidades de resistencia – piso débil

La norma E030-2019, menciona irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera dirección de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es menor a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior  $I_a = 0.75$  (p.17). Numéricamente, esto se puede expresar como:

$$1: \quad R_a < 0.8 \quad R_{a+1}$$

:

#### - Irregularidad Extrema de Rigidez

La norma E030-2019 menciona existe irregularidad extrema de rigidez ocurre cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor al 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior o es menor al 70%, la rigidez lateral se puede calcular como la relación promedio de los 3 niveles superiores adyacentes.

La rigidez lateral se puede calcular como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el desplazamiento relativo del centro de masas correspondiente, ambos

evaluados bajo la misma condición de carga, consulte la tabla de Categoría y regularidad de los edificios,  $la = 0.50$  (p.17).

- **Irregularidad de Resistencia Extrema**

La norma E030-2019 menciona que se produce irregularidad de resistencia extrema cuando, en cualquier dirección de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es menor a 65 % del valor de resistencia del entrepiso inmediato superior, consultar la tabla de Categoría y regularidad de las edificaciones,  $la = 0.50$  (p.17).

- **Irregularidad de Masa o Peso**

La norma E030-2019 menciona irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, según el artículo 26, es superior a 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos  $la = 0.90$  (p.17).

- **Irregularidad Geométrica Vertical**

La norma E030-2019, menciona 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  $la = 0.90$  (p.17).

- **Discontinuidad en los Sistemas Resistentes**

La norma E030-2019, menciona se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un des alineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento  $la = 0.80$  (p.17).

- **Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes**

La norma E030-2019, menciona 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, ver la Tabla de Categoría y regularidad de las edificaciones,  $I_a = 0.60$  (p.17).

## **b) Irregularidades estructurales en planta ( $I_p$ )**

### **- Irregularidad Torsional**

La norma E030-2019, menciona existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculando 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 ( $\Delta_{prom}$ ). 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 de límites para la distorsión de entrepiso  $I_p = 0.75$  (p.18).

### **- Irregularidad Torsional Extrema**

La norma E030-2019, menciona existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculando 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 ( $\Delta_{prom}$ ). 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 de límites para la distorsión de entrepiso y ver la Tabla de Categoría y regularidad de las edificaciones,  $I_p = 0.60$  (p.18).

### **- Esquina Entrantes**

La norma E030-2019, menciona 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  $I_p = 0.90$  (p.18).

### **- Discontinuidad del Diafragma**

La norma E030-2019, menciona 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  $I_p = 0.85$  (p.18).

- **Sistemas no paralelos**

La norma E030-2019, menciona 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  $30^\circ$  ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso  $I_p = 0.90$  (p.18).

• **Restricciones a la irregularidad**

**Tabla 3**

*Categoría y regularidad de las edificaciones.*

Categoría y regularidad de las edificaciones		
Categoría de la edificación	Zona	Restricciones
A1 Y A2	4, 3 Y 2 1	No se permiten irregularidades No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 Y 2 1	No se permiten irregularidades extremas 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 8m de altura total
	1	Sin restricciones

*Nota: Norma Diseño Sismorresistente (E.030-2019).*

• **Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles**

La norma E030-2019, indica el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el artículo 31, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla siguiente,

**Tabla 4**

*Límites para la distorsión del entrepiso.*

LIMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	( / )
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:* Norma Diseño Sismorresistente (E.030-2018 p.27).

#### ❖ **Periodo fundamental de vibración**

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$= \text{---}$$

Dónde:

CT= 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.

CT = 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.

CT = 60 Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada. Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$= \frac{\sum_{i=1}^2 (f_i d_i)^2}{\sum_{i=1}^2 (f_i^2 + d_i^2)}$$

Dónde:

- $f_i$  es la fuerza lateral en el nivel  $i$  correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.
- $d_i$  es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ . Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental  $T$  se toma como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente (N.T.P E.030, 2018).

#### ❖ **Verificar desplazamientos por piso**

- **Determinación de desplazamientos laterales**

Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por 0,75  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas.

Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,85  $R$  los resultados obtenidos del análisis lineal elástico. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de  $C/R$  indicados, ni cortante mínimo en la base (N.T.P E.030, 2018).

- **Desplazamientos laterales relativos admisibles**

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso no deberá exceder la fracción de altura de entrepiso (distorsión) que se indica ( $\Delta_i / h_{ei}$ ). para el concreto armado es de 0,007 (N.T.P E.030, 2019).

#### ❖ **Comportamiento de vigas, columnas, losas, escaleras.**

#### - **Comportamiento de vigas**

Las vigas presentan principalmente esfuerzos producidos debido a momentos flectores y corte, por ello se debe de definir el tipo de comportamiento que dominara en el rango no lineal. El comportamiento no lineal (rotulas plásticas) se representan mediante el diagrama de momento rotación y se definen según la tabla 10-7 del ASCE/SEI 41-13. La asignación de las rotulas son en las caras de los nudos con las columnas, debido que los mayores esfuerzos que se presentan se encuentran en esta zona (Auccahuasi, 2022).

#### - **Comportamiento de columnas**

Básicamente la columna es un elemento estructural que trabaja en compresión, pero debido a su ubicación en el sistema estructural deberá soportar también solicitaciones de flexión, corte y torsión (MORALES, 2006).

#### • **Evaluación del comportamiento de edificaciones ante acciones sísmicas**

Las cargas de gravedad son consideradas la carga principal de un edificio, la aproximación de cargas vivas y muertas son estimables y su incertidumbre es muy baja. Cuando una edificación a medida se vuelve alto debe de presentar la rigidez y resistencia adecuada para lograr resistir las cargas laterales que en su mayoría son impuestas por sismo y vientos.

### I. **Curva de capacidad estructural**

#### a. **Leyes constitutivas o modelo de comportamiento del concreto reforzado**

El concreto reforzado o también concreto armado, es uno de los materiales de construcción civil más usado en la construcción de edificaciones. Es un material compuesto que consta de 2 materiales: acero de refuerzo y concreto. El comportamiento de cada uno de estos elementos fue investigado a través de ensayos a lo largo de los años, de esta manera se verifico que el concreto es un material frágil que tiene una alta resistencia a la compresión y muy baja a la

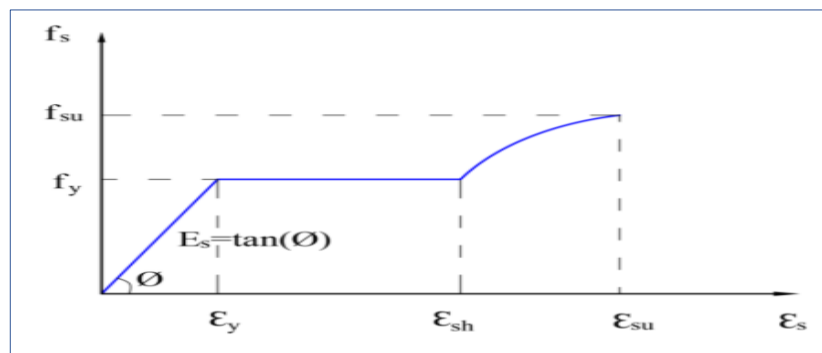
resistencia a la tracción, es ahí donde se le incorpora el acero para resistir de manera adecuada la tracción.

#### b. Modelo esfuerzo – deformación para el acero de refuerzo

Este modelo presenta tres zonas definidas, zona elástica lineal, zona de fluencia, zona de endurecimiento por deformaciones, esta última esta representa por una parábola de segundo o tercer grado. Es ideal para presentar el comportamiento real del acero de refuerzo hasta su falla o rotura. Esta zona de endurecimiento por deformación es definida en el intervalo

#### Figura 9

*Modelo elasto-plástico con endurecimiento por deformación.*



*Nota: Gianfranco Ottazi - PUCP (2011).*

Donde:

$f_y$  : Esfuerzo a la fluencia del acero.

$\epsilon_y$  : Deformación unitaria de la fluencia del acero.

$\epsilon_{sh}$  : Deformación unitaria ultima del acero.

$\epsilon_{su}$  : Deformación unitaria del acero donde empieza el endurecimiento por deformación.

$f_{su}$  : Esfuerzo último del acero.

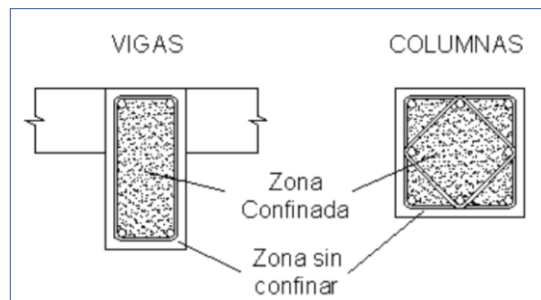
#### c. Modelo esfuerzo - deformación para el concreto

La representación de las leyes constituidas del concreto y sus modelos son definidos teniendo en cuenta la calidad de los materiales, velocidad de aplicación y

su confinamiento. El concreto no confinado es normalmente utilizado para realizar diseños y el confinado para la evaluación de la capacidad de estructuras existentes.

**Figura 10**

*Secciones típicas de columnas y vigas.*



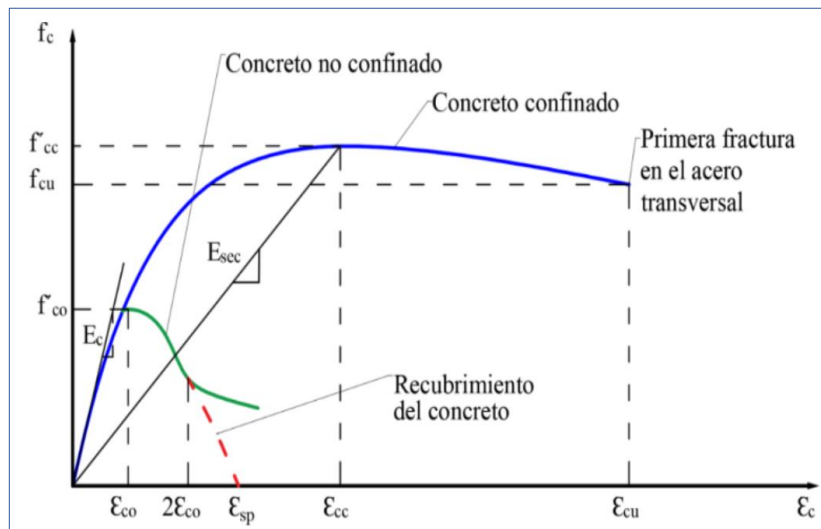
*Nota:* (Allauca, 2006).

“El comportamiento del concreto confinado es significativamente mejor que el del concreto sin confinar, no solo en lo que respecta al esfuerzo máximo sino fundamentalmente a que la deformación de falla o rotura aumenta significativamente” (ALLAUCA, 2006).

### **Modelo de Mander**

La característica fundamental que presenta este modelo es la influencia directa del confinamiento, la resistencia a la compresión del concreto  $f_c$  aumenta hasta llegar a la resistencia a la compresión confinada  $f_{cc}$ , desarrollada en una deformación propia del confinamiento. El punto de falla ( $\epsilon_c$ ;  $\epsilon_{cc}$ ) básicamente lo define la fractura del acero transversal. Por esta razón el modelo de Mander es ampliamente utilizado en el análisis sísmico de estructuras de edificaciones.

**Figura 11** Modelo para concreto confinado.



Nota: Gianfranco Ottazi - PUCP (2011).

Donde:

$f_{cc}$  : Resistencia máxima del concreto no confinado

$\epsilon_{co}$  : Deformación unitaria máxima del concreto no confinado

$\epsilon_{sp}$  : Deformación unitaria en la que el recubrimiento del concreto se considera

que se ha desprendido por completo y no transmite esfuerzo alguno

$f'_{cc}$  : Resistencia máxima del concreto confinado

$\epsilon_{cc}$  : Deformación unitaria máxima del concreto confinado

$f_{cu}$  : Esfuerzo último del concreto confinado

$\epsilon_{cu}$  : Deformación unitaria ultima del concreto confinado

$E_c$  : Modulo de elasticidad del concreto

$E_{sec}$  : Modulo de elasticidad del concreto

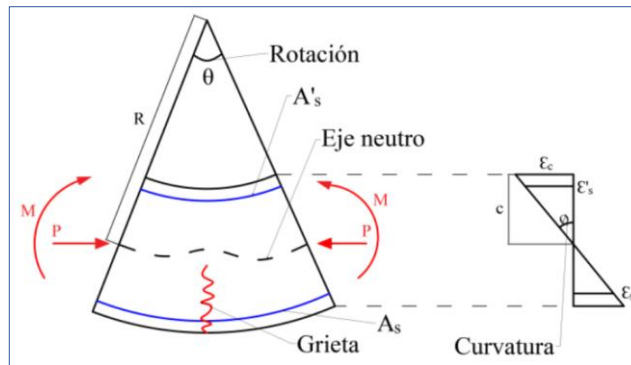
## II. Modelo inelástico para elementos y secciones

### a. Diagrama de momento – curvatura y momento – giro

La curvatura se define como el cambio de ángulo (rotación), por unidad de longitud en una ubicación dada, a lo largo del eje del elemento sometido cargas que producen flexión (OTTAZZI PASINO, 2004).

**Figura 12**

*Curvatura y rotación de un elemento.*



*Nota: Gianfranco Ottazi - PUCP (2011).*

La curvatura de la sección se puede caracterizar por la ecuación:

$$\kappa = \frac{\epsilon_c - \epsilon_s}{c}$$

Donde:

$\epsilon_c$  : Deformación unitaria en la fibra superior del concreto

$\epsilon_s$  : Deformación unitaria en la fibra inferior del acero

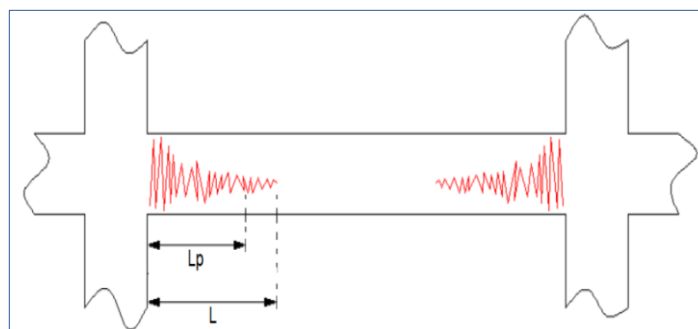
$c$ : Profundidad de la parte superior al eje neutro

$\kappa$  : Curvatura de la sección

Se suele considerar una zona de daño el cual se denomina rotula plástica el cual tiene una distancia o longitud "  $L_p$  ", la longitud equivalente puede estimarse de 0.4 hasta 0.5 veces el peralte efectivo del elemento, adicional a esto se asume que esta longitud la curvatura es constante.

**Figura 13**

*Longitud plástica y concentración de rotulas.*



*Nota:* Allauca Sanchez Takuma Oue (2006).

## b. Tipos de modelo de análisis estructural

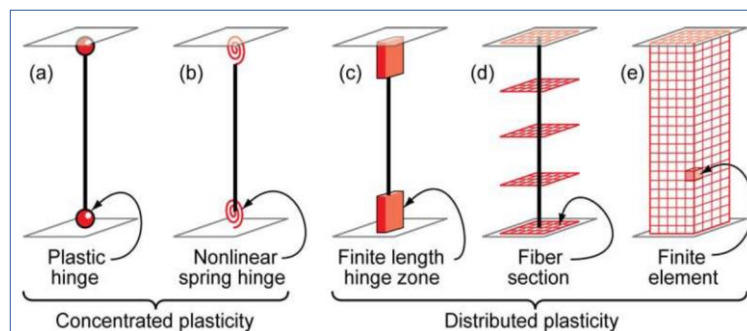
Los modelos de componentes estructurales inelásticos se pueden diferenciar por la forma en que la plasticidad se distribuye a través de las secciones transversales del miembro y a lo largo de su longitud” (Deirlein G, y otros, 2010).

Se muestra una comparación entre cinco tipos de modelos idealizados para lograr simular la respuesta inelástica de columna-viga.

Es factible modelar varios tipos de miembros estructurales, utilizando los conceptos ilustrados que se muestran a continuación:

**Figura 14**

*Modelo idealizado para elementos viga-columna.*



*Nota:* Deirlein G, (2010).

## III. Rotulas plásticas

Son dispositivos de disipación de energía que permite la rotación plástica de una determina sección manteniendo casi constante el momento plástico. La rotula plástica es fundamental para poder definir el modelo no lineal de la estructura (Auccahuasi, 2022).

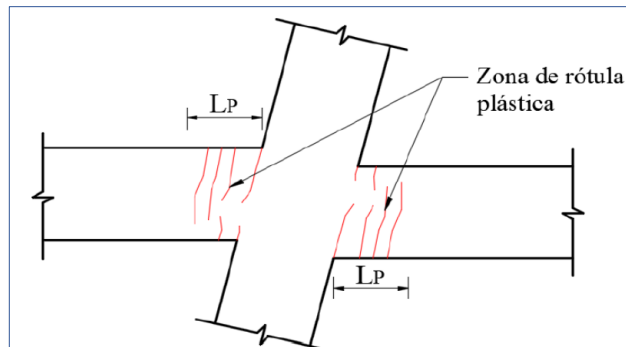
### a. Vigas

Durante la ocurrencia de sismos o terremotos el comportamiento no lineal de las vigas suele concentrarse en las zonas adjuntas a los nudos en una longitud “L” donde el daño es más concentrado hacia los nudos.

Para poder desarrollar los modelos analíticos se considera esta zona de daño, donde se concentra básicamente toda la deformación inelástica “rotula plástica” al cual se le asigna una longitud “ $L_p$ ”, como se señaló líneas arriba la mejor estimación de este valor es del 40% al 50% del peralte del elemento.

**Figura 15**

*Formación de rotulas plásticas en vigas.*



Nota: Choque y Luque (2019).

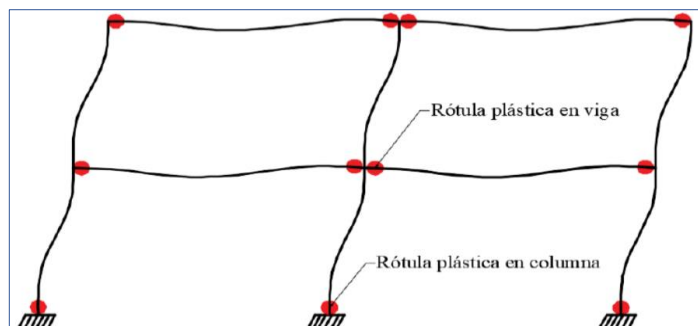
## b. Columnas

En el caso de las columnas su ductilidad depende de la carga axial (compresión), esta debe de garantizar que no sea superior a la carga axial balanceada ( $P_b$ ), para que la sección presente falla dúctil y de esta manera se pueda generar una rotula plástica. De esta manera se logra entender que se tendrá una ductilidad para cada carga axial que

soporte la sección, cuando se cumpla  $P < P_b$ .

**Figura 16**

*Formación de rotulas plásticas en un pórtico.*



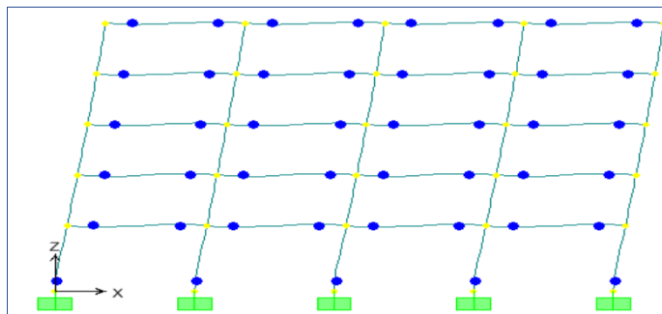
Nota: Choque y Luque (2019).

#### IV. Comportamiento no lineal de la edificación

La forma más práctica y sencilla de representar el comportamiento no lineal de las edificaciones frente a amenazas sísmicas es mediante un modelo de plasticidad concentrada o básicamente Discretizar mediante la asignación de rotulas plásticas en los extremos de las vigas y columnas.

**Figura 17**

*Discretización del comportamiento inelástico mediante rotulas.*



*Nota: Allauca Sanchez Takuma Oue (2006).*

#### ❖ Tipo de sistema estructural

##### • Sistemas Estructurales

Según la norma E.030 especifica sistemas estructurales seguros en hormigón armado, metal, mampostería, madera para establecer el elemento de descuento de la presión sísmica, para especificar el desplazamiento lateral máximo permisible y sólo aceptar su uso consistente con la importancia y la zona de un edificio

##### - Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de hormigón armado que componen el sistema estructural sismorresistente efectúan la Norma Técnica E.060 de Hormigón Armado del Reglamento Nacional de Edificación.

**a) Pórticos.** Por lo menos el 80% de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

**b) Muros Estructurales.** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

**c) Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio.

**d) Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

- **Estructuras de Albañilería**

Edificaciones cuyos elementos sismorresistente son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o de albañilería armada.

**2.2.2 Vulnerabilidad sísmica**

**2.2.2.1 Estado de vulnerabilidad**

La Vulnerabilidad sísmica; Abad & Ramírez (2023), menciona sobre la vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos se corrigió mediante 2 métodos: Método Italiano Benedetti y Petrini y Método de Análisis Sísmico mediante la norma E-030, con la finalidad de cuál sería la reacción estructural frente a un inesperado movimiento sísmico, se realizó un modelamiento de la estructura mediante el software ETABS, en base a los planos obtenidos por el propietario de la misma, haciendo un análisis estático y dinámico, siendo el resultado en ambos métodos coinciden que la estructura dual de 7 pisos tiene una vulnerabilidad alta. El estado de vulnerabilidad sísmica es definido como la predisposición intrínseca de la estructura a sufrir daño debido a eventos sísmicos, y está directamente relacionada con los materiales y el proceso constructivo empleado. El método de índice de

vulnerabilidad (Benedetti y Petrini), identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios causado por un terremoto, asignándoles un valor numérico que va aumentando conforme se aprecian mayores fallas y defectos. Los objetivos planteados manifiestan la importancia de reconocer las zonas de alta, media y baja vulnerabilidad en el ámbito de estudio (Criollo, 2018).

La credibilidad se basa por su extensa aplicación en países internacionales como España, Italia, Colombia, Ecuador, Perú, etc.; también, siendo muy asertivos con los resultados obtenidos se logra la satisfacción plena. Este análisis se ejecutó para construcciones de concreto armado y mampostería. Siendo aclimatada a la sustantividad, tomando en cuenta las N.P. recientes, estas que se manifiestan en la tabla siguiente.

**Tabla 5**

*Contraste entre el RNE y los parámetros propuestos por el método de B.P.*

<b>Método de Benedetti - Petrini</b>		<b>Criterio Propuesto por el RNE</b>
<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	
1	Organización del sistema resistente	Asesoría Técnica y Criterio de estructuración en adobe y albañilería (Norma E-070 y E-080)
2	Calidad del sistema resistente	Calidad del material y proceso constructivo. Norma E.060, E.070 y E.080.
3	Resistencia convencional	Parámetros de sitio (Z, U, S, C, R, Tp). Norma E.030, Art. 5-10.
4	Posición de edificios y cimentación	Condiciones geotécnicas: tipo de suelo rígido, intermedio y flexible. Norma E.050
5	Diafragmas horizontales	Consideraciones para diafragmas. Norma E.030, E.060, E.070 y E.080.
6	Configuración estructural en planta	Irregularidades estructurales en planta Norma E.030, Art. 11.
7	Configuración estructural en elevación	Irregularidades estructurales en altura. Norma E.030, Art. 11.
8	Separación Máxima entre muros	Densidad de muros en las edificaciones. Norma E.070 y E.080.
9	Tipo de cubierta	Condición de la unión de la cobertura con el sistema resistente.
10	Elementos no estructurales	Conexión de los elementos no estructurales. Norma E.070, Cap. 9-10.

11	Estado de conservación	Condición actual de la vivienda
----	------------------------	---------------------------------

Nota: (Mesta, 2014).

(Abad & Ramírez, 2023), el Método de Benedetti - Petrini fue constatado para las construcciones de mampostería y concreto armado.

Es cuantitativa, debido a que los datos se obtienen mediante mediciones y luego se analizan por métodos estadísticos.

El índice de vulnerabilidad para estructuras de mampostería se obtiene mediante:

$$= \frac{11}{=1} ( )$$

El índice de vulnerabilidad para estructuras de concreto armado se obtiene mediante.

$$= 100 \left( \frac{11}{=1} ( ) + 1 \right) / 34$$

Donde.

- : Índice de vulnerabilidad
- : Coeficiente de peso
- : Clases según su calidad

### Tabla 6

*Rango de valores para determinar la vulnerabilidad sísmica.*

Vulnerabilidad	Porcentaje (%) de I. V.
Baja	$I.V \leq 15\%$
Media	$15\% < I.V \leq 35\%$
Alta	$35\% < I. V$

Nota: Yépez, (1996).

### ❖ Comportamiento sísmico de la estructura

Para el análisis del comportamiento sísmico de la edificación se considera los parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

### a. Análisis sísmico espectral-Aceleración espectral

La norma técnica de diseño sismorresistente E.030, nos permite a través de un espectro de pseudo aceleración simular un sismo, el cual está dado por la siguiente ecuación:

$$= \frac{\dots}{\dots}$$

Donde:

: Aceleración espectral.

Z: Factor zona.

U: Factor de uso.

C: Factor de amplificación sísmica.

S: Factor suelo.

R: Coeficiente de reducción sísmica.

g: Aceleración de la gravedad.

#### - Factor de zona ( )

Se interpreta como la aceleración horizontal máxima en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Este factor se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad de acuerdo a lo indicado en la tabla siguiente

**Tabla 7**

*Factores de zona ( ).*

Factores de zona “ ”	
Zona	
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

*Fuente:* Extraído de la Norma Técnica E.030 (2019).

#### - Categoría de la edificación ( )

Según la Norma E.030, ordena las construcciones de acuerdo al grado de importancia, funcionamiento adecuado para el empleo de accidentes, capacidad de individuos que podría acoger, etc.

En las edificaciones esenciales estarían los hospitales, terminal de bomberos, matriz de comunicación, inmuebles que puedan ser aptos como albergues después de un sismo, etc.

Las edificaciones que contienen patrimonio cultural o reinciden gran cantidad de personas, deberían ser menos vulnerables para evitar pérdidas sociales o de patrimonio; estas edificaciones pertenecen a la categoría de edificaciones importantes, como aeropuertos, cines, estadios, etc.

Las viviendas, hoteles oficinas y demás edificaciones se consideran como edificaciones comunes.

Para lograr un desempeño diferente en cada categoría, la norma utiliza un coeficiente de significación "U" como un aumento de requerimientos sísmicos, al ampliar los requerimientos de diseño se amplifican los desplazamientos por lo que es prescindible aumentar la inflexibilidad para poder satisfacer las demandas de diseño. Por ende, a mayor consideración de la construcción, el coeficiente es mayor; para las edificaciones comunes vendría a ser 1.0, es decir, no se aplica ningún amplificador (Abad & Ramírez, 2023)

**Tabla 8**

*Factores de uso ( ).*

Categoría	Factor U
A Edificaciones Esenciales	1.5
B Edificaciones Importantes	1.3
C Edificaciones Comunes	1.0

*Nota:* Norma Técnica E.030 (2019).

- **Factor de suelo (S)**

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas de suelo, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte” (MOSQUEIRA, 2012).

**Tabla 9**

*Clasificación de los perfiles de suelo.*

Clasificación de los perfiles de suelo			
Perfil		$\bar{N}_{60}$	
0	>1500m/s	-	-
1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100kpa
2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50kPa a 100 KPa
3	<180 m/s	< 15	25 kPa a 50 Kpa
4	Clasificación basada en EMS		

*Nota:* Norma Técnica E.030 (2019).

El tipo de perfil que mejor representa las condiciones locales de los parámetros del campo se considera utilizando los correspondientes valores de refuerzo del suelo y períodos  $p$  y  $T_L$  que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Factor de suelo.*

Suelo/Zona	Factor suelo “s”			
	0	1	2	3
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

*Fuente:* Norma Técnica E.030 (2019).

**Tabla 11**

*Periodos de  $T_P$  y  $T_L$ .*

	Periodos “ $T_P$ ” y “ $T_L$ ”			
	Perfil de suelo			
	0	1	2	3
$T_P(S)$	0.3	0.4	0.6	1.0
$T_L(S)$	3.0	2.5	2.0	1.6

*Nota:* Norma Técnica E.030 (2019)

- **Factor de amplificación sísmica (c)**

$$c < 2.5 ; c = 2.5$$

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

$$T > T_p ; C = 2.5 \left( \frac{T_p}{2T} \right)$$

Donde:

$T$ : Periodo fundamental de vibración de la estructura.

$T_p$ : Periodo que define la plataforma del factor  $C$ .

$T_L$ : Periodo que define el inicio de la zona del factor  $C$  con desplazamiento cortante.

#### - Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas ( $C_o$ )

“Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la siguiente tabla” (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, 2019).

**Tabla 12**

*Coeficiente básico de reducción.*

Sistema Estructurales	Coeficiente Básico de Reducción $C_o$
<u>Concreto armado:</u>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

*Fuente:* Norma Técnica E.030 (2019)

#### - Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas ( $C_o$ )

Los coeficientes de reducción de las fuerzas sísmicas se determina con el producto del coeficiente  $C_o$  y de los factores  $C_e$  obtenidos.

=

#### ❖ Comportamiento sísmico de muros

La evaluación de la estabilidad de los tabiques (muros), se define en la comparación del momento actuante debido a cargas perpendiculares al plano del muro y el momento resistente paralelo plano del muro. Para tal fin los cálculos serán

realizados por la metodología del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), específicamente la E.070.

“En la evaluación de la vulnerabilidad (alta, media, baja) se ha considerado el comportamiento sísmico, el estado actual de la edificación y la estabilidad de tabiques, en los porcentajes que se observan en la siguiente tabla” (MOSQUEIRA, 2012).

#### ❖ **Desplazamientos y distorsiones de entre piso**

La normatividad peruana acepta hasta un máximo de distorsión de 0.007 para concreto armado. El procedimiento para el cálculo de las derivas está dado por las siguientes expresiones.

$$\Delta_i = \Delta_{i-1} + \Delta_i$$

Donde.

$\Delta_i$  = Desplazamiento lateral relativo del nivel

$\Delta_{i-1}$  = Desplazamiento lateral en los niveles  $i$  e  $i - 1$

Para obtener la distorsión de entre piso se usa la siguiente formula:

$$D_i = \frac{\Delta_i}{h_i}$$

Donde.

$h_i$  = Altura de entre piso  $i$

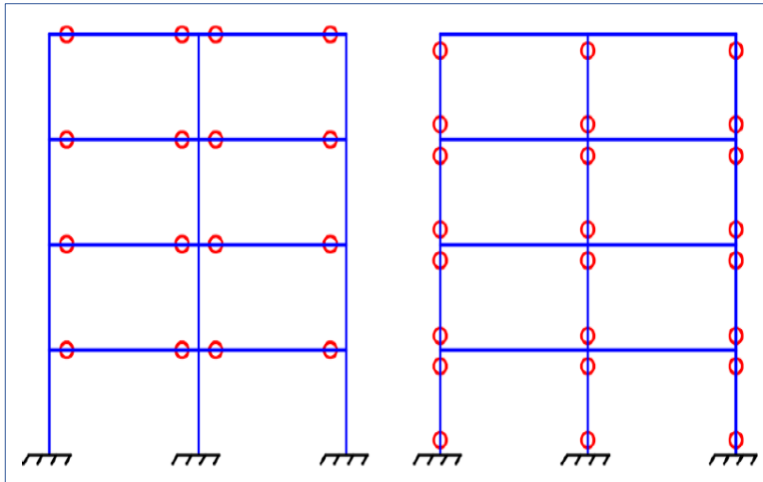
Los valores máximos de desplazamientos de entrepiso no deberán de exceder la fracción de la altura de entrepiso (deriva), Concreto Armado : 0.007, Norma Técnica E.030 (2019).

#### ❖ **Tipo de falla de la edificación**

Es esencial conocer en que elemento de la edificación se produce la falla inicial, si se producen en las columnas esta generará una falla frágil del sistema estructural, generando así una mayor inestabilidad que conllevaría al colapso la estructura; si la falla se da en las vigas, el sistema presentará una falla dúctil y la estructura se mantendrá estable, además a ello puede ser reparado (Auccahuasi, 2022).

**Figura 18**

*Tipos de mecanismo de rotulas plásticas.*



Notas: Morales, CG (2006).

### **a) Resistencia mínima a la flexión de columnas**

La resistencia de las columnas a flexión en las caras de los nudos debe de satisfacer la siguiente ecuación, Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado:

$$1.2$$

Donde.

: Suma de momentos, al centro del nudo correspondiente a la resistencia nominal flexión de las columnas que forman dicho nudo  
 : Suma de momentos al centro del nudo correspondiente a la resistencia nominal en flexión de las vigas que forman dicho nudo.

### **a) Momento de inercia en columnas**

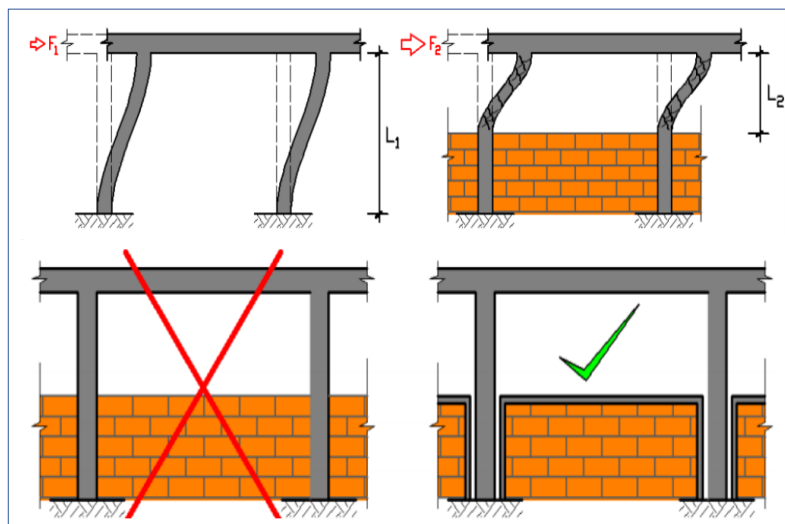
El sentido en el que la columna presenta mayor resistencia a momento flexionante causada por los sismos, es posible determinarlo con el momento de inercia puesto que, a mayor momento de inercia o módulo de sección, menor esfuerzo flexionante actuante y menor deformación (Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado).

## b) Falla por columna corta o cautiva

El efecto de columna corta es nocivo, no solo ante solicitaciones de origen sísmico, si no ante cualquier acción que implique deslizamiento horizontal relativo entre la base y el tope de la columna, tal como es el caso de dilataciones térmicas o movimiento de fundaciones. Para algunas configuraciones estructurales, se puede presentar inclusive ante dilataciones muy pequeñas relacionadas a variaciones en la temperatura ambiente” (BEAUPERTHUY, 2011).

**Figura 19**

*Efectos de la columna corta o columna cautiva.*



*Nota:* Beuperthuy, (2011).

## 2.3 Marco conceptual

Aquí definimos el concepto de los términos basados en un enfoque estructural, a medida del presente trabajo:

- **Patología estructural**

Limas, (2015), la patología estructural es el estudio de indica la conducta de las estructuras cuando presentan fallas o lesiones (patologías), investigando sus causas y planteando medidas correctivas para recuperar las condiciones de seguridad en el funcionamiento de la estructura.

Así mismo, Cruz. W, et al, (2017); especifica que la patología estructural se puede describir como el estudio de las fallas o deficiencias de las infraestructuras de cualquier rama de la ingeniería; dichas fallas pueden acontecerse hasta en las fases del proyecto, por ejemplo: planteamiento, materiales, ejecución, puesta en marcha, y el uso propio de la edificación.

- **Patologías de acabados, o lesiones menores**

Se refieren a los revestidos, maderas, pinturas, pisos, revoques, entre otros. Pueden provenir estas patologías de los sustratos, estructuras o muros, pero también pueden ser causadas por causas específicas del acabado, como por ejemplo la mala colocación inadecuada, desconocimiento de especificaciones técnicas de materiales y también los factores externos así como el de la acción de la intemperie y clima (Paucarcaja, 2022).

- **Patologías de los elementos estructurales o lesiones mayores**

Consistentes en: fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos, coqueras (huecos), debilitamiento de armaduras, colapso (Paucarcaja, 2022)

- **Lesiones en la estructura**

La cantidad de daños constructivos que pueden ocurrir en un edificio es bastante numeroso, sobre todo si tenemos en cuenta la gran diversidad de materiales y unidades constructivas que se utilizan. Como indica Broto, (s/f), las lesiones son siempre la manifestación de un problema constructivo, el síntoma final de un proceso patológico. Conocer la tipología de la lesión es porque es el punto de partida de todo estudio patológico, y de su identificación depende la elección correcta del tratamiento. De igual forma, en general, se pueden dividir en tres grandes familias en función del carácter y la tipología del proceso patológico: físicas, mecánicas y químicas (Paucarcaja, 2022).

- **Lesiones físicas**

Como afirma Cruz, W. y Jhoan, G., (2017), en esta familia se incluyen todas las lesiones de carácter físico, Los problemas patológicos se basan en eventos físicos. Por lo general, la causa del proceso también es de naturaleza física, y su evolución dependerá de procesos físicos, sin embargo, que tenga que ver mutación química de los materiales afectados y de sus moléculas. Sin embargo, si podrá haber cambio de forma y color, o de estado de humedad.

- **Lesiones mecánicas**

Según de López, H. et al, (2017), especifica que, las lesiones mecánicas se muestran cuando a alguno de los elementos que hacen parte del sistema estructural primario está sometido a una fuerza o carga que no estaba diseñado en un principio, estos esfuerzos o movimientos forman en los elementos afectados fisuras, grietas o deformaciones puesto que el material que los compone no es capaz de resistir.

- **ETABS**

El programa ETABS es uno de los softwares más utilizados por los ingenieros civiles estructurales debido a que permite la exploración de la composición, esto se debe a que anteriormente se realizaba de forma manual y esto conlleva frecuentemente que el análisis estructural conlleve utilizar más tiempo, por esto se opta por la utilización de este programa para optimizar el tiempo y los errores humanos. (Guerra, 2022).

- **Modelo estructural computarizado**

Hoy en día, hay un constante desarrollo de la tecnología en todas las ciencias, y en el caso de la ingeniería estructural, esta no es la diferencia, ya que existen varios programas de software que soportan los cálculos estructurales. Para el caso de esta tesis se seleccionó el programa ETABS, su uso es recomendado por expertos, teniendo en cuenta el criterio de los ingenieros civiles a la hora de comprobar los resultados (Guerra, 2022).

- **Vulnerabilidad sísmica**

Proviene de la observación y cuantificación de los daños causados por los terremotos, por lo que se le puede llamar vulnerabilidad percibida porque consta de procesos empíricos o subjetivos. Por lo tanto, dado que los eventos sísmicos son aleatorios siempre que no ocurra ningún terremoto durante la vida útil del refuerzo, aún es posible cuantificar el porcentaje de daño sísmico con base en las simulaciones. debido al desarrollo de métodos de laboratorio, en estos casos se denominan vulnerabilidades informáticas. (Yepez, y otros, 1995).

- **Vulnerabilidad no estructural**

Se refiere a la incapacidad de componentes o piezas no estructurales para resistir el daño sísmico, lo que se define como daño sísmico no estructural. (Cardona, 1999). Esto incluye la falla real de componentes o piezas que no están integradas en el marco seguro o diseño estructural y puede caracterizarse por 32 piezas de ensamblaje (paredes, puertas, ventanas, techos, etc.) y piezas electromecánicas (canales, puentes, enlaces, grupos, etc.) que juegan un papel importante en las instituciones de la estructura (ATC-29-1, 1998). Se debe considerar que el daño no estructural se considera en el diseño con base en las deformaciones visibles y la torsión y las frecuencias generadas (Yepez, y otros, 1995).

- **Vulnerabilidad estructural**

Consiste en la posibilidad de que los elementos estructurales sufran daños a causa de sismos. "Por tal motivo se debe deducir que los encargados de la transmisión de los pesos estáticos y dinámicos es en base a los elementos estructurales como son las vigas, columnas, zapatas, etc. (Criollo Paucar, y otros, 2018)

- **Método del índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1982)**

Dicha metodología orientado por medio de un equipo de científicos italianos en 1982, basándose de los daños ocasionados por terremotos desde 1976. Según

la información obtenida, se procede a procesar una data tomando en cuenta el apunte de vulnerabilidad por cada inmueble y los daños evidenciados por terremotos de intensidad concluida. La metodología del apunte de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1984) va reconociendo los parámetros más relevantes que evidencia los efectos causados por un sismo. La técnica del apunte de la vulnerabilidad puede ordenarse como intrínseco, a la luz del hecho de que desempeña una calificación subjetiva de las estructuras en vista de las estimaciones trabajadas de los diseños, con lo que se trata de distinguir los límites más importantes que gobiernan el deterioro subyacente, límites importantes que controlan el daño primario. La calificación de las estructuras se termina a través de un coeficiente llamado registro de vulnerabilidad. Esta lista está directamente relacionada con la fragilidad o nivel de deterioro de la 39 construcción a través de las capacidades de fragilidad. Estas capacidades admiten averiguar el registro de fragilidad por cada nivel de potencia sísmica macro sísmica y tasar velozmente y eficazmente la fragilidad sísmica de las estructuras, requisitos que son fundamentales para el avance de las investigaciones metropolitanas de gran alcance. (Yepez, y otros, 1995)

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

Las Patologías estructurales y su influencia influyen en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023.

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

- a) Los Aspectos estructurales (Visuales) influyen en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay-Apurimac,2023.
- b) Los Aspectos estructurales de la edificación (Aplicando Etabs) influyen en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay-Apurimac,2023.
- c) Las Patologías estructurales influyen directamente en el Estado de la vulnerabilidad sísmica (Método de Benedetti – Petrini) de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023

#### **3.2 Método**

En la tesis se aplicó enfoque cuantitativo porque está muy concerniente con el método científico, ya que parte de una identificación del problema. Según Ñaupá, Mejía

Novoa y Villagómez (2014) el enfoque cuantitativo se identifica por utilizar métodos y técnicas, tiene que ver con la medición, la observación y muestreo. La metodología de la investigación tendrá un enfoque cuantitativo debido a que demandará el uso de recolección de datos con base en la medición numérica y el análisis estadístico, luego analizaremos minuciosamente los resultados, para someter a prueba la hipótesis. “Los estudios descriptivos busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice” (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014 pág. 92).

### 3.3 Tipo de investigación

No experimental: esta investigación no experimental cuantitativa presenta la manipulación de una variable no experimental comprobada por el software ETABS v.20.0.0.y Por el método de Benedetti - Petrini, para determinar los resultados favorables o desfavorables del objeto de estudio de modo o porque causa produce Paz, (2014, p.11). La investigación es no experimental porque se evaluará las Irregularidades estructurales en planta y altura, Periodo de vibración, Verificar desplazamientos por piso, Comportamiento de vigas, columnas, losas, escaleras. Tipo de sistema estructural “El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos saltar o eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase” (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 4).

### 3.4 Nivel o alcance de investigación

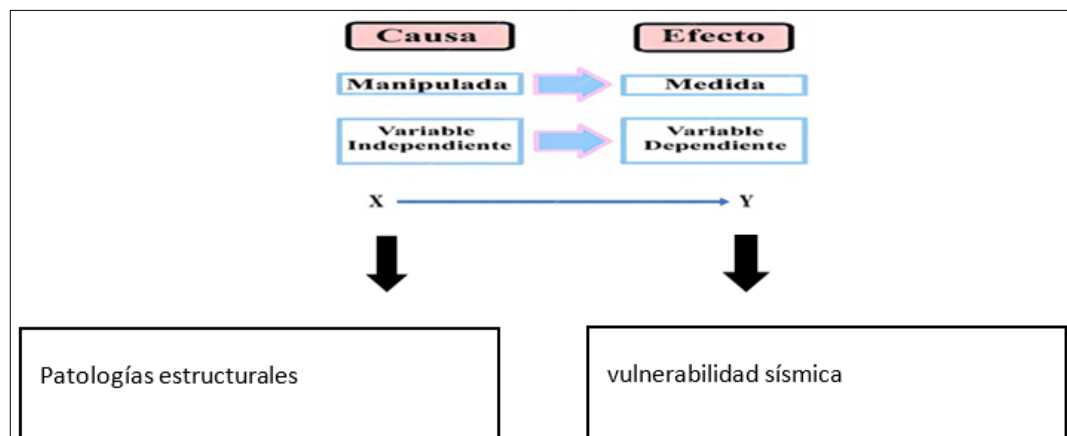
**Explicativo:** el estudio explicativo tiene para explicar más allá en la descripción de conceptos, fenómenos y del establecimiento entre conceptos; se puede decir, está dirigido a responder las causas de eventos y fenómenos físicos, sobre todo se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en que se relacionan dos o más variables Sampieri, (2014, p.95). El nivel o alcance de la investigación es descriptivo, debido a que se evalúa las características que tiene la edificación con el objetivo de comparar y determinar el grado de vulnerabilidad sísmica. Las variables se miden de manera independiente.

### 3.5 Diseño de la investigación

No experimental: Sampieri (2003), el diseño no experimental es dividido tomando en cuenta el tiempo durante la recolección de datos, tal como. Diseño transversal, esto recolecta datos en un solo momento, en tiempo único, con propósito de describir las variables y su ocurrencia de interrelación dado, la variable independiente (causa) es manipulado, variable dependiente (efecto) es medida (Sampieri,2014), la investigación es No experimental porque evaluaremos utilizando el software Etabs v.20.0.0.; las Irregularidades estructurales en planta y altura, Periodo de vibración, verificar desplazamientos por piso, Comportamiento de vigas, columnas, losas, escaleras, Tipo de sistema estructural y Por el método de Benedetti – Petrinj; Determinando la vulnerabilidad (baja-moderada-alta)en el Comportamiento sísmico de la estructura, Comportamiento sísmico de muros, Desplazamientos y distorsiones de entre piso Tipo de falla de la edificación de acuerdo al R.N.E- E 030.

**Figura 20**

*Figura que muestra causa y efecto*



*Nota:* La imagen muestra las variables independiente y dependiente y su relación entre ellas

### 3.6 Operacionalización de variables

Tabla 13

## Operacionalización de variables y matriz de instrumentos.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable Independiente:</b> Patologías estructurales	Patologías estructurales Sánchez (2018), se manifiestan en las edificaciones las posibles patologías, fisuras, fallas y síntomas que presenta mediante el llenado de las fichas de evaluación patológica, lo cual estos datos sirvieron para hacer un diagnóstico y poder determinar cuál es el origen y sus causas para luego dar un pronóstico. Donde la presencia de patologías que afectan al edificio, las cuales son provocadas por acciones físicas (retracción hidráulica), acciones mecánicas (fisuras por flexión, por adherencia y anclaje). Fallas en elementos no estructurales (cargas excesivas, aplastamiento), fallas por asentamientos diferenciales (arenas arcillosas, capacidad admisible del terreno regular). Fallas en la etapa de diseño y construcción (deficiente sistema de drenaje, falta de cubiertas para la protección de las lluvias hacia las estructuras, exceso y falta de recubrimiento en columnas y vigas.	Las patologías estructurales tienen como los estudios de soporte para dicho resultado los Aspectos estructurales Visuales de la edificación teniendo el índice de estudio; Estado actual de la edificación, grietas, Uso de la edificación, Dimensionamiento de elementos estructurales., Errores arquitectónicos, Errores constructivos, Junta sísmica entre edificaciones vecinas y muro con columna. Y como segunda parte de soporte de estudio los Aspectos estructurales de la edificación (Aplicando Etabs 2023); donde determinaremos Irregularidades estructurales en planta y altura, Periodo de vibración, Verificar desplazamientos por piso, Comportamiento de vigas, columnas, losas, escaleras. Tipo de sistema estructural. de acuerdo al R.N.E- E 030(análisis estático, análisis dinámico) Etabs v.20.0.0.	Aspectos estructurales ( <i>Visuales</i> )de la edificación	Estado actual de la edificación grietas Uso de la edificación Dimensionamiento de elementos estructurales. Errores arquitectónicos Errores constructivos Junta sísmica entre edificaciones vecinas y muro con columna	Cámara fotográfica, flexómetro R.N.E- E 030 Cámara fotográfica, flexómetro y planos de replanteo. R.N.E- E 030, Cámara fotográfica y flexómetro. R.N.E- E 030(análisis estático, análisis dinámico) Etabs v.20.0.0.
<b>Variable Dependiente:</b> Vulnerabilidad sísmica	la Vulnerabilidad sísmica; Abad & Ramírez (2023), menciona sobre la vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos se corrigió mediante 2 métodos: Método Italiano Benedetti y Petri y Método de Análisis Sísmico mediante la norma E-030, con la finalidad de cuál sería la reacción estructural frente a un inesperado movimiento sísmico, se realizó un modelamiento de la estructura mediante el software ETABS, en base a los planos obtenidos por el propietario de la misma, haciendo un análisis estático y dinámico, siendo el resultado en ambos métodos coinciden que la estructura dual de 7 pisos tiene una vulnerabilidad alta.	La vulnerabilidad sísmica se determinará el estado de la Vulnerabilidad Mediante método de Benedetti – Petri; teniendo el soporte de índice de la variable determinando el Comportamiento sísmico de la estructura, Comportamiento sísmico de muros, Desplazamientos y distorsiones de entre piso, Tipo de falla de la edificación. Determinando la vulnerabilidad (baja-moderada-alta) de acuerdo R.N.E- E 030.	Estado de la Vulnerabilidad (método de Benedetti – Petri)	Comportamiento sísmico de la estructura Comportamiento sísmico de muros Desplazamientos y distorsiones de entre piso Tipo de falla de la edificación	R.N.E- E 030 Por el método de Benedetti – Petri Determinando la vulnerabilidad (baja-moderada-alta)

### **3.7 Población, muestra y muestreo**

#### **3.7.1 Población.**

“La población o universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014 pág.174). La población de estudio está constituida por un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay-Apurímac.

#### **3.7.2 Muestra.**

La muestra es el subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de esta” (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 173).“Las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización” (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 189).La muestra para el presente trabajo de investigación corresponde a un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac. Donde a través del software Etabs v.20.0.0.; determinaremos las Irregularidades estructurales en planta y altura, Periodo de vibración, Verificar desplazamientos por piso, Comportamiento de vigas, columnas, losas, escaleras. Tipo de sistema estructural y Por el método de Benedetti - Petrini Determinaremos la vulnerabilidad (baja-moderada-alta) en el Comportamiento sísmico de la estructura, Comportamiento sísmico de muros, Desplazamientos y distorsiones de entre piso Tipo de falla de la edificación de acuerdo al R.N.E- E 030.

#### **3.7.3 Muestreo.**

En la presente investigación es de tipo intencional u opinática que según Arias (2012) menciona que esta debe ser escogida con debidos criterios (inclusión y exclusión) o también juicios que son establecidos por el que investiga, en la selección de muestras se utilizaron los criterios de inclusión y exclusión.

### **3.8 Técnica e instrumentos**

#### **3.8.1 Técnicas de recolección de datos**

**Recolección de datos:** Al momento de obtener la información, se procesará, para luego determinar las Irregularidades estructurales en planta y altura, Periodo de vibración, Verificar desplazamientos por piso, Comportamiento de vigas, columnas, losas, escaleras. Se realizará el modelamiento de la estructura en base a los planos obtenidos por el propietario haciendo un análisis estático y dinámico para determinar la vulnerabilidad sísmica. así mismo se realizará el análisis de vulnerabilidad sísmica por el método de Benedetti – Petrini; con la finalidad de cuál sería la reacción estructural frente a un inesperado movimiento sísmico; Determinando la vulnerabilidad (baja-moderada-alta) en el Comportamiento sísmico de la estructura, Comportamiento sísmico de muros, Desplazamientos y distorsiones de entre piso Tipo de falla de la edificación de acuerdo al R.N.E- E 030.

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

**Ficha técnica de recolección de datos:** En la hipótesis, se propone que los grupos están diferidos en manera significativa, podemos recalcar que la hipótesis nula que los grupos no difieren de manera significativa, esta comparación se realiza sobre una sola variable, podemos mencionar que en la creación de estos grupos son concebida de manera dependiente, es decir que se tiene el experimento y es sustentado, en herramientas como el Excel, entre otras (Sampieri, 2018, p. 353). Menciona que se tienen que aplicar técnicas de evaluación de datos, porque es necesario aplicar dicha técnica, el software Etabs v.20.0.0.; para así determinar las Irregularidades estructurales en planta y altura, Periodo de vibración, Verificar desplazamientos por piso, Comportamiento de vigas, columnas, losas, escaleras. Tipo de sistema estructural y Por el método de Benedetti - Petrini Benedetti – Petrini Determinando la vulnerabilidad (baja-moderada-alta) en el Comportamiento

sísmico de la estructura, Comportamiento sísmico de muros, Desplazamientos y distorsiones de entre piso Tipo de falla de la edificación de acuerdo al R.N.E- E 030.

Se utilizó los siguientes instrumentos:

- Ficha técnica de recolección de datos
- Guía de observación
- Planos para el replanteo de edificación
- Cámara fotográfica
- Equipo topográfico
- Material bibliográfico Norma E030 diseño sismo resistente., Norma E050 suelos y cimentaciones, Norma 060 concreto armado, investigaciones y libros en referencia al tema de contenido científico.

### **3.9 Consideraciones éticas**

El objetivo principal de nuestra ética de investigación no experimental es garantizar el bienestar y también la integridad de los que realizan la investigación así para proteger e infringir sus derechos de autor en esta investigación.

### **3.10 Procedimiento estadístico**

Un trabajo de investigación es una comparación realizada para una sola variable como el de dependiente es decir un experimento sustentado teniendo como respaldo el software Excel (Sampieri, 2018, p.353). utilizamos Etabs v.20.0.0. como herramienta de medición utilizando tecnología de procesamiento de datos; Irregularidades estructurales en planta y altura, Periodo de vibración, Verificar, desplazamientos por piso, Comportamiento de vigas, columnas, losas, escaleras. Tipo de sistema estructural y Por el método de Benedetti - Petrini; Determinando la vulnerabilidad (baja-moderada-alta), en el Comportamiento sísmico de la estructura, Comportamiento sísmico de muros, Desplazamientos y distorsiones de entre piso, Tipo de falla de la edificación de acuerdo al R.N.E- E 030.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

##### 4.1.1. Resultados de las características del suelo

##### 4.1.1.1 Exploración de Campo

La investigación directa corresponde a una ejecución manual de la excavación realizada “a cielo abierto”, la profundidad de excavación alcanzada es de 2.2 m. En el área de trabajo, se halló un estrato a un fondo de 0.00 - 1.60 m. que presentó un material falso relleno de piedras y de 1.60 - 2.20 m material denominado grava arcillosa – también limosa con presencia de arena bloques; se elijo por tomar una muestra inalterada de la excavación enseguida se procedió al ensayo denominada densidad n. , dicho material correspondientemente resguardada e registrada para ser transportada posteriormente al lugar de estudio (laboratorio) para realizar los estudios que son necesarios. El pozo excavado es descrito como (c-1).

El hoyo alcanzo la profundidad establecida en el NTP E.050:

**Tabla 14**

*Resultados obtenidos en campo.*

Pozo	Profundidad (m) a cielo abierto	Descripción
------	---------------------------------	-------------

c-1	2.20	Caliche GC-GM
-----	------	---------------

Mencionamos que el suelo donde se esta ubicada la cimentacion se clasifica como:

GRAVA ARCILLOSA – LIMASA CON PRESENCIA DE ARENA Y BLOQUE

La tecnica de reconocimiento en el campo consistio en realizar la exploracion; 2.20 m bajo tierra, por debajo del nivel del terreno.

#### 4.1.1.2 Clasificación de suelo

El especimen para las prueba se ha clasificado en el laboratorio se tiene.

**Tabla 15**

*Resultados obtenidos del estudio de mecánica.*

Pozo	clasificación (S.U.C.S)	DESCRIPCIÓN	clasificación (AASTHO).	DESCRIPCIÓN
C-1	GC-GM	Grava arcilloso limoso con arena con bloques	A-1-b	Fragmentos de roca grava y arena.

#### 4.1.1.3 Nivel freático.

Referente al fondo del agua, no tuvo presencia de ella misma con una profundidad de -2.20 m

#### ***Ángulo de fricción interna.***

Según Terzaghi y Meyerhof (1957), se pueden utilizar las siguientes relaciones en la obtención de los valores de los ángulos de fricción son:

Para suelos que son granulares con % que pasa por el tamiz N°200 mas al 5%.

$$= 25 + (0.15 \quad )$$

Para suelos que son granulares con % que pasa por el tamiz N°200 por debajo del 5%.

$$= 30 + (0.15 \quad )$$

Como se muestra en la tabla de suelos c-1 a continuación, el suelo GC-GM se obtuvo el % de finos mayores al 5% y menor de 67.0% por lo que se presumen que es:

$$= 25.1^\circ$$

**Tabla 16**

*Peculiaridades de la calicata 01.*

Nombre	Símbolo	Valor
Peso unitario sobre la cimentación	1	1.920 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario bajo la cimentación	2	1.920 g/cm <sup>3</sup>
Cohesión	c	0.00 kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo de fricción		25.1°
<b>Capacidad admisible</b>		<b>2.58 kgf/cm<sup>2</sup></b>

#### 4.1.1.4 Análisis de licuefacción

Se observa que existe la presencia de licuefacción establece que los suelos pierden su capacidad portante bajo el nivel freático ante el evento de un sismo, para la presente tesis en específico, no se cuenta con la presencia de mismo, la edificación se asentó sobre un material de terreno completamente colmado de humedad por lo que se descarta el proceso de licuefacción.

Se tomarán en cuenta parámetros de elaboración de diseño según la norma técnica E.030 Sismo resistente:

Tipo de suelo: 2

Factor de suelo: S=1.20

Periodos predominantes de vibración TP=0.6 s y TL=2.0 s.

Factor de zona Z=0.25g

Se comenzó por el desarrollo del riesgo es la cuantificación de la exposición por la vulnerabilidad se obtuvo que a mayor peligro desarrolla un mayor riesgo. De los datos que se obtuvo a partir de los ensayos realizados, se determinó que la edificación se encuentra

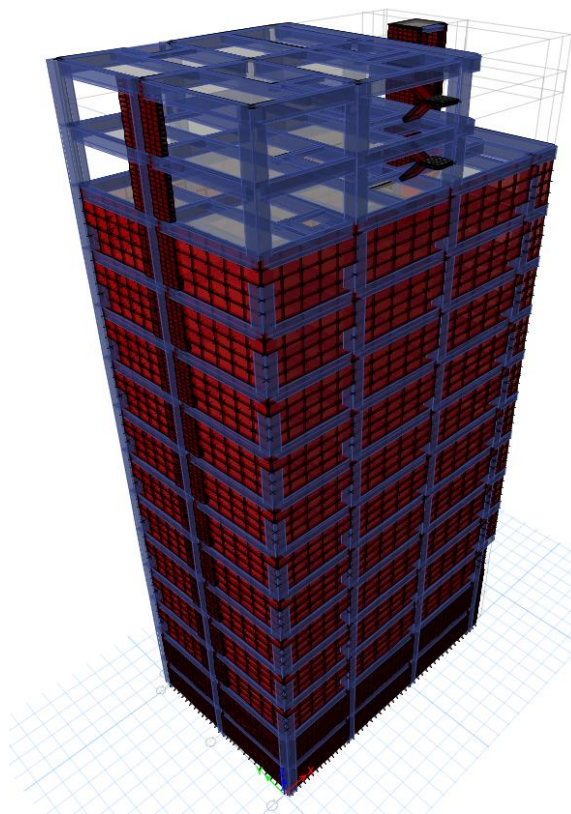
sobre una capa de suelo clasificado como punto medio, determinándose valores de velocidad de incremento de las ondas sísmicas entre 180 a 500 m/s cabe mencionar que las cualidades inherentes del suelo bajo cimentación contribuirán un riesgo bajo, presentada línea arriba (capítulo IV).

#### **4.1.2 Resultados del comportamiento estructural**

En el siguiente capítulo, se continuo con un análisis lineal, siguiendo los parámetros de la norma técnica peruana RNE en su capítulo E.030. Este análisis se basó la información obtenida de las diferentes pruebas obtenidas del estudio geotécnico, inspecciones visuales, revisión de planos, ensayo de detección de aceros y supervisión constante en el (backup), en el desarrollo del modelo analítico de la estructura.

#### **Figura 21**

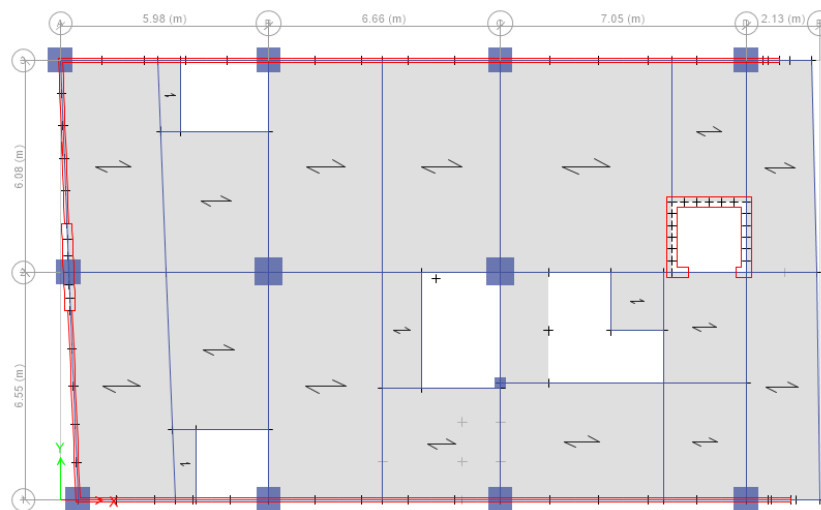
*Configuración del modelo estructural.*



*Nota:* vista tridimensional del modelo analítico en estudio.

**Figura 22**

*Disposición de los elementos resistentes como columnas, vigas, etc.*



*Nota:* Se muestra el elemento del presente estudio a ser analizado.

En el edificio se realizaron modelamientos estructurales tridimensionales en el momento de su análisis así como su diseño teniendo en cuenta el programa Etbs las normas técnicas que correspondientes, así como su comportamiento ante sismos, esto gracias a lo cual pudimos determinar de forma rápida y precisa la cantidad de esfuerzos a los que estarán sometidos dichos elementos estructurales en la edificación a analizar.

**Configuración Estructural.** – El edificio consta de 12 niveles con techos de losa aligerada, son diseñadas para albergar galerías comerciales, oficinas y departamentos. Tiene una proporción regular en planta y altura, las columnas y muros estructurales, se diseñaron manteniendo sus dimensiones de sección en todos los niveles. Como también la escalera se construyó de concreto armado, considerando los apoyos fijos en vigas, se sabe que estos elementos solo aportan masa mas no así rigidez.

**Sistema Estructural.** - Dicha edificación consta de 12 niveles, en el cual se identificó 2 tipos de sistemas estructurales teniendo así en las direcciones X-X que es albañilería confinada, y en las direcciones de análisis Y-Y sistema dual, (los muros toman más de 20% y menos del 70% del esfuerzo cortante en la base).

Los muros (tabiques) se consideraron como la carga distribuida en forma lineal sobre la viga según lo que demanda la arquitectura. El cerramiento en la fachada es en base a los muros de las bloquetas de arcilla cocida con medidas de 0.10x0.20x0.30m, se ubican con aparejo de soga.

Esta estructura tenía las siguientes características en cuanto a los elementos estructurales. Este paso evalúa las condiciones de cálculo, como los materiales utilizados, la sección transversal, también el tipo de cargas, la combinación de cargas, las situaciones de diseño estructural. Lo que se trabajó según el resultado se que obtuvo de las pruebas de campo.

El concepto de materiales es una parte importante del modelado estructural porque define el comportamiento de deformación de cada parte estructural y también indica su propio peso.

El tipo de material optimo usados para la evaluación de la construcción se describe a continuación.

El valor del módulo de elasticidad del hormigón de densidad estándar se puede obtener tomar como (E – 060 / ACI 318 14/19.2.2):

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c} \text{ (en kgf/cm}^2\text{)} \text{ o } 4700\sqrt{f'_c} \text{ (en MPa)}$$

**El concreto utilizado en la infraestructura:** Columnas, muros estructurales, vigas, losas livianas (nervadas), escaleras tienen las siguientes propiedades:

- ✓ Peso Específico : 2400 Kgf/m<sup>3</sup>.
- ✓ Resistencia a la Compresión : 210 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Elasticidad : 217,370.651 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Corte :  $G = E_c / 2.3 = 94,508.9787$  Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Poisson : 0.15

**El acero usado en la infraestructura,** tiene las siguientes propiedades:

- ✓ Peso Específico : 7850 Kgf/ m<sup>3</sup>.
- ✓ Esfuerzo de Fluencia del Acero : 4200 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Esfuerzo de tensión del Acero : 6300 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Elasticidad : 2'039,432.43 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Poisson : 0.30

**Figura 23**

*Definición de concreto  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>.*

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name: "Concreto f'c=210kgf/cm<sup>2</sup>", Material Type: "Concrete", Directional Symmetry Type: "Isotropic", Material Display Color: a pink color swatch with a "Change..." button, and Material Notes: "Modify/Show Notes..." button.
- Material Weight and Mass:** Radio buttons for "Specify Weight Density" (selected) and "Specify Mass Density". Weight per Unit Volume: "2400" kgf/m<sup>3</sup>. Mass per Unit Volume: "2400" kg/m<sup>3</sup>.
- Mechanical Property Data:** Modulus of Elasticity, E: "2173.71" kgf/mm<sup>2</sup>. Poisson's Ratio, U: "0.15". Coefficient of Thermal Expansion, A: "0.0000099" 1/C. Shear Modulus, G: "945.09" kgf/mm<sup>2</sup>.
- Design Property Data:** "Modify/Show Material Property Design Data..." button.
- Advanced Material Property Data:** "Nonlinear Material Data...", "Material Damping Properties...", and "Time Dependent Properties..." buttons.
- Modulus of Rupture for Cracked Deflections:** Radio buttons for "Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)" (selected) and "User Specified" (with an empty input field).

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

Figura 24

Definición del acero G60  $f_y=4200 \text{ kgf/cm}^2$ .

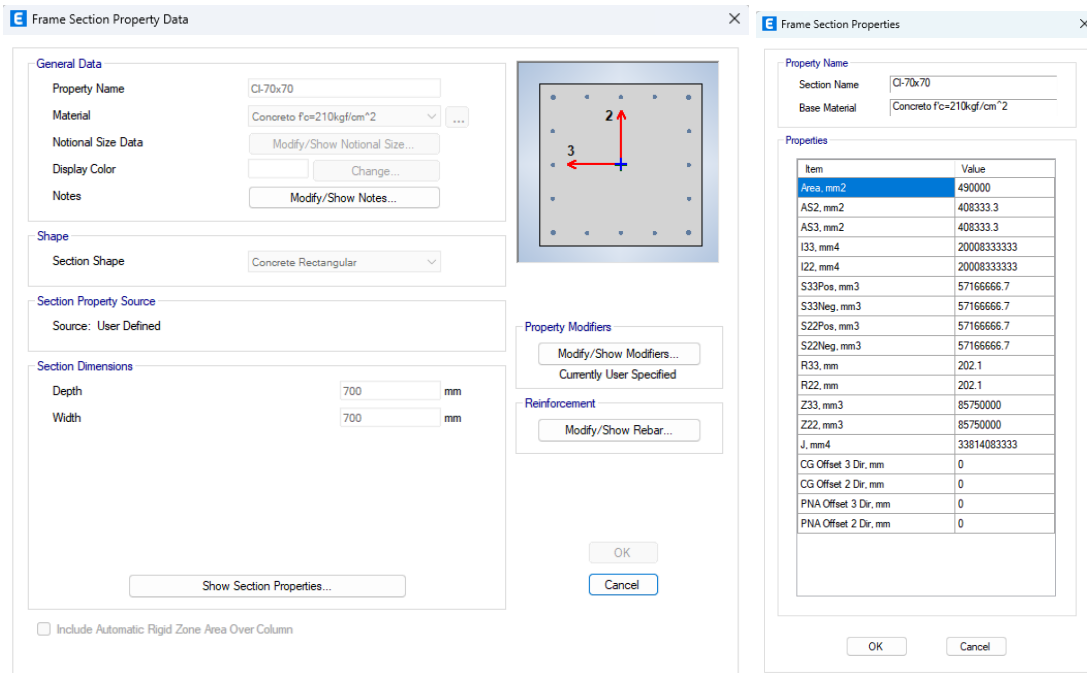
Nota: se observa la propiedad requerido para el acero grado 60.

### COLUMNA C-01 (cuadrada)

- |   |   |                      |
|---|---|----------------------|
| ✓ Niveles                                 | : | del 1° al 10° nivel. |
| ✓ Peralte bruto                           | : | 70 cm.               |
| ✓ Ancho                                   | : | 70 cm.               |
| ✓ Recubrimiento                           | : | 70mm.                |
| ✓ Momento de Inercia en ambas direcciones | : | 0.70 lg.             |
| ✓ Área de Cortante en ambas direcciones   | : | 0.40 lg.             |
| ✓ Rigidez a la Torsión                    | : | 1.0                  |
| ✓ $\phi$                                  | : | 1.0                  |

Figura 25

Definición para la sección de columna C1.



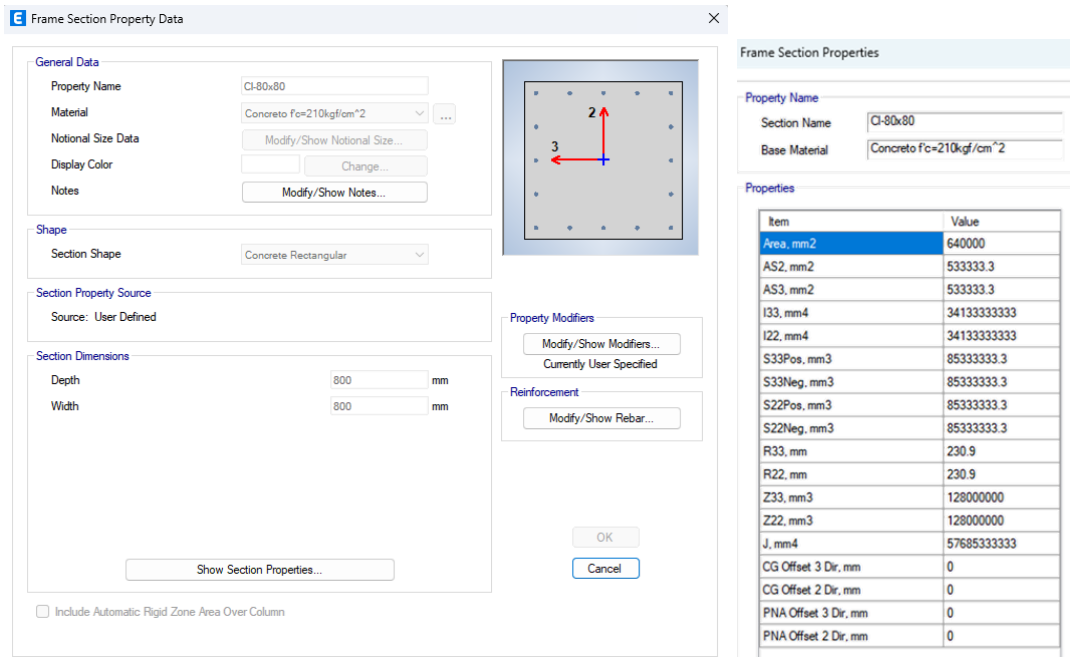
Nota: La Imagen muestra las propiedades para la columna C1.

### Columna C-02 (Rectangular)

- ✓ Niveles : del 1º al 10º nivel.
- ✓ Peralte bruto : 80 cm.
- ✓ Ancho : 80 cm.
- ✓ Recubrimiento : 80mm.
- ✓ Momento de Inercia en ambas direcciones : 0.70 Ig.
- ✓ Área de Cortante en ambas direcciones : 0.40 Ig.
- ✓ Rigidez a la Torsión : 1.0
- ✓  $\phi$  : 1.0

Figura 26

Definición para la sección de columna C2.



Nota: Se observa la propiedad C2.

### Viga Principal Vp-01 (35x60)

- ✓ Niveles : Todos los niveles.
- ✓ Peralte bruto : 60 cm.
- ✓ Ancho : 35 cm.
- ✓ Recubrimiento + estribo +centroide varillas: 60 mm.
- ✓ Rigidez a la Torsión : 1.0
- ✓ Momento de Inercia en ambas direcciones : 0.30 Ig.
- ✓ Área de Cortante en ambas direcciones : 0.40 Ig.

Figura 27

Definición para la sección de viga VP-1.

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box for beam VP-1. The dialog is divided into several sections:

- General Data:** Property Name: Vp-35x60; Material: Concreto  $f_c=210\text{kgf/cm}^2$ ; 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: 600 mm; Width: 350 mm
- Property Modifiers:** Modify/Show Modifiers...; Currently User Specified
- Reinforcement:** Modify/Show Rebar...

On the right side of the dialog, there is a 'Property Name' section with Section Name: Vp-35x60 and Base Material: Concreto  $f_c=210\text{kgf/cm}^2$ . Below this is a 'Properties' table:

Item	Value
Area, mm <sup>2</sup>	210000
AS2, mm <sup>2</sup>	175000
AS3, mm <sup>2</sup>	175000
I33, mm <sup>4</sup>	6300000000
I22, mm <sup>4</sup>	2143750000
S33Pos, mm <sup>3</sup>	21000000
S33Neg, mm <sup>3</sup>	21000000
S22Pos, mm <sup>3</sup>	12250000
S22Neg, mm <sup>3</sup>	12250000
R33, mm	173.2
R22, mm	101
Z33, mm <sup>3</sup>	31500000
Z22, mm <sup>3</sup>	18375000
J, mm <sup>4</sup>	5454094768
CG Offset 3 Dir, mm	0
CG Offset 2 Dir, mm	0
PNA Offset 3 Dir, mm	0
PNA Offset 2 Dir, mm	0

Nota: La Imagen muestra las propiedades para la viga Vp-1.

### Viga Principal Vp-02 (30x40)

- ✓ Niveles : Todos los niveles.
- ✓ Peralte bruto : 40 cm.
- ✓ Ancho : 30 cm.
- ✓ Recubrimiento + estribo +centroide varillas: 40 mm.
- ✓ Rigidez a la Torsión : 1.0
- ✓ Momento de Inercia en ambas direcciones : 0.30 Ig.
- ✓ Área de Cortante en ambas direcciones : 0.40 Ig.

Figura 28

Definición para la sección de viga VP-2.

**Frame Section Property Data**

**General Data**

Property Name: Vp-30x40  
 Material: Concreto Fc=210kgf/cm<sup>2</sup>  
 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: 400 mm  
 Width: 300 mm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
 Currently User Specified

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
 Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

**Properties**

Item	Value
Area, mm <sup>2</sup>	120000
AS2, mm <sup>2</sup>	100000
AS3, mm <sup>2</sup>	100000
I33, mm <sup>4</sup>	1600000000
I22, mm <sup>4</sup>	900000000
S33Pos, mm <sup>3</sup>	8000000
S33Neg, mm <sup>3</sup>	8000000
S22Pos, mm <sup>3</sup>	6000000
S22Neg, mm <sup>3</sup>	6000000
R33, mm	115.5
R22, mm	86.6
Z33, mm <sup>3</sup>	12000000
Z22, mm <sup>3</sup>	9000000
J, mm <sup>4</sup>	1943850585.9
CG Offset 3 Dir, mm	0
CG Offset 2 Dir, mm	0
PNA Offset 3 Dir, mm	0
PNA Offset 2 Dir, mm	0

Nota: La Imagen muestra las propiedades para la viga Vp-2.

### Viga secundaria Vs-01 (35x60)

- ✓ Niveles : Todos los niveles.
- ✓ Peralte bruto : 60 cm.
- ✓ Ancho : 35 cm.
- ✓ Recubrimiento + estribo +centroide varillas: 60 mm.
- ✓ Rigidez a la Torsión : 1.0
- ✓ Momento de Inercia en ambas direcciones : 0.30 Ig.
- ✓ Área de Cortante en ambas direcciones : 0.40 Ig.

Figura 29

Definición para la sección de viga VS-1.

Property Name

Section Name: Vs-35x60

Base Material: Concreto f<sub>c</sub>=210kgf/cm<sup>2</sup>

Properties

Item	Value
Area, mm <sup>2</sup>	210000
AS2, mm <sup>2</sup>	175000
AS3, mm <sup>2</sup>	175000
I33, mm <sup>4</sup>	6300000000
I22, mm <sup>4</sup>	2143750000
S33Pos, mm <sup>3</sup>	21000000
S33Neg, mm <sup>3</sup>	21000000
S22Pos, mm <sup>3</sup>	12250000
S22Neg, mm <sup>3</sup>	12250000
R33, mm	173.2
R22, mm	101
Z33, mm <sup>3</sup>	31500000
Z22, mm <sup>3</sup>	18375000
J, mm <sup>4</sup>	5454094768
CG Offset 3 Dir, mm	0
CG Offset 2 Dir, mm	0
PNA Offset 3 Dir, mm	0
PNA Offset 2 Dir, mm	0

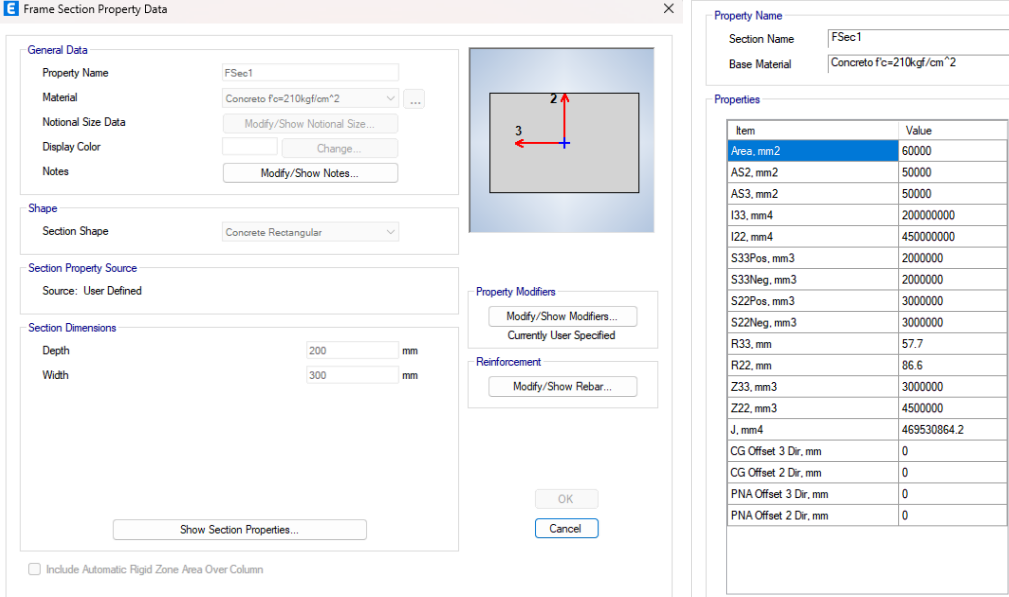
Nota: La Imagen presenta las propiedades para la viga Vs-1.

### Viga Chata Vch-01 (30x20)

- ✓ Niveles : Todos los niveles.
- ✓ Peralte bruto : 20 cm.
- ✓ Ancho : 30 cm.
- ✓ Recubrimiento + estribo +centroide varillas: 25 mm.
- ✓ Rigidez a la Torsión : 1.0
- ✓ Momento de Inercia en ambas direcciones : 0.30 Ig.
- ✓ Área de Cortante en ambas direcciones : 0.40 Ig.

Figura 30

*Definición para la sección de viga Vch-1.*



**Frame Section Property Data**

**General Data**

Property Name: FSec1

Material: Concreto f<sub>c</sub>=210kgf/cm<sup>2</sup>

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: 200 mm

Width: 300 mm

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK  
Cancel

**Property Name**

Section Name: FSec1

Base Material: Concreto f<sub>c</sub>=210kgf/cm<sup>2</sup>

**Properties**

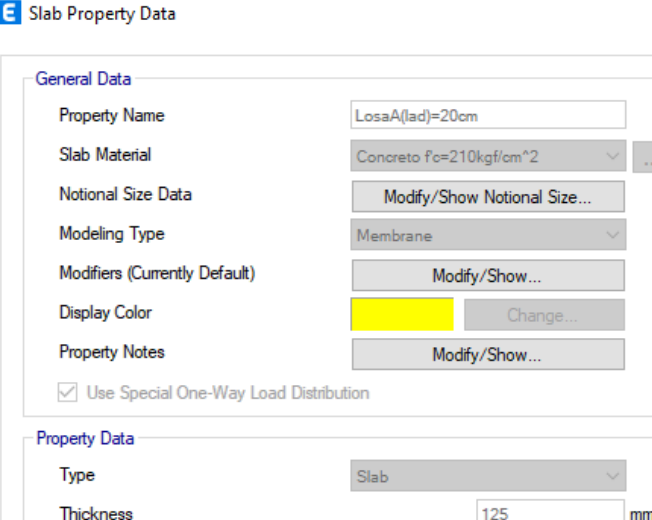
Item	Value
Area, mm <sup>2</sup>	60000
AS2, mm <sup>2</sup>	50000
AS3, mm <sup>2</sup>	50000
I33, mm <sup>4</sup>	200000000
I22, mm <sup>4</sup>	450000000
S33Pos, mm <sup>3</sup>	2000000
S33Neg, mm <sup>3</sup>	2000000
S22Pos, mm <sup>3</sup>	3000000
S22Neg, mm <sup>3</sup>	3000000
R33, mm	57.7
R22, mm	86.6
Z33, mm <sup>3</sup>	3000000
Z22, mm <sup>3</sup>	4500000
J, mm <sup>4</sup>	469530864.2
CG Offset 2 Dir, mm	0
CG Offset 3 Dir, mm	0
PNA Offset 3 Dir, mm	0
PNA Offset 2 Dir, mm	0

*Nota:* Se observa la propiedad de la viga Vch-1.

Se observa 01 tipo de losa, es aligerada hacia una dirección, el peralte es de 20cm que será para el entrepiso, se muestra que del primer a la parte ultima de la losa esta rellena de bloque de arcillas.

Figura 31

*Definición de la sección de losa aligerada rellena con ladrillo.*



**Slab Property Data**

**General Data**

Property Name: LosaA(lad)=20cm

Slab Material: Concreto f<sub>c</sub>=210kgf/cm<sup>2</sup>

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

Modeling Type: Membrane

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

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Use Special One-Way Load Distribution

**Property Data**

Type: Slab

Thickness: 125 mm

*Nota:* Se observa la propiedad para las losas agileradas.

La clasificación en la edificación se basa de acuerdo a los parámetros actuales según la norma de diseño sísmico E.030 (2019) y queda totalmente precisa en base a la información obtenida durante la investigación geotécnica pertinente. Algunos de los parámetros definidos se describen a describen a continuación:

Para el análisis sísmico dinámico de elementos de hormigón armado se utilizó el espectro de aceleración aparente inelástica según el artículo 29 de la norma según la siguiente tabla:

- ✓  $Z_2 = 0.25$  Factor de zona (Tabla 01)
- ✓  $U = 1.00$  Categoría para la edificación "C" (tabla 05)
- ✓  $T_P(s) = 0.60$  parámetro de suelo (tabla 04)
- ✓  $T_L(s) = 2.00$  parámetro de suelo (tabla 04)
- ✓  $C = 1.022$  y  $1.363$  Factor de amplificación sísmica (Artículo 14)
- ✓  $S = 1.20$  parámetro de suelo (tabla 03)
- ✓  $R_x = 3.00$  Coeficiente de reducción (tabla 07)
- ✓  $R_y = 7.00$  Coeficiente de reducción (tabla 07)
- ✓  $I_P = (x=1) (y=075)$  Irregularidad en planta
- ✓  $I_A = (x=1) (y=1)$  Irregularidad en altura

**Tabla 17**

*Datos del espectro en X, de aceleración, velocidad y desplazamiento.*

<i>C</i>	<i>T (s)</i>	<i>Sa/g</i>	<i>Sv (m/s)</i>	<i>Sd (m)</i>
2.50	0.00	0.2500	0.0000	0.0000
2.50	0.02	0.2500	0.0078	0.0000
2.50	0.04	0.2500	0.0156	0.0001
2.50	0.06	0.2500	0.0234	0.0002
2.50	0.08	0.2500	0.0312	0.0004
2.50	0.10	0.2500	0.0390	0.0006
2.50	0.12	0.2500	0.0468	0.0009
2.50	0.14	0.2500	0.0546	0.0012
2.50	0.16	0.2500	0.0625	0.0016
2.50	0.18	0.2500	0.0703	0.0020

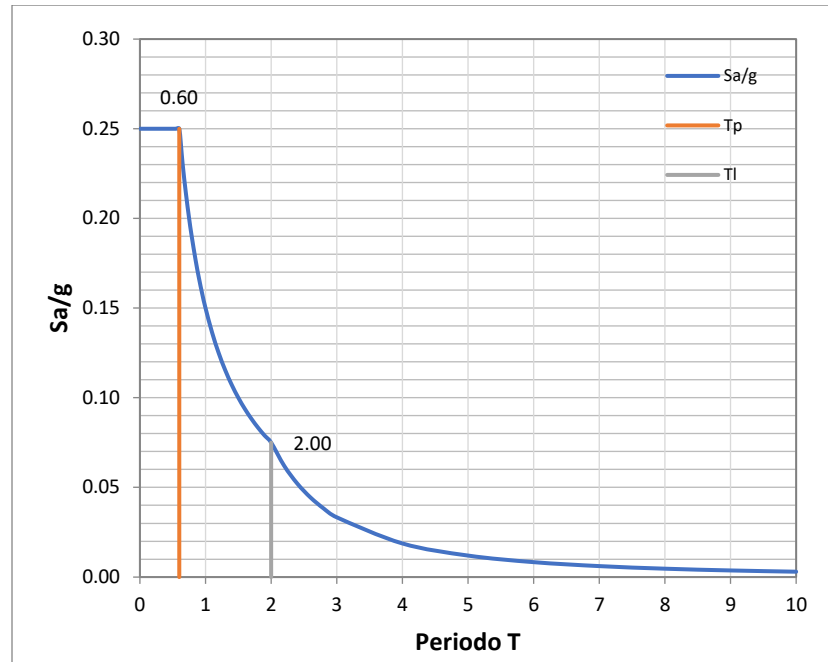
---

2.50	0.20	0.2500	0.0781	0.0025
2.50	0.25	0.2500	0.0976	0.0039
2.50	0.30	0.2500	0.1171	0.0056
2.50	0.35	0.2500	0.1366	0.0076
2.50	0.40	0.2500	0.1561	0.0099
2.50	0.45	0.2500	0.1756	0.0126
2.50	0.50	0.2500	0.1952	0.0155
2.50	0.55	0.2500	0.2147	0.0188
2.50	0.60	0.2500	0.2342	0.0224
2.31	0.65	0.2308	0.2342	0.0242
2.14	0.70	0.2143	0.2342	0.0261
2.00	0.75	0.2000	0.2342	0.0280
1.91	0.79	0.1906	0.2342	0.0293
1.76	0.85	0.1765	0.2342	0.0317
1.67	0.90	0.1667	0.2342	0.0335
1.58	0.95	0.1579	0.2342	0.0354
1.50	1.00	0.1500	0.2342	0.0373
1.36	1.10	0.1364	0.2342	0.0410
1.25	1.20	0.1250	0.2342	0.0447
1.15	1.30	0.1154	0.2342	0.0485
1.07	1.40	0.1071	0.2342	0.0522
1.00	1.50	0.1000	0.2342	0.0559
0.94	1.60	0.0937	0.2342	0.0596
0.88	1.70	0.0882	0.2342	0.0634
0.83	1.80	0.0833	0.2342	0.0671
0.79	1.90	0.0789	0.2342	0.0708
0.75	2.00	0.0750	0.2342	0.0745
0.62	2.20	0.0620	0.2129	0.0745
0.52	2.40	0.0521	0.1952	0.0745
0.44	2.60	0.0444	0.1802	0.0745
0.38	2.80	0.0383	0.1673	0.0745
0.33	3.00	0.0333	0.1561	0.0745
0.19	4.00	0.0188	0.1171	0.0745
0.12	5.00	0.0120	0.0937	0.0745
0.08	6.00	0.0083	0.0781	0.0745
0.06	7.00	0.0061	0.0669	0.0745
0.05	8.00	0.0047	0.0585	0.0745
0.04	9.00	0.0037	0.0520	0.0745
0.03	10.00	0.0030	0.0468	0.0745

---

**Figura 32**

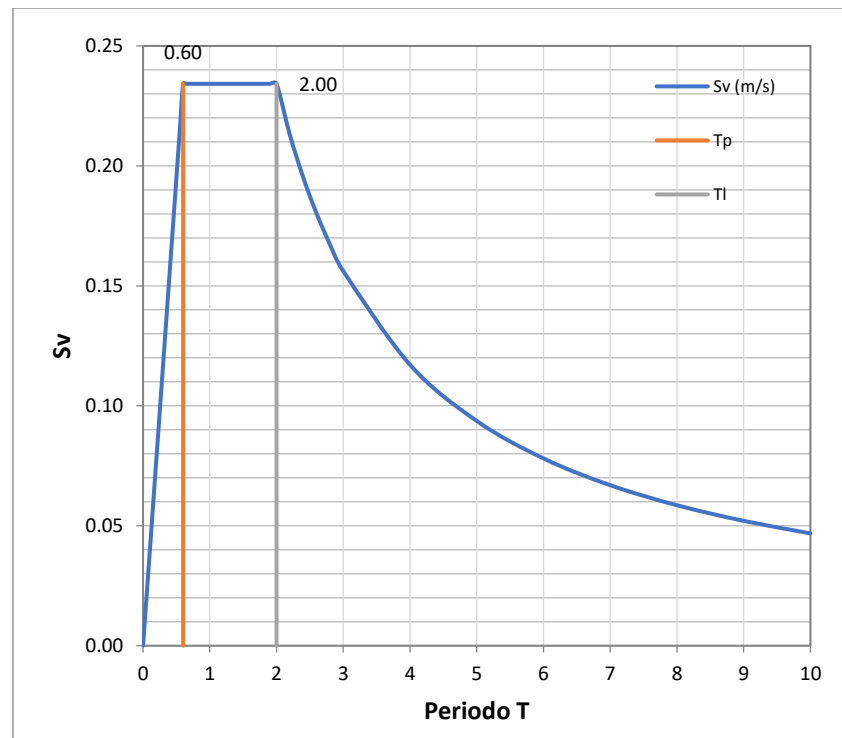
*Espectro sísmico de diseño para la dirección X Sa/g.*



*Nota:* La figura muestra el valor de las velocidades para periodos que debe tener en cuenta las edificaciones.

**Figura 33**

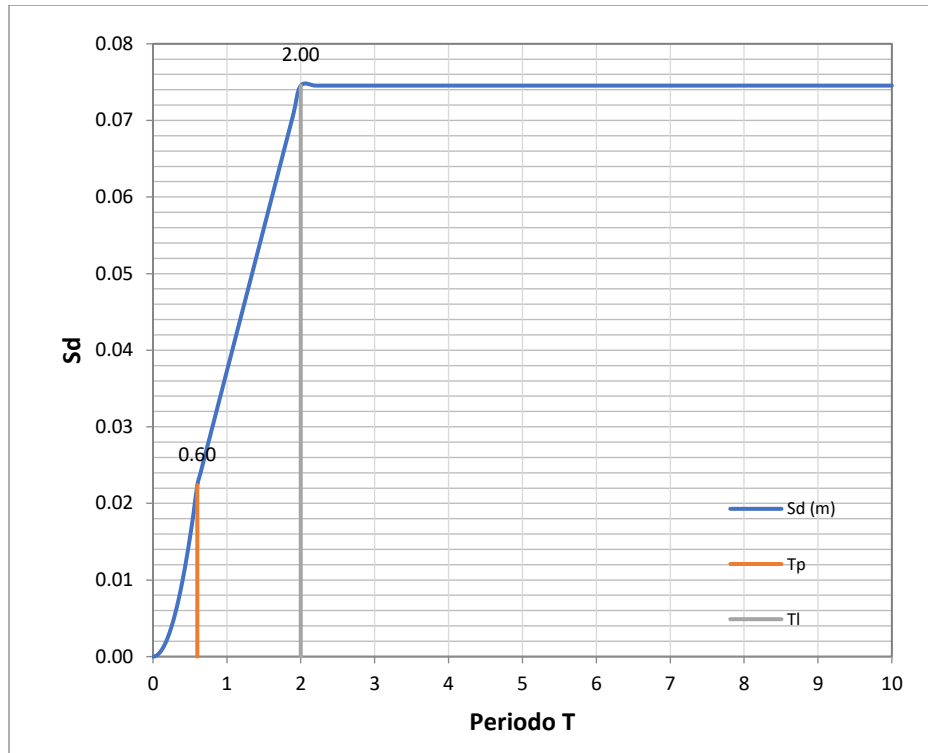
*Espectro de velocidades para la dirección X.*



*Nota:* se observa el valor de la velocidad para periodos en edificaciones.

Figura 34

*Espectro de desplazamiento en la dirección X.*



*Nota:* La figura muestra el valor de desplazamientos para el periodo calculado

Tabla 18

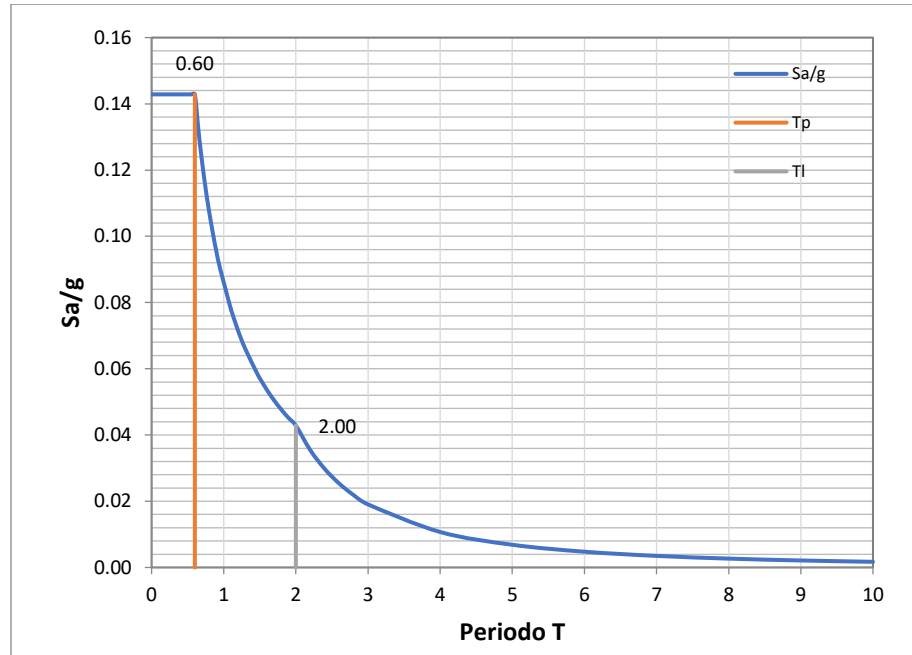
*Datos del espectro en Y, de aceleración, velocidad, desplazamiento.*

C	T (s)	Sa/g	Sv (m/s)	Sd (m)
2.50	0.00	0.1429	0.0000	0.0000
2.50	0.02	0.1429	0.0045	0.0000
2.50	0.04	0.1429	0.0089	0.0001
2.50	0.06	0.1429	0.0134	0.0001
2.50	0.08	0.1429	0.0178	0.0002
2.50	0.10	0.1429	0.0223	0.0004
2.50	0.12	0.1429	0.0268	0.0005
2.50	0.14	0.1429	0.0312	0.0007
2.50	0.16	0.1429	0.0357	0.0009
2.50	0.18	0.1429	0.0401	0.0012
2.50	0.20	0.1429	0.0446	0.0014
2.50	0.25	0.1429	0.0558	0.0022
2.50	0.30	0.1429	0.0669	0.0032
2.50	0.35	0.1429	0.0781	0.0043
2.50	0.40	0.1429	0.0892	0.0057
2.50	0.45	0.1429	0.1004	0.0072
2.50	0.50	0.1429	0.1115	0.0089
2.50	0.55	0.1429	0.1227	0.0107
2.50	0.60	0.1429	0.1338	0.0128

2.31	0.65	0.1319	0.1338	0.0138
2.14	0.70	0.1224	0.1338	0.0149
2.00	0.75	0.1143	0.1338	0.0160
1.91	0.79	0.1089	0.1338	0.0168
1.76	0.85	0.1008	0.1338	0.0181
1.67	0.90	0.0952	0.1338	0.0192
1.58	0.95	0.0902	0.1338	0.0202
1.50	1.00	0.0857	0.1338	0.0213
1.36	1.10	0.0779	0.1338	0.0234
1.25	1.20	0.0714	0.1338	0.0256
1.15	1.30	0.0659	0.1338	0.0277
1.07	1.40	0.0612	0.1338	0.0298
1.00	1.50	0.0571	0.1338	0.0319
0.94	1.60	0.0536	0.1338	0.0341
0.88	1.70	0.0504	0.1338	0.0362
0.83	1.80	0.0476	0.1338	0.0383
0.79	1.90	0.0451	0.1338	0.0405
0.75	2.00	0.0429	0.1338	0.0426
0.62	2.20	0.0354	0.1217	0.0426
0.52	2.40	0.0298	0.1115	0.0426
0.44	2.60	0.0254	0.1029	0.0426
0.38	2.80	0.0219	0.0956	0.0426
0.33	3.00	0.0190	0.0892	0.0426
0.19	4.00	0.0107	0.0669	0.0426
0.12	5.00	0.0069	0.0535	0.0426
0.08	6.00	0.0048	0.0446	0.0426
0.06	7.00	0.0035	0.0382	0.0426
0.05	8.00	0.0027	0.0335	0.0426
0.04	9.00	0.0021	0.0297	0.0426
0.03	10.00	0.0017	0.0268	0.0426

**Figura 35**

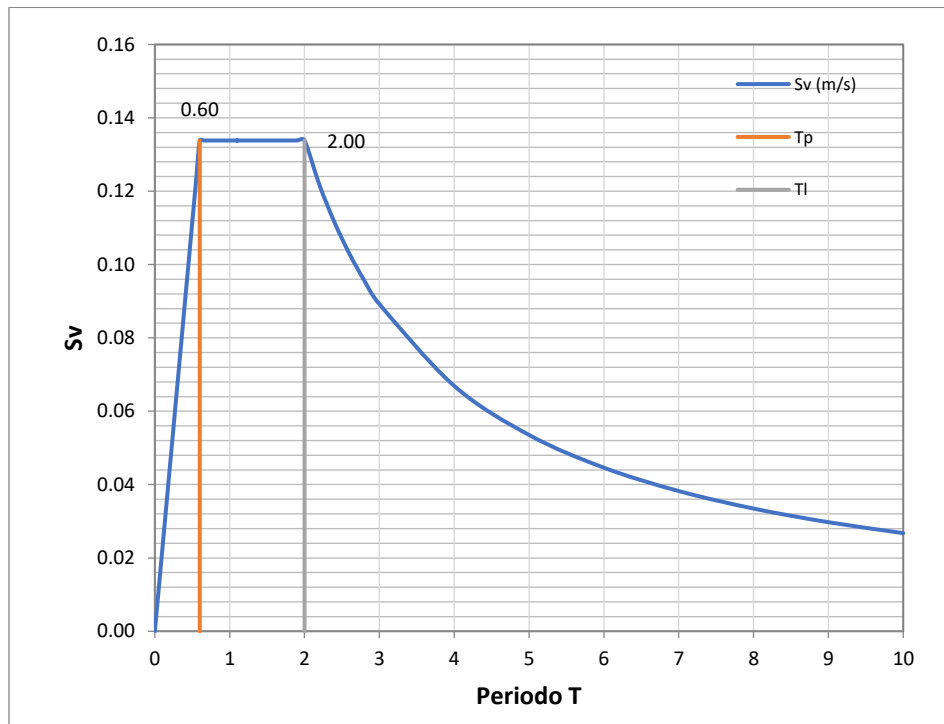
*Espectro sísmico de diseño para la dirección Y Sa/g.*



Nota: La figura muestra los valores de aceleración para los períodos que cuenta una edificación.

**Figura 36**

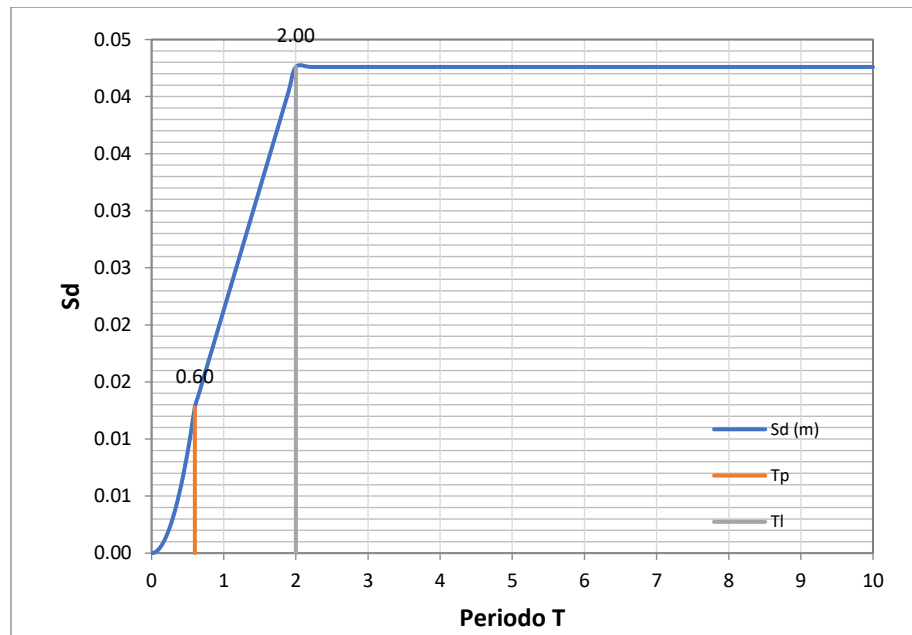
*Espectro de velocidades para la dirección Y.*



Nota: La figura muestra los valores de velocidad para los períodos que tiene el edificio.

**Figura 37**

*Espectro de desplazamiento para la dirección Y.*



*Nota:* La figura muestra el valor de los desplazamientos en periodos que tiene una edificación.

El espectro sísmico presentado en las figuras 32 y 35 mostrados en la grafica “aceleración/g vs periodo”, calculada tanto manualmente como utilizando el programa Etabs v.20.0.0

Según la irregularidad de la estructura, el factor de reducción de la reacción dado a la dirección X es  $R=3$  y la dirección Y es  $R=7$ , por lo que se puede diseñar para una mayor flexibilidad y al mismo tiempo reducir de manera conservadora la necesidad de inelasticidad.

Los espectros sísmicos inelásticos se calcularon utilizando el factor reducción sísmica de ( $R_0=3$ ), ( $R_0=7$ ) individualmente para las direcciones de análisis X y Y, que corresponden a un sistema de albañilería y a un sistema dual de muros estructurales y pórticos de concreto armado. (vigas y columnas); Se define que las fuerzas cortantes de la columna son mayores que el 30% de la fuerza cortante principal.

## Casos de carga

El cálculo de las cargas se basó en los pesos en metro cúbico establecidos en la norma E020, teniendo en cuenta las cargas de cada lugar de la estructura:

Se tomo en cuenta de la norma, en la tabla 01 de la E.020.

✓ Tiendas	: 500 Kgf/m <sup>2</sup> .
✓ Corredores	: 500 Kgf/m <sup>2</sup> .
✓ Oficinas	: 250 Kgf/m <sup>2</sup> .
✓ Viviendas	: 200 Kgf/m <sup>2</sup> .
✓ SS.HH.	: 300 Kgf/m <sup>2</sup> .
✓ Escaleras	: 500 Kgf/m <sup>2</sup> .

## Determinación de peso

Se determinaron los pesos según el tipo de edificación en el artículo 26 de la E030, se tendrá en cuenta el peso propio al 100% como también las cargas permanentes al 50% considerando aquellas sobrecargas en el entrepiso también el 25% de sobrecargas en losas del último nivel (techos).

**Figura 38**

*Evaluación del peso en el Etabs.*

The screenshot shows the 'Mass Source Data' dialog box with the following details:

- Mass Source Name:** Masa inicial
- Mass Source:**
  - Element Self Mass
  - Additional Mass
  - Specified Load Patterns
  - Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
    - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: [ ]
    - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: [ ]
- Mass Multipliers for Load Patterns:**

Load Pattern	Multiplier
Peso Propio	1
Acabados CR+PT	1
Tabiques	1
Carga viva entrepiso	0.25
Acabados CR+PT	1
- Mass Options:**
  - Include Lateral Mass
  - Include Vertical Mass
  - Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

*Nota:* El cuadro se observa el coeficiente para el análisis del peso de la edificación.

### **Combinaciones de Solicitaciones**

Mencionamos que las estructuras deben diseñarse para obtener en todas sus secciones resistencias de diseño ( $\phi R_n$ ), de tal forma que tengan al menos una igualdad a las resistencias requeridas ( $R_u$ ), que se calculan para las cargas y fuerzas mayoradas en las combinaciones según la norma E.060. Todos los elementos estructurales deberán cumplir:  $\phi R_n \geq R_u$ .

Las siguientes combinaciones de carga se utilizan con la finalidad de hallar la resistencia óptima, es decir la carga final del diseño, se utilizarán a continuación la combinación de diseño para las cargas, según Norma E-060 (capítulo 9).

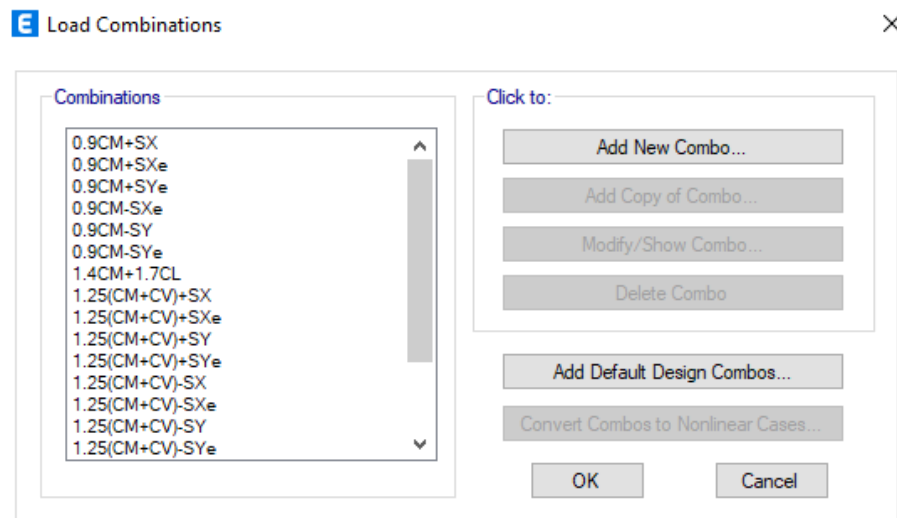
- ✓  $1.4 C M + 1.7 C V$
- ✓  $1.25 C M + 1.25 C V \pm 1.00 S_x$
- ✓  $1.25 C M + 1.25 C V \pm 1.00 S_y$
- ✓  $0.9 C M \pm 1.00 S_x$
- ✓  $0.9 C M \pm 1.00 S_y$
- ✓  $0.9 C M + 1.7 C E$

#### **Donde:**

- ✓ CM : Carga permanente
- ✓ CV : Carga viva
- ✓ CE : Empuje Lateral
- ✓  $S_x, S_y$  : Cargas de sismo dinámico en orientación X e Y, respectivamente
- ✓  $S_{x_e}, S_{y_e}$ : Cargas de sismo estático en orientación X e Y, respectivamente

**Figura 39**

*Combinaciones de carga para diseño de los elementos estructurales.*



*Nota:* La figura tiene la incorporación de combinación carga

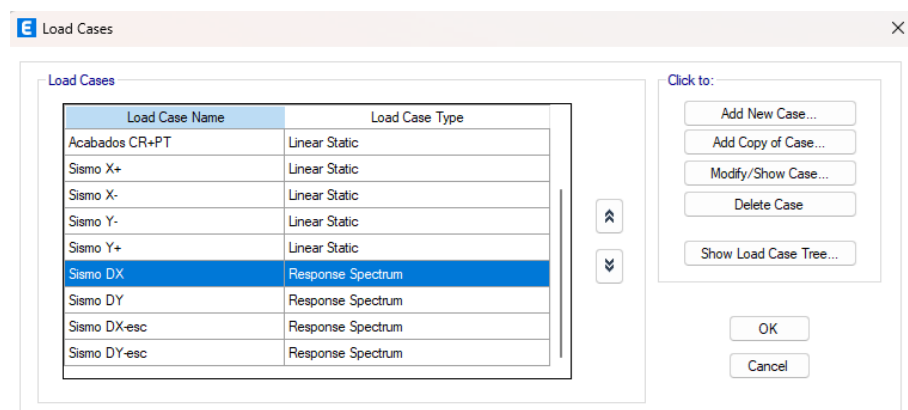
Se tiene en cuenta la discusión, para realizar la acción sísmica lineal teniendo en cuenta las cargas gravitacionales y de viento, descrito en los capítulos 28 y 29 de la E.030.

El programa Etabs solicita que usted defina los tipos de cargas utilizadas en su modelo analítico. y es en base a estas que se deben tener en cuenta las distintas combinaciones de diseño, para esta tesis la NTP E.030 Diseño sismo resistente

La carga o sobrecargas son estáticos gravitacionales, espectral o dinámico, según el tipo de estudio:

**Figura 40**

*Definición de cargas estáticas y del tipo espectro de respuesta.*



*Nota:* El gráfico presenta las cargas lineales y del tipo espectro de respuesta.

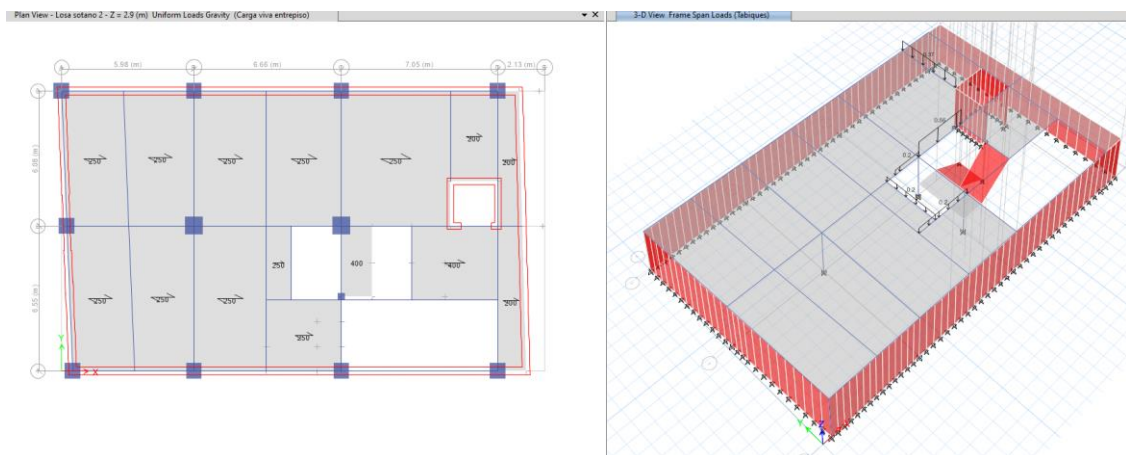
El análisis estructural del proyecto tiene cuatro partes, la primera es la recopilación de datos de construcción en el sitio, la segunda es el enfoque de modelado estructural, la tercera es la medición de carga y la cuarta es el cálculo final de los esfuerzos internos y deformaciones, diseño.

Al desarrollar el estudio, nos basamos en los planos del proyecto arquitectónico y lo completamos con un estudio geotécnico, Estudio de Suelos (EMS).

#### 5.1.4.1 Asignación de sobrecargas de tabiques (metrado de cargas)

**Figura 41**

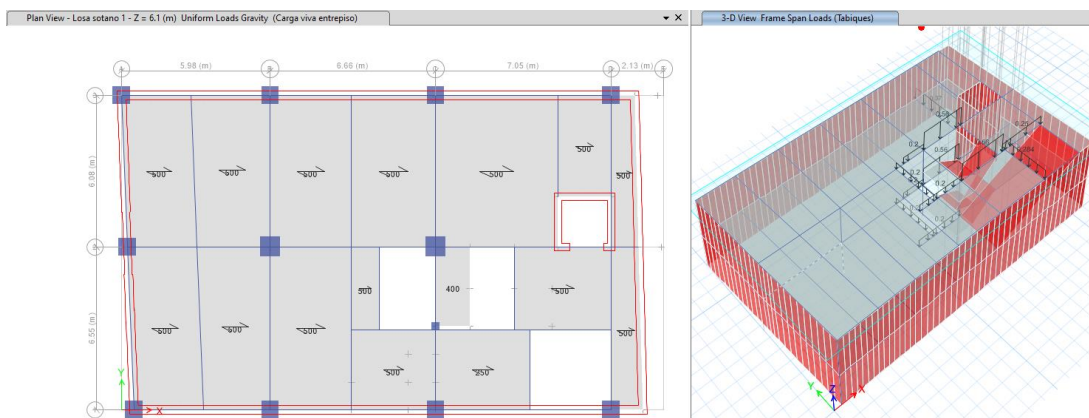
*Asignación de las sobrecargas de tabique para el sótano 2.*



*Nota:* El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.

**Figura 42**

*Asignación de las sobrecargas de tabique para el sótano 1.*

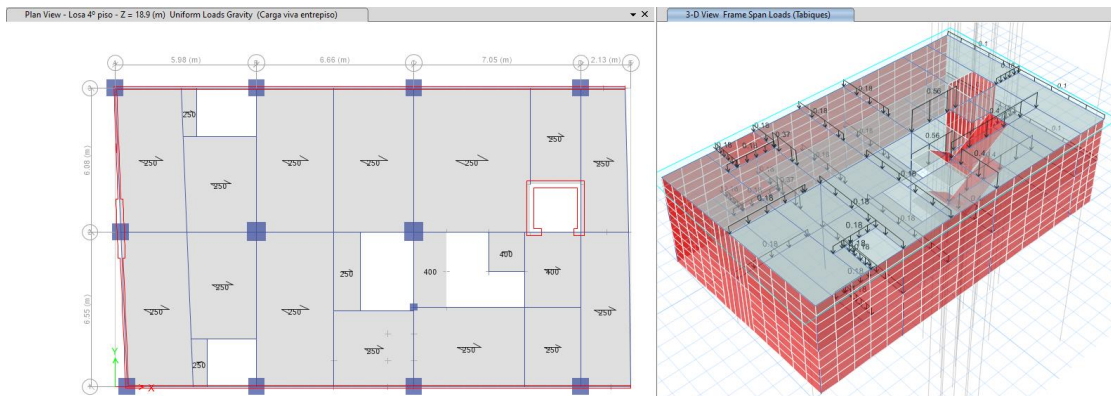


*Nota:* El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.



**Figura 46**

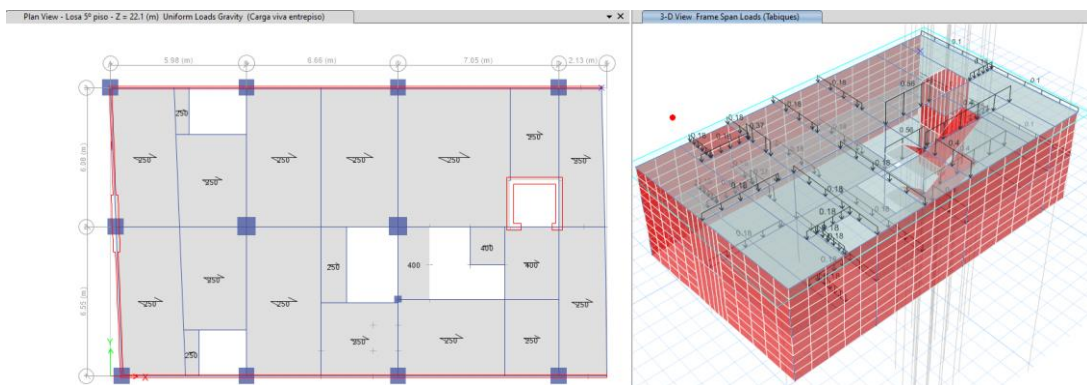
*Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 4.*



*Nota:* El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.

**Figura 47**

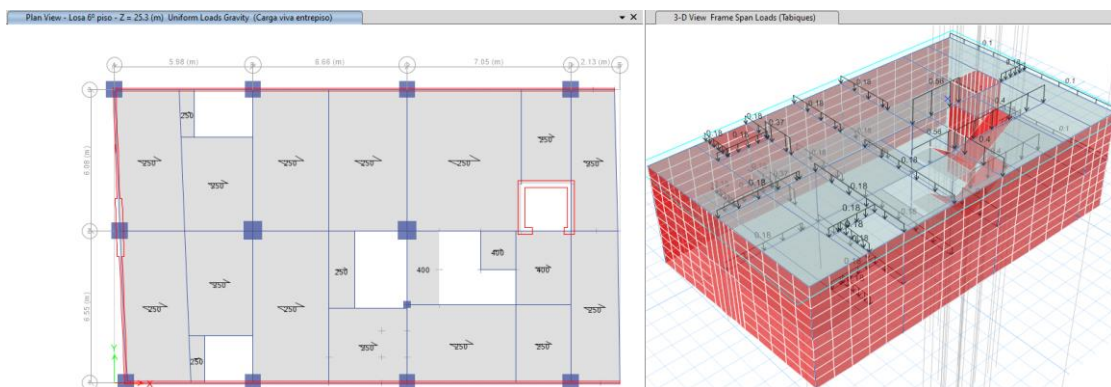
*Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 5.*



*Nota:* El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.

**Figura 48**

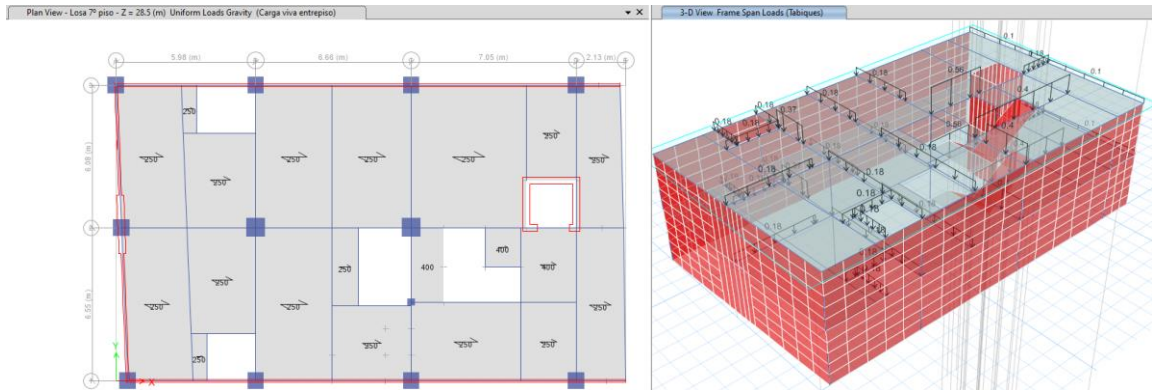
*Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 6.*



*Nota:* El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.

**Figura 49**

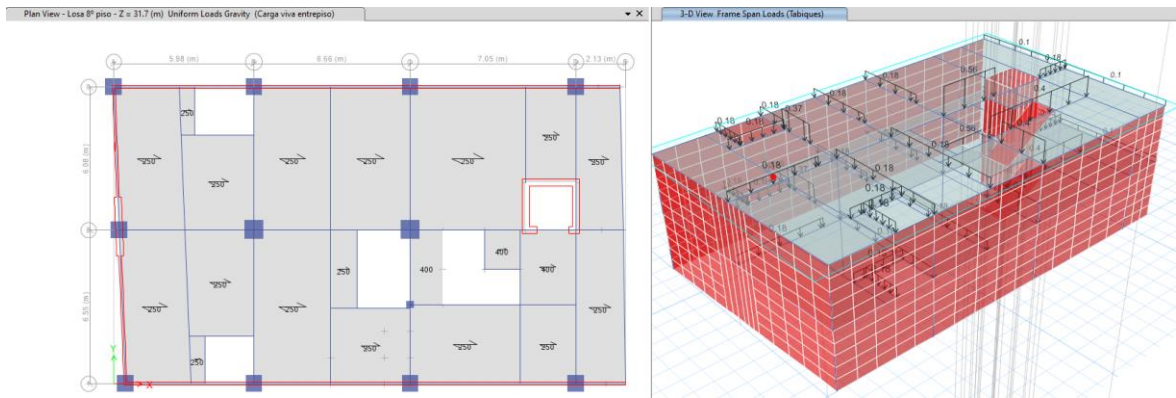
*Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 7.*



*Nota: El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.*

**Figura 50**

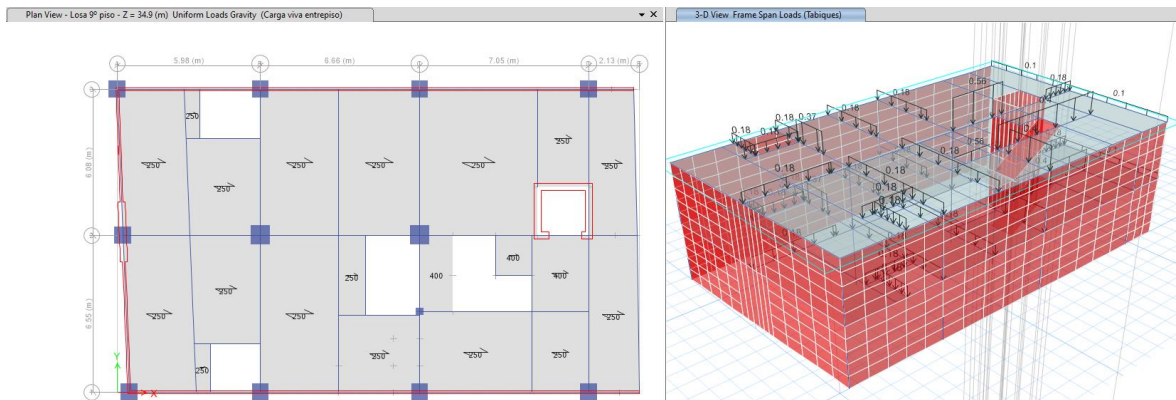
*Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 8.*



*Nota: El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.*

**Figura 51**

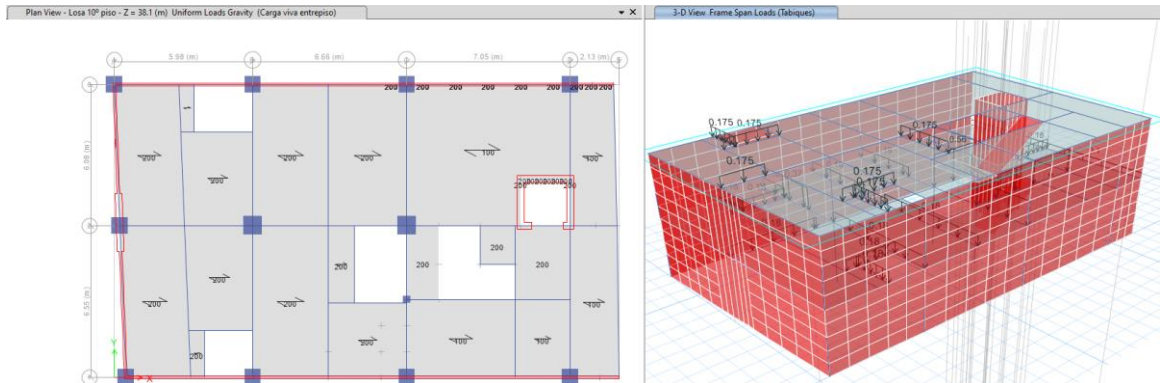
*Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 9.*



*Nota: El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.*

**Figura 52**

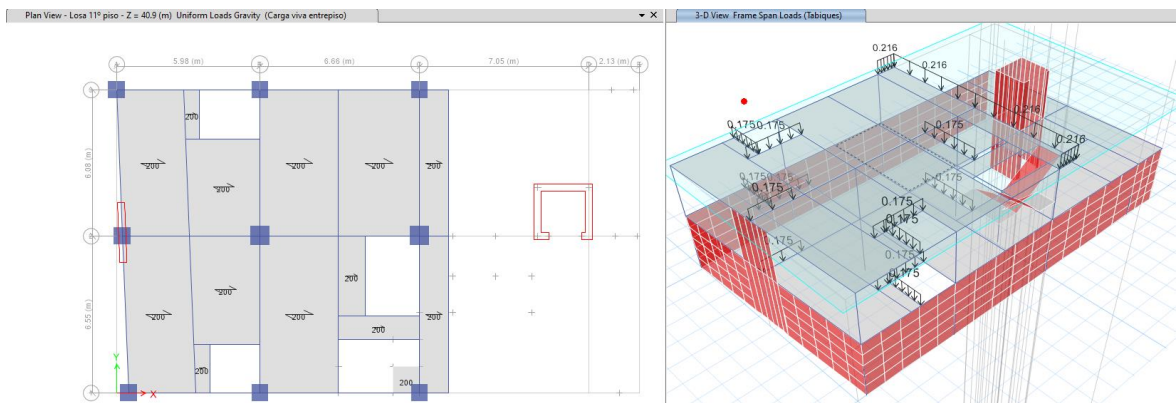
*Asignación de las cargas de tabique para el nivel 10.*



*Nota: El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.*

**Figura 53**

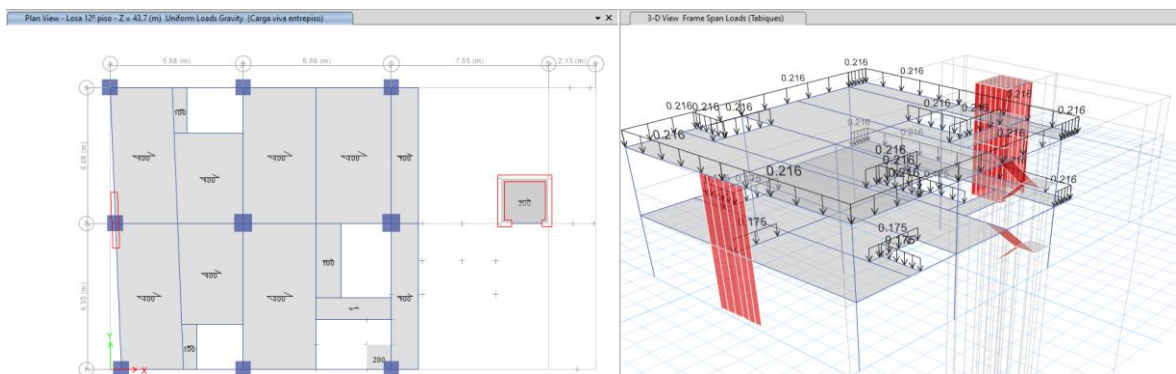
*Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 11.*



*Nota: El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.*

**Figura 54**

*Asignación de las sobrecargas de tabique para el nivel 12.*



*Nota: El cuadro muestra la distribución de cargas muertas.*

#### 4.1.4.2 Resultados del cálculo de la Irregularidades en altura

- Irregularidad de piso blando o rigidez, se demuestra si se cumple:

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

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

Tabla 19

Cálculo de la irregularidad de rigidez en dirección X.

Piso	Load Case	VX	UX	$\Delta_{CM(i)}$	$K_i$	$0.70 * K_{i+1}$	ESTRUCTURA	$K_i$	$0.8 * \frac{1}{3} (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$	ESTRUCTURA	
		tonf	mm	mm	X						
Piso10	Sismo X	-295.7	121.894	9.16	32.297			32.297			
Piso 9	Sismo X	-418.4	112.738	10.22	40.970	22.608	REGULAR	40.970			
Piso 8	Sismo X	-528.06	102.515	11.39	46.362	28.679	REGULAR	46.362			
Piso 7	Sismo X	-623.6	91.125	12.53	49.755	32.453	REGULAR	49.755	31.901	REGULAR	
Piso 6	Sismo X	-705.5	78.591	13.49	52.286	34.828	REGULAR	52.286	36.556	REGULAR	
Piso 5	Sismo X	-773.8	65.097	14.15	54.674	36.600	REGULAR	54.674	39.574	REGULAR	
Piso 4	Sismo X	-828.4	50.944	14.39	57.585	38.272	REGULAR	57.585	41.791	REGULAR	
Piso 3	Sismo X	-869.3	36.558	14.02	61.996	40.309	REGULAR	61.996	43.879	REGULAR	
Piso 2	Sismo X	-896.6	22.535	12.79	70.130	43.397	REGULAR	70.130	46.468	REGULAR	
Piso 1	Sismo X	-910.31	9.749	9.75	93.374	49.091	REGULAR	93.374	50.590	REGULAR	
						<b>F.I. (X)</b>	<b>1</b>			<b>F.I. (X)</b>	<b>1</b>

Tabla 20

Cálculo de la irregularidad de rigidez en dirección Y.

Piso	Load Case	VY	UY	$\Delta_{e_{CM(i)}}$	$K_i$	$0.70 * K_{i+1}$	ESTRUCTURA	$K_i$	$0.8 * \frac{1}{3} (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$	ESTRUCTURA
		tonf	mm	mm	Y					
Piso 10	Sismo Y	-147.86	110.479	69.50	2.127			2.127		
Piso 9	Sismo Y	-209.42	101.385	73.20	2.861	1.489	REGULAR	2.861		
Piso 8	Sismo Y	-264.03	90.727	74.31	3.553	2.003	REGULAR	3.553		
Piso 7	Sismo Y	-311.81	79.234	72.52	4.300	2.487	REGULAR	4.300	2.278	REGULAR
Piso 6	Sismo Y	-352.77	66.940	66.94	5.270	3.010	REGULAR	5.270	2.857	REGULAR

Piso 5	Sismo Y	-386.90	54.066	54.07	7.156	3.689	REGULAR	7.156	3.499	REGULAR
Piso 4	Sismo Y	-414.21	40.975	12.79	32.385	5.009	REGULAR	32.385	4.460	REGULAR
Piso 3	Sismo Y	-434.69	28.185	11.76	36.954	22.670	REGULAR	36.954	11.950	REGULAR
Piso 2	Sismo Y	-448.34	16.422	9.71	46.187	25.868	REGULAR	46.187	20.399	REGULAR
Piso 1	Sismo Y	-455.15	6.715	6.72	67.782	32.331	REGULAR	67.782	30.807	REGULAR
							F.I. (Y)	1	F.I. (Y)	1

- Irregularidad de resistencia, se demuestra si se cumple:

$$\sum V_{c_i} < 0.80 * \sum V_{c_{(i+1)}} \text{ y } \sum (bw * d)_i < 0.8 * \sum (bw * d)_{(i+1)}$$

**Tabla 21**

*Cálculo de la irregularidad de resistencia.*

Piso	C1 m <sup>2</sup>	P1 m <sup>2</sup>	$\sum (bw * d)_i$	$0.8 * \sum (bw * d)_{(i+1)}$	ESTRUCTURA
Piso 10	5.2	1.28	6.48		
Piso 9	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
Piso 8	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
Piso 7	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
Piso 6	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
Piso 5	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
Piso 4	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
Piso 3	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
Piso 2	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
Piso 1	5.2	1.28	6.48	5.184	REGULAR
<b>F.I.</b>					<b>1</b>

- Irregularidad de masa o peso, se demuestra si se cumple:

$$W_i > 1.5 * \{W_{i+1}; W_{i-1}\}$$

**Tabla 22**

*Cálculo de la irregularidad de masa.*

Piso	$M_i$	$W_i$	$1.5 * W_{i+1}$	ESTRUCTURA	$W_i$	$1.5 * W_{i-1}$	ESTRUCTURA	
	Kg	Kgf	Kgf		Kgf	Kgf		
Piso 10	289665.6	289665.56			289665.56	496590.555	REGULAR	
Piso 9	331060.4	331060.37	434498.3	REGULAR	331060.37	495589.95	REGULAR	
Piso 8	330393.3	330393.3	496590.6	REGULAR	330393.3	495589.95	REGULAR	
Piso 7	330393.3	330393.3	495590	REGULAR	330393.3	495589.95	REGULAR	
Piso 6	330393.3	330393.3	495590	REGULAR	330393.3	495589.95	REGULAR	
Piso 5	330393.3	330393.3	495590	REGULAR	330393.3	495589.95	REGULAR	
Piso 4	330393.3	330393.3	495590	REGULAR	330393.3	495589.95	REGULAR	
Piso 3	330393.3	330393.3	495590	REGULAR	330393.3	495589.95	REGULAR	
Piso 2	330393.3	330393.3	495590	REGULAR	330393.3	494672.385	REGULAR	
Piso 1	329781.6	329781.59	495590	REGULAR	329781.59			
			<b>F.I.</b>	<b>1</b>			<b>F.I.</b>	<b>1</b>

- Irregularidad de geometría vertical, se demuestra si se cumple:

$$L_1 > 130\%L_2$$

**Tabla 23**

*Cálculo de la irregularidad de geometría vertical para la dirección X.*

Piso	Dirección en X (m)			ESTRUCTURA	ESTRUCTURA	
Piso	$L_i$	$L_{i+1}$	$1.3 * L_{i+1}$		$L_{i-1}$	$1.3 * L_{i-1}$

Piso 10	20.65				20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 9	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 8	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 7	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 6	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 5	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 4	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 3	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 2	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>
Piso 1	20.65	20.65	26.845	<b>REGULAR</b>			
<b>F.I. (X)</b>				<b>1</b>	<b>F.I. (X)</b>		<b>1</b>

**Tabla 24**

*Cálculo de la irregularidad de geometría vertical para la dirección Y.*

Piso	Dirección en Y (m)						
	$L_i$	$L_{i+1}$	$1.3 * L_{i+1}$	ESTRUCTURA	$L_{i-1}$	$1.3 * L_{i-1}$	ESTRUCTURA
Piso 10	12.65				12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 9	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 8	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 7	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 6	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 5	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 4	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 3	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 2	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>
Piso 1	12.65	12.65	16.445	<b>REGULAR</b>			
<b>F.I. (Y)</b>				<b>1</b>	<b>F.I. (Y)</b>		<b>1</b>

**Resultados del cálculo de la Irregularidades en planta**

- Irregularidad torsional, se demuestra si se cumple:

$$\frac{\Delta_{m\acute{a}x}}{\Delta_{prom}} > 1.3 \quad \text{cuando} \quad \Delta_{inel\acute{a}stica} > 50\% \Delta_{l\acute{i}mite}$$

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

**Tabla 25**

*Cálculo de la irregularidad torsional para el sismo estático en X.*

Piso	Load Case	Ítem	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Max Loc Z	PROM	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTURA	Max Drift I	Drift Lim.	
												m
Piso 10	Sismo X	Diaph X	D1	0.002202	0.001987	1.108	32	0.001987	1.108	REGULAR	0.0050	0.005
Piso 9	Sismo X	Diaph X	D1	0.002316	0.002112	1.097	28.8	0.002112	1.097	REGULAR	0.0052	0.005
Piso 8	Sismo X	Diaph X	D1	0.002528	0.002332	1.084	25.6	0.002332	1.084	REGULAR	0.0057	0.005
Piso 7	Sismo X	Diaph X	D1	0.002726	0.002536	1.075	22.4	0.002536	1.075	REGULAR	0.0061	0.005
Piso 6	Sismo X	Diaph X	D1	0.00288	0.002696	1.068	19.2	0.002696	1.068	REGULAR	0.0065	0.005
Piso 5	Sismo X	Diaph X	D1	0.002964	0.002793	1.061	16	0.002793	1.061	REGULAR	0.0067	0.005
Piso 4	Sismo X	Diaph X	D1	0.002955	0.002805	1.053	12.8	0.002805	1.053	REGULAR	0.0066	0.005

Piso 3	Sismo X	Diaph X	D1	0.002822	0.002704	1.044	9.6	0.002704	1.044	REGULAR	0.0063	0.005
Piso 2	Sismo X	Diaph X	D1	0.002519	0.002442	1.032	6.4	0.002442	1.032	REGULAR	0.0057	0.005
Piso 1	Sismo X	Diaph X	D1	0.001751	0.001709	1.025	3.2	0.001709	1.025	REGULAR	0.0039	0.005
										<b>F.I.</b>	<b>1</b>	

**Tabla 26**

*Cálculo de la irregularidad torsional para el sismo estático en Y.*

Piso	Load Case	Ítem	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Max Loc Z	PROM	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTURA	Max Drift I	Drift Lim.
Piso 10	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.001892	0.001456	1.299	32	0.001456	1.299	REGULAR	0.0084	0.007
Piso 9	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.002032	0.00156	1.303	28.8	0.00156	1.303	IRREGULAR	0.0091	0.007
Piso 8	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.002186	0.001684	1.298	25.6	0.001684	1.298	REGULAR	0.0098	0.007
Piso 7	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.00233	0.0018	1.294	22.4	0.0018	1.294	REGULAR	0.0104	0.007
Piso 6	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.00243	0.001883	1.290	19.2	0.001883	1.290	REGULAR	0.0108	0.007
Piso 5	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.002457	0.001914	1.284	16	0.001914	1.284	REGULAR	0.0110	0.007
Piso 4	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.002379	0.001868	1.274	12.8	0.001868	1.274	REGULAR	0.0106	0.007
Piso 3	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.00216	0.001717	1.258	9.6	0.001717	1.258	REGULAR	0.0096	0.007

Piso 2	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.001759	0.001416	1.242	6.4	0.001416	1.242	REGULAR	0.0078	0.007
Piso 1	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.001052	0.000845	1.245	3.2	0.000845	1.245	REGULAR	0.0047	0.007
									<b>F.I.</b>	<b>0.75</b>	

**Tabla 27**

*Cálculo de la irregularidad torsional - espectro de respuesta en X.*

Piso	Load Case	Ítem	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Max Loc Z	PROM	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTUR A	Drift I	Drift Lim.
Piso 10	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.001449	0.00138	1.050	32	0.00138	1.050	REGULAR	0.0033	0.005
Piso 9	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.00151	0.00145	1.041	28.8	0.00145	1.041	REGULAR	0.0034	0.005
Piso 8	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.001645	0.00159	1.035	25.6	0.00159	1.035	REGULAR	0.0037	0.005
Piso 7	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.001781	0.00173	1.029	22.4	0.00173	1.029	REGULAR	0.0040	0.005
Piso 6	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.001899	0.001852	1.025	19.2	0.001852	1.025	REGULAR	0.0043	0.005
Piso 5	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.001982	0.001939	1.022	16	0.001939	1.022	REGULAR	0.0045	0.005
Piso 4	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.002038	0.001988	1.025	12.8	0.001988	1.025	REGULAR	0.0046	0.005
Piso 3	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.002016	0.00196	1.029	9.6	0.00196	1.029	REGULAR	0.0045	0.005

Piso 2	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.00186 5	0.00180 6	1.033	6.4	0.001806	1.033	REGULAR	0.0042	0.005
Piso 1	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.00132 1	0.00128	1.032	3.2	0.00128	1.032	REGULAR	0.0030	0.005
									F.I.	1	

**Tabla 28**

*Cálculo de la irregularidad torsional - espectro de respuesta en Y.*

Piso	Load Case	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Max Loc Z	PROM	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTURA	Drift I	Drift Lim.
Piso 10	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00038 1	0.00026 8	1.422	32	0.000268	1.422	IRREGULAR	0.001700213	0.007
Piso 9	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00038 4	0.00027 1	1.417	28.8	0.000271	1.417	IRREGULAR	0.0017136	0.007
Piso 8	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00039 8	0.00028	1.421	25.6	0.00028	1.421	IRREGULAR	0.001776075	0.007
Piso 7	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00042	0.00029 7	1.414	22.4	0.000297	1.414	IRREGULAR	0.00187425	0.007
Piso 6	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00044 1	0.00031 3	1.409	19.2	0.000313	1.409	IRREGULAR	0.001967963	0.007
Piso 5	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00045 9	0.00032 5	1.412	16	0.000325	1.412	IRREGULAR	0.002048288	0.007
Piso 4	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00046 9	0.00033 3	1.408	12.8	0.000333	1.408	IRREGULAR	0.002092913	0.007
Piso 3	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00046 4	0.00032 8	1.415	9.6	0.000328	1.415	IRREGULAR	0.0020706	0.007

Piso 2	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00042 2	0.00029 7	1.421	6.4	0.000297	1.421	IRREGULA R	0.001883175	0.007
Piso 1	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00026	0.00018 8	1.383	3.2	0.000188	1.383	IRREGULA R	0.00116025	0.007
									<b>F.I.</b>	<b>0.75</b>	

- Irregularidad por esquinas entrantes, se demuestra si se cumple:

$$L_{exquina(X)} > 0.20 * L_X \quad \text{o} \quad L_{exquina(Y)} > 0.20 * L_Y$$

**Tabla 29**

*Cálculo de la irregularidad por esquinas entrantes para la dirección X y Y.*

Piso	Dirección en X (m)			ESTRUCTURA	Dirección en Y (m)			ESTRUCTURA	
	Lx (mayor)	Lesq (menor)	0.20*Lx		Ly (mayor)	Lesq (menor)	0.20*Ly		
Piso 10	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 9	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 8	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 7	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 6	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 5	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 4	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 3	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 2	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
Piso 1	20.65	0	4.13	REGULAR	12.65	0	2.53	REGULAR	
				<b>F.I.</b>	<b>1</b>			<b>F.I.</b>	<b>1</b>

- Irregularidad por discontinuidad del diafragma, se demuestra si se cumple:

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

**Tabla 30**

*Cálculo de la irregularidad por discontinuidad de diafragma.*

$A_i$	=504.24	m <sup>2</sup>	$S_{\text{área bruta}}$	=	7.7	m <sup>2</sup>
$0.50 * A_i$	=252.12	m <sup>2</sup>	$0.25 * S_{\text{área bruta}}$	=	1.925	m <sup>2</sup>
$A_{abertura}$	=46.88	m <sup>2</sup>	$S_{resistente}$	=	4.9	m <sup>2</sup>
ESTRUCTURA	REGULAR		ESTRUCTURA	REGULAR		
<b>F.I.</b>	<b>1</b>		<b>F.I.</b>	<b>1</b>		

**Tabla 31**

*Irregularidad por sistemas no paralelos.*

$\Delta X =$	13.9	m.	V.elemt=	65	tonf
$\Delta Y =$	5.5	m.	$V_i$	581.2224	tonf
Relación:	0.3956835	m.	$0.1 * V_i$	58.12224	tonf
En grados	21.59	°			
sexag .:					
ESTRUCTURA	REGULAR		<b>NO APLICA</b>		
<b>F.I.</b>	<b>1</b>				

Se resume en que tenemos irregularidad torsional para la dirección Y, cabe mencionar según las tablas precedentes solo se llegó a identificar tal irregularidad, resumiéndose en  $R_x = (I_p \times I_a \times R_0 = 1 \times 1 \times 3 = 3)$  y  $R_y = (I_p \times I_a \times R_0 = 0.75 \times 1 \times 7 = 5.25)$ .

### Resultados del coeficiente de cortante en la base estática

Esto se considera en NTP E.030 Diseño sismorresistente, se debe encontrar el sismo estático para luego compararlo con el sismo dinámico, de manera que se pueda medir el sismo dinámico, respecto al sismo estático en porcentajes definidos en el artículo. 29.4, para este edificio dicha sección sísmica se encuentra con base en los coeficientes siguientes:

Análisis estático según el coeficiente: **Dirección X**

Coeficiente de corte basal:  $ZxUxSxC/R = 0.1362$

Cortante:  $0.1362 \times \text{Peso} \times 80\%$

**Figura 55**

*Definición del coeficiente sísmico estático en X.*

**E** Seismic Load Pattern - User Defined ×

Direction and Eccentricity		Factors	
<input type="checkbox"/> X Dir	<input type="checkbox"/> Y Dir	Base Shear Coefficient, C	<input type="text" value="0.1362"/>
<input checked="" type="checkbox"/> X Dir + Eccentricity	<input type="checkbox"/> Y Dir + Eccentricity	Building Height Exp., K	<input type="text" value="1.3005"/>
<input type="checkbox"/> X Dir - Eccentricity	<input type="checkbox"/> Y Dir - Eccentricity	<b>Story Range</b>	
Ecc. Ratio (All Diaph.)	<input type="text" value="0.05"/>	Top Story	<input type="text" value="Losa 12º piso"/>
Overwrite Eccentricities	<input type="button" value="Overwrite..."/>	Bottom Story	<input type="text" value="Losa sotano 1"/>
<input type="button" value="OK"/>		<input type="button" value="Cancel"/>	

*Nota:* El cuadro muestra la asignación del coeficiente sísmico estático en X.

Análisis estático usando coeficiente: **Dirección Y**

Coeficiente de corte basal:  $ZxUxSxC/R = 0.0584$

Cortante:  $0.0584 \times \text{Peso} \times 90\%$

Figura 56

Definición del coeficiente sísmico estático en Y.

**E** Seismic Load Pattern - User Defined ×

**Direction and Eccentricity**

X Dir                       Y Dir

X Dir + Eccentricity       Y Dir + Eccentricity

X Dir - Eccentricity       Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

**Factors**

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

**Story Range**

Top Story

Bottom Story

Nota: El gráfico muestra la asignación del coeficiente sísmico estático en Y.

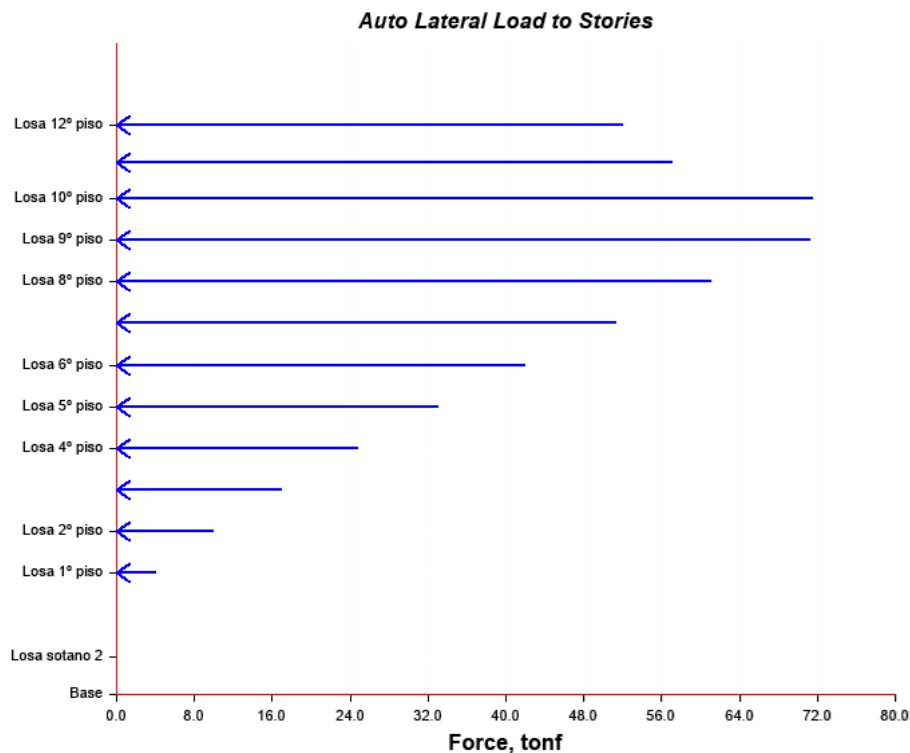
Tabla 32

Fuerzas horizontales para el sismo estático X.

Piso	Elevación	Posición	X-Dir	Y-Dir
	m		tonf	tonf
Losa 12º p	43.7	Sup	52.0281	0
Losa 11º p	40.9	Sup	57.1793	0
Losa 10º p	38.1	Sup	71.6222	0
Losa 9º p	34.9	Sup	71.3757	0
Losa 8º p	31.7	Sup	61.1153	0
Losa 7º p	28.5	Sup	51.3726	0
Losa 6º p	25.3	Sup	42.0405	0
Losa 5º p	22.1	Sup	33.1659	0
Losa 4º p	18.9	Sup	24.8119	0
Losa 3º p	15.7	Sup	17.0678	0
Losa 2º p	12.5	Sup	10.0733	0
Losa 1º p	9.3	Sup	4.082	0
Losa sotano 1	6.1	Sup	0	0
Losa sotano 2	2.9	Sup	0	0
Base	0	Sup	0	0

**Figura 57**

*Detallado de fuerzas horizontales sísmicas dirección X.*



*Nota:* se observa las fuerzas horizontales en toneladas por piso.

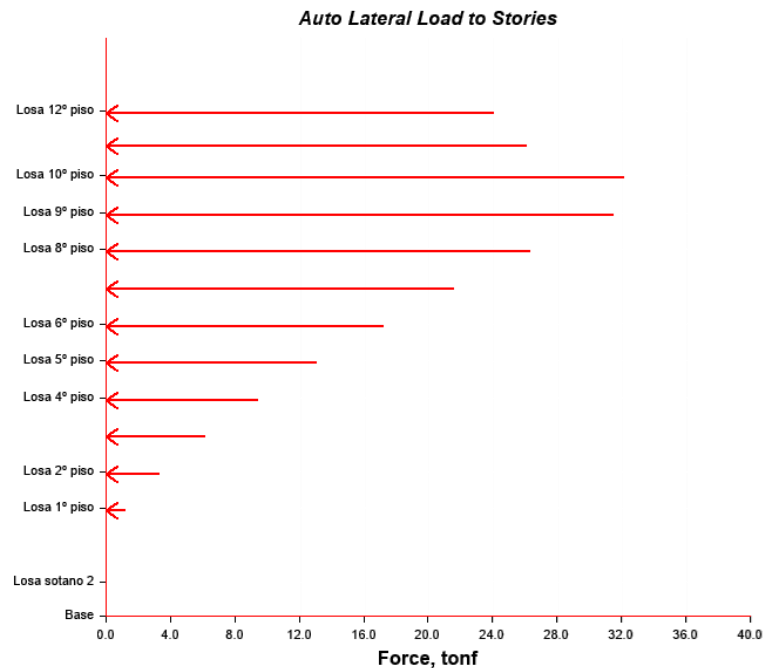
**Tabla 33**

*Fuerzas horizontales correspondiente al sismo estático Y.*

<b>Piso</b>	<b>Elevación</b>	<b>Posición</b>	<b>X-Dir</b>	<b>Y-Dir</b>
	m		tonf	tonf
Losa 12º piso	43.7	Top	0	24.1195
Losa 11º piso	40.9	Top	0	26.1347
Losa 10º piso	38.1	Top	0	32.2374
Losa 9º piso	34.9	Top	0	31.5129
Losa 8º piso	31.7	Top	0	26.4076
Losa 7º piso	28.5	Top	0	21.6619
Losa 6º piso	25.3	Top	0	17.2338
Losa 5º piso	22.1	Top	0	13.1497
Losa 4º piso	18.9	Top	0	9.4439
Losa 3º piso	15.7	Top	0	6.1632
Losa 2º piso	12.5	Top	0	3.3773
Losa 1º piso	9.3	Top	0	1.2056
Losa sótano 1	6.1	Top	0	0
Losa sótano 2	2.9	Top	0	0
Base	0	Top	0	0

**Figura 58**

*Detallado de fuerzas horizontales sísmicas dirección Y.*



*Nota:* Se observa las fuerzas horizontales en toneladas por piso

### **Análisis Dinámico modal espectral**

RNE.030 Capítulo 29 Análisis dinámico modal espectral menciona que cualquier tipo de edificación puede diseñarse utilizando resultados del análisis dinámico con combinación modal espectral.

#### **Criterio de Combinación:**

La respuesta elástica máxima esperada ( $r$ ) donde corresponde al efecto conjunto de los modos de vibración ( $r_i$ ) se determinarán usando las combinaciones cuadráticas completas (CQC) de los valores se que calcula para cada modo.

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i \rho_{ij} r_j}$$

En este caso ( $r$ ) representa una respuesta modal, desplazamientos o fuerzas. De manera similar el tipo de combinación direccional elegida para el análisis sísmico de espectros de pseudo aceleración es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS)

de los valores espectrales, calculada para cada orientación por separado con un amortiguamiento del 5% por separado.

**Figura 59**

*Definición en Etabs espectro de respuesta para la dirección X.*

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

- General:**
  - Load Case Name: **Sismo DX**
  - Load Case Type: **Response Spectrum**
  - Mass Source: **Previous (Masa inicial)**
  - Analysis Model: **Default**
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espectro X	9806.65
- Other Parameters:**
  - Modal Load Case: **Modal**
  - Modal Combination Method: **CQC**
  - Include Rigid Response**
  - Rigid Frequency, f1:
  - Rigid Frequency, f2:
  - Periodic + Rigid Type:
  - Earthquake Duration, td:
  - Directional Combination Type: **SRSS**
  - Absolute Directional Combination Scale Factor:
  - Modal Damping: **Constant at 0.05**
  - Diaphragm Eccentricity: **0.05 for All Diaphragms**

*Nota:* El gráfico muestra la configuración para el pseudo espectro de respuesta.

**Figura 60**

*Definición en Etabs espectro de respuesta para la dirección Y.*

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

- General:**
  - Load Case Name: **Sismo DY**
  - Load Case Type: **Response Spectrum**
  - Mass Source: **Previous (Masa inicial)**
  - Analysis Model: **Default**
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Espectro Y	9806.65
- Other Parameters:**
  - Modal Load Case: **Modal**
  - Modal Combination Method: **CQC**
  - Include Rigid Response**
  - Rigid Frequency, f1:
  - Rigid Frequency, f2:
  - Periodic + Rigid Type:
  - Earthquake Duration, td:
  - Directional Combination Type: **SRSS**
  - Absolute Directional Combination Scale Factor:
  - Modal Damping: **Constant at 0.05**
  - Diaphragm Eccentricity: **0.05 for All Diaphragms**

*Nota:* El gráfico muestra la configuración para el pseudo espectro de respuesta.

### Modos y participación modal

Para la presente tesis se obtuvo valores de vibración como el primer modo de vibración correspondiente a la traslación en la dirección "X", el segundo modo es rotacional y el tercer modo correspondiente a la traslación en la dirección "Y". Secuencia que se repite en modos vibratorios más bajos. Se concluye también que no necesariamente se deben considerar 3 modos para cada nivel para lograr una intervención de masa superior al 90%. Según norma E-030.

(Periodo fundamental) = 1.101 seg.

**Tabla 34**

*Tabla de periodos y de masa de participación modal.*

Case	Mode	Period	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
		sec						
Modal	1	1.467	0.0024	0.5801	0.0301	0.0024	0.5801	0.0301
Modal	2	1.101	0.6378	0.0030	0.0000	0.6402	0.5832	0.0301
Modal	3	0.911	0.0003	0.0348	0.5984	0.6406	0.618	0.6286
Modal	4	0.425	0.0015	0.1068	0.0016	0.6421	0.7249	0.6301
Modal	5	0.368	0.0854	0.0017	0.0001	0.7276	0.7266	0.6302
Modal	6	0.304	0.0001	0.0004	0.0850	0.7276	0.727	0.7152
Modal	7	0.234	0.0166	0.0170	0.0006	0.7442	0.744	0.7158
Modal	8	0.221	0.0206	0.0150	0.0000	0.7648	0.759	0.7159
Modal	9	0.182	0.0007	0.0115	0.0199	0.7655	0.7705	0.7358
Modal	10	0.157	0.0004	0.0172	0.0189	0.7658	0.7877	0.7547
Modal	11	0.149	0.0259	0.0003	0.0019	0.7917	0.788	0.7566
Modal	12	0.118	0.0002	0.0134	0.0132	0.7919	0.8014	0.7698
Modal	13	0.106	0.0137	0.0029	0.0002	0.8056	0.8043	0.77
Modal	14	0.096	0.0016	0.0138	0.0114	0.8072	0.8181	0.7814
Modal	15	0.086	0.0076	0.0006	0.0020	0.8148	0.8187	0.7834
Modal	16	0.079	0.0017	0.0089	0.0091	0.8165	0.8275	0.7925
Modal	17	0.071	0.0076	0.0004	0.0013	0.8241	0.8279	0.7938
Modal	18	0.067	0.0011	0.0171	0.0040	0.8252	0.845	0.7978
Modal	19	0.059	0.0024	0.0023	0.0061	0.8276	0.8474	0.8039
Modal	20	0.059	0.0047	0.0002	0.0034	0.8323	0.8475	0.8073
Modal	21	0.055	0.0008	0.0060	0.0017	0.833	0.8535	0.809
Modal	22	0.051	0.0053	0.0090	0.0001	0.8384	0.8625	0.8091
Modal	23	0.05	0.0015	0.0120	0.0035	0.8398	0.8745	0.8126
Modal	24	0.045	0.0020	0.0056	0.0086	0.8419	0.8801	0.8212
Modal	25	0.043	0.0059	0.0012	0.0014	0.8478	0.8813	0.8225

Modal	26	0.041	0.0000	0.0335	0.0012	0.8478	0.9148	0.8237
Modal	27	0.038	0.0075	0.0000	0.0001	0.8553	0.9148	0.8239
Modal	28	0.036	0.0000	0.0100	0.0097	0.8553	0.9248	0.8336
Modal	29	0.035	0.0001	0.0324	0.0017	0.8554	0.9572	0.8353
Modal	30	0.034	0.0062	0.0004	0.0000	0.8616	0.9576	0.8353
Modal	31	0.032	0.0030	0.0001	0.0001	0.8647	0.9576	0.8354
Modal	32	0.031	0.0006	0.0157	0.0043	0.8653	0.9733	0.8396
Modal	33	0.031	0.0004	0.0054	0.0073	0.8657	0.9788	0.847
Modal	34	0.028	0.0860	0.0002	0.0003	0.9518	0.979	0.8473
Modal	35	0.028	0.0067	0.0011	0.0005	0.9585	0.9801	0.8479
Modal	36	0.028	0.0289	0.0045	0.0034	0.9874	0.9846	0.8512

### Resultados de la deriva de entrepiso

según la norma de técnica de edificaciones E-030 Tabla 11: movimientos horizontales permisibles: El máximo movimiento relativo de entre pisos, calculado según el Artículo 32, no debe exceder un porcentaje de la altura de entre pisos: Concreto Armado 0,007 y 0.005 para albañilería confinada.

En el análisis de los valores del cálculo obtenidos, muestran los máximos movimientos relativos de entre pisos, cuyos valores corregidos por 0.75R (regular) en la dirección X y de 0.85R (irregular) en la dirección Y son:

Considerando las derivas de piso obtenidas en el software Etabs, notamos que los valores obtenidos están fuera de la condición permitido como valor máximo.

**Tabla 35**

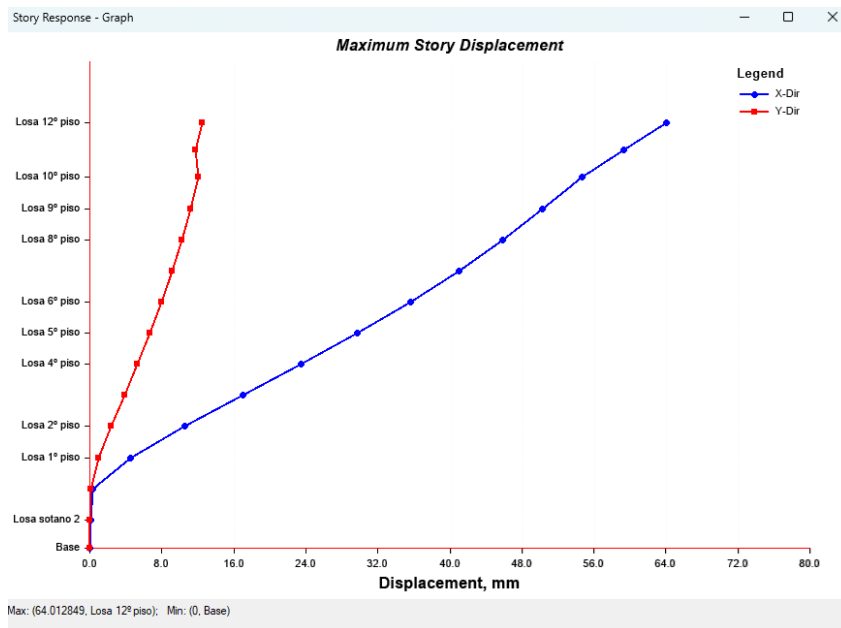
*Derivas de entre pisos mayorado por 0.75R y 0.85R.*

PISO	Output Case	Dirección	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
12° piso	Deriva <= 0.005	X	0.0044	64	13.84	12.63	43.7
12° piso	Deriva <= 0.007	Y	0.0070	214	19.69	7.2233	43.7
11° piso	Deriva <= 0.005	X	0.0044	4	12.64	12.63	40.9
11° piso	Deriva <= 0.007	Y	0.0070	16	19.69	8.57	40.9
10° piso	Deriva <= 0.005	X	0.0033	2	0	12.63	38.1
10° piso	Deriva <= 0.007	Y	0.0075	42	21.82	0	38.1
9° piso	Deriva <= 0.005	X	0.0034	397	15.46	12.63	34.9
9° piso	Deriva <= 0.007	Y	0.0080	42	21.82	0	34.9
8° piso	Deriva <= 0.005	X	0.0037	359	4.784	12.63	31.7
8° piso	Deriva <= 0.007	Y	0.0085	42	21.82	0	31.7

7º piso	Deriva $\leq 0.005$	X	0.0040	44	21.56	12.63	28.5
7º piso	Deriva $\leq 0.007$	Y	0.0089	42	21.82	0	28.5
6º piso	Deriva $\leq 0.005$	X	0.0043	44	21.56	12.63	25.3
6º piso	Deriva $\leq 0.007$	Y	0.0092	42	21.82	0	25.3
5º piso	Deriva $\leq 0.005$	X	0.0045	44	21.56	12.63	22.1
5º piso	Deriva $\leq 0.007$	Y	0.0094	42	21.82	0	22.1
4º piso	Deriva $\leq 0.005$	X	0.0046	431	20.4	0	18.9
4º piso	Deriva $\leq 0.007$	Y	0.0091	42	21.82	0	18.9
3º piso	Deriva $\leq 0.005$	X	0.0045	42	21.82	0	15.7
3º piso	Deriva $\leq 0.007$	Y	0.0084	42	21.82	0	15.7
2º piso	Deriva $\leq 0.005$	X	0.0042	431	20.4	0	12.5
2º piso	Deriva $\leq 0.007$	Y	0.0069	42	21.82	0	12.5
1º piso	Deriva $\leq 0.005$	X	0.0030	238	15.46	0	9.3
1º piso	Deriva $\leq 0.007$	Y	0.0043	1	20.97	0	9.3

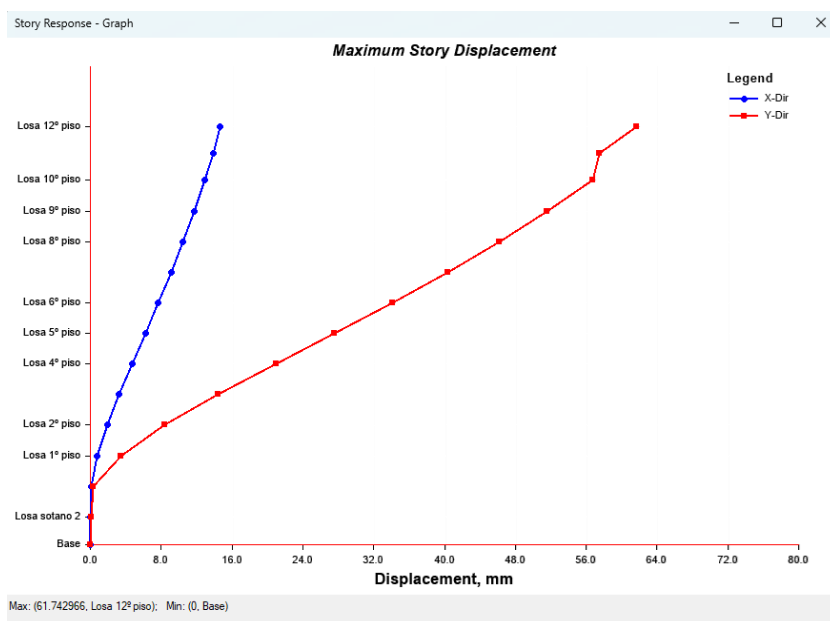
**Figura 61**

*Cuadro de desplazamientos absolutos para la dirección X.*



**Figura 62**

*Cuadro de desplazamientos absolutos para la dirección Y.*



**Tabla 36**

*Coordenadas del centro de masas y centro de rigideces.*

PISO	Masa X	Masa Y	XCM	YCM	XCR	YCR	XCM-XCR	YCM-YCR
	kg	kg	m	m	m	m	m	m
sótano 2	416678.92	416678.92	10.5622	6.4438	11.0838	6.3657	-0.5216	0.0781
sótano 1	375083.52	375083.52	10.5208	6.2916	10.8456	6.2938	-0.3248	-0.0022
1º	301176.99	301176.99	10.7928	6.3637	9.8463	7.0618	0.9465	-0.6981
2º	301445.12	301445.12	10.8023	6.3636	9.5224	6.9877	1.2799	-0.6241
3º	301445.12	301445.12	10.8023	6.3636	9.0402	6.8315	1.7621	-0.4679
4º	301445.12	301445.12	10.8023	6.3636	8.5663	6.6827	2.236	-0.3191
5º	301445.12	301445.12	10.8023	6.3636	8.1487	6.5565	2.6536	-0.1929
6º	301445.12	301445.12	10.8023	6.3636	7.7883	6.4507	3.014	-0.0871
7º	301445.12	301445.12	10.8023	6.3636	7.4692	6.3583	3.3331	0.0053
8º	301445.12	301445.12	10.8023	6.3636	7.1676	6.2699	3.6347	0.0937
9º	301507.98	301507.98	10.808	6.3714	6.855	6.1751	3.953	0.1963
10º	251136.94	251136.94	10.5254	6.072	6.558	6.0714	3.9674	0.0006
11º	185139.67	185139.67	6.7665	6.3021	6.5602	5.8814	0.2063	0.4207
12º	157630.03	157630.03	6.9542	6.3824	6.4076	5.5722	0.5466	0.8102

#### 4.1.2.1 Resultados del cálculo de la cortante sísmica (FLE)

**Tabla 37**

*Valores de fuerza sísmica estática en X para la ecuación ZUCS/R.*

Story	Output Case	Case Type	Location	VX	VY	T
				tonf	tonf	tonf-m
12° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	52.0281	0	366.3996
11° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	109.2074	0	764.9061
10° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	180.8296	0	1253.1738
9° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	252.2053	0	1749.547
8° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	313.3206	0	2173.4999
7° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	364.6932	0	2529.8682
6° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	406.7337	0	2821.4999
5° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	439.8996	0	3051.5697
4° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	464.7116	0	3223.6884
3° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	481.7794	0	3342.0866
2° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	491.8527	0	3411.9643
1° nivel	Sismo X+	LinStatic	Bottom	495.9347	0	3440.2818
sótano 1	Sismo X+	LinStatic	Bottom	495.9347	0	3440.2818
sótano 2	Sismo X+	LinStatic	Bottom	495.9347	0	3440.2818

**Tabla 38**

*Valores de fuerza sísmica estática en Y para la ecuación ZUCS/R.*

Story	Output Case	Case Type	Location	VX	VY	T
				tonf	tonf	tonf-m
12° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	24.1195	-203.8432
11° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	50.2542	-428.3806
10° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	82.4916	-790.2602
9° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	114.0045	-1156.8706
8° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	140.4121	-1463.7143
7° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	162.074	-1715.416
6° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	179.3078	-1915.6651
5° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	192.4576	-2068.4587
4° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	201.9014	-2178.1922
3° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	208.0646	-2249.8053
2° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	211.4419	-2289.0482
1° nivel	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	212.6475	-2303.0337
sótano 1	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	212.6475	-2303.0337
sótano 2	Sismo Y+	LinStatic	Bottom	0	212.6475	-2303.0337

Observando si se cumple, en base a la cortante mínima de la base, se demuestra que para el cálculo de diseño se deber realizar escalamientos de las cortantes dinámicas como sigue, la fuerza cortante en la orientación “X” cumple teniéndose valores superiores

al 80% y en la dirección "Y" se requiere escalamiento porque no cumple, con la cortante mínima de 90% para construcciones irregulares.

**Tabla 39**

*Comparación de esfuerzos sísmicos estáticos y dinámicos.*

<b>DIRECCION ANALISIS</b>	<b>DE</b>	<b>V Dinámico(tonf)</b>	<b>V estático(tonf)</b>	<b>%</b>
Dirección XX		405.4169	495.9347	81.75
Dirección YY		169.7379	212.6475	79.82

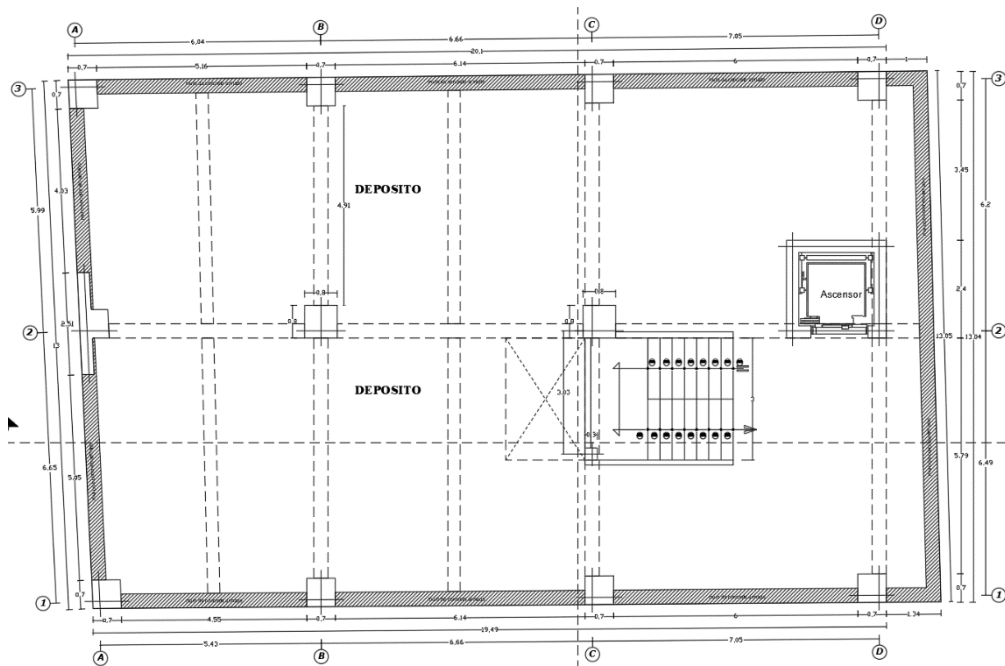
Como se indica en los resultados se alcanzados, los valores del periodo de oscilación fundamental del orden de 1.101 seg. Este dato se encuentra fuera de las demarcaciones de aprobación, pues según el cálculo del periodo fundamental de la estructura elaborado en el estudio estático ( $T=hn/ct=0.635''X''$ ,  $0.847''Y''$ ), aplaza del calculado en el modelo matemático, el cual significa que el edificio es lo suficientemente flexible, para la norma técnica de edificaciones E-030, se pacta que la deriva máxima permitida para edificaciones de albañilería confinada o armada es del orden de 5/1000 se tiene en cuenta para la presente edificación evaluada en el orden de 0.0046 y en construcciones de concreto armado dúctiles que es la dirección y de 7/1000 dando valores de 0.0094.

#### **4.1.3 Vulnerabilidad Sísmica por el método Benedetti Petrini**

En esta sección se procedió a determinar la vulnerabilidad sísmica mediante este método que consiste en la obtención de una cuantificación ponderada de los datos numéricos que expresan la calidad sísmica en cada ítem se analiza según parámetros la calidad estructural y no estructural el cual juega un rol muy significativo en el comportamiento en el análisis sísmico de estructuras de albañilería.

Figura 63

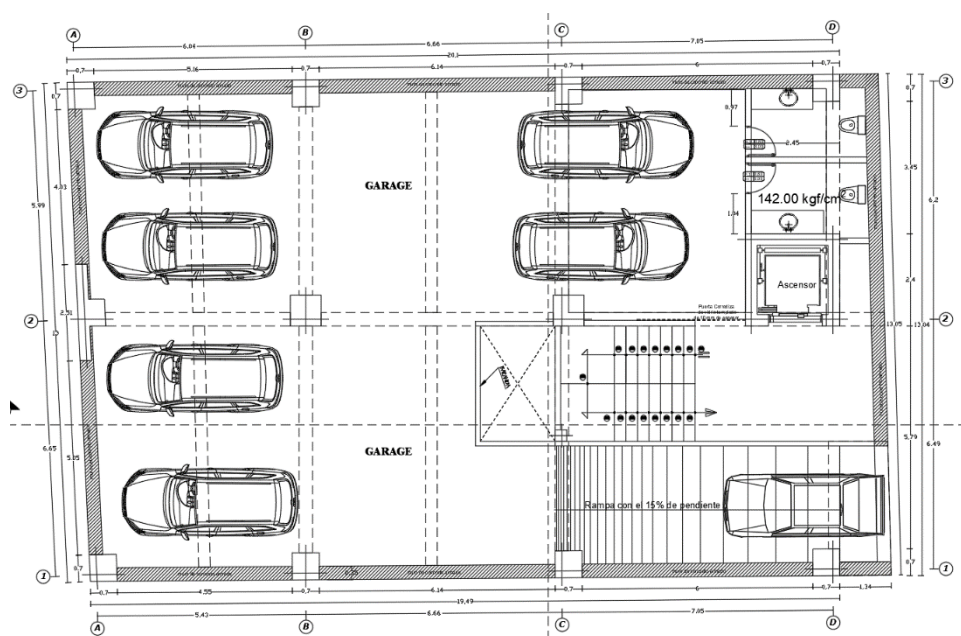
Planta de la edificación -2.



Nota: Distribución del sótano 2.

Figura 64

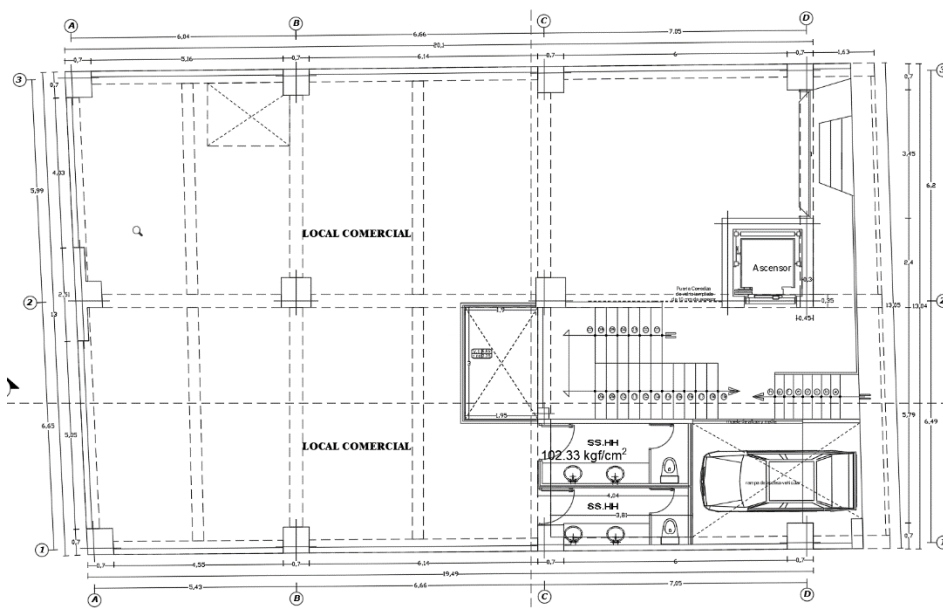
Planta de la edificación -1.



Nota: Distribución del sótano 1.

Figura 65

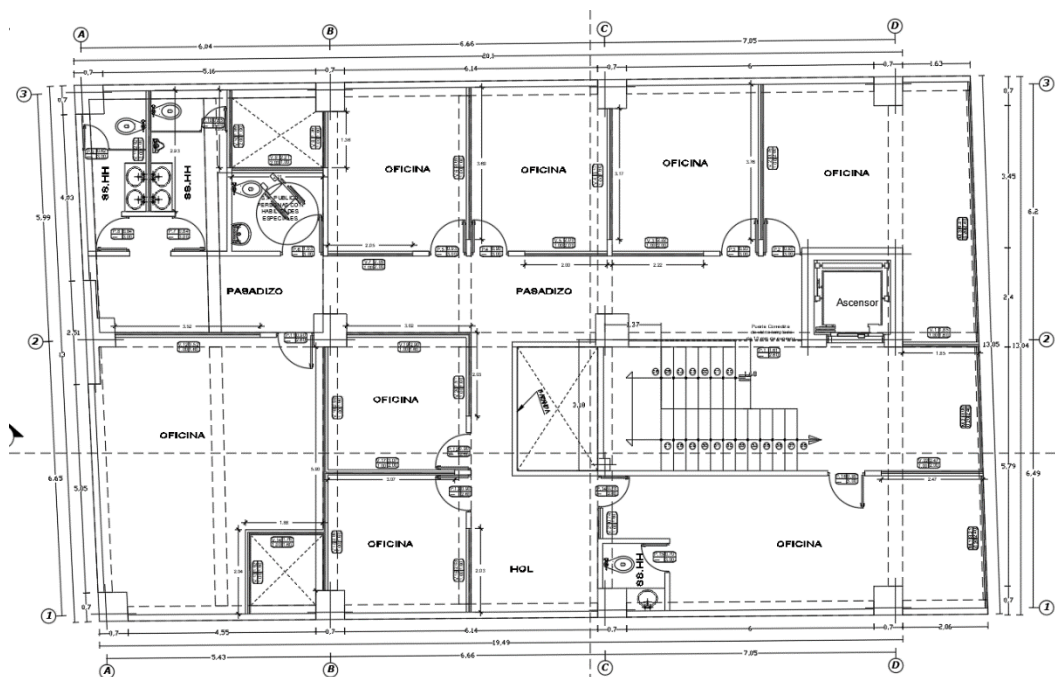
Planta de la edificación 1.



Nota: Distribución del 1er nivel.

Figura 66

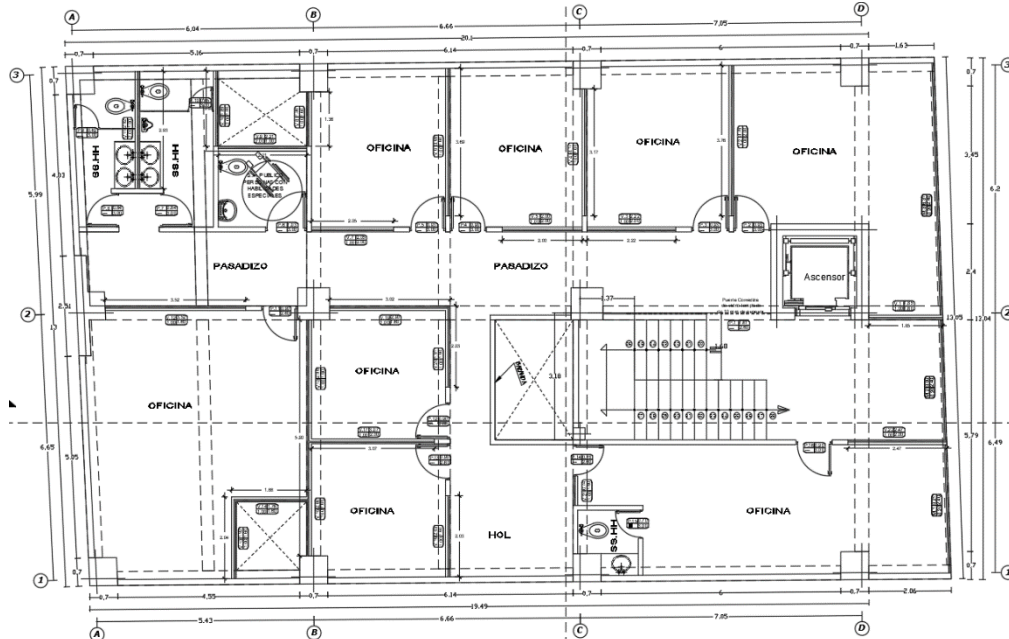
Planta de la edificación 2.



Nota: Distribución del 2do nivel.

Figura 67

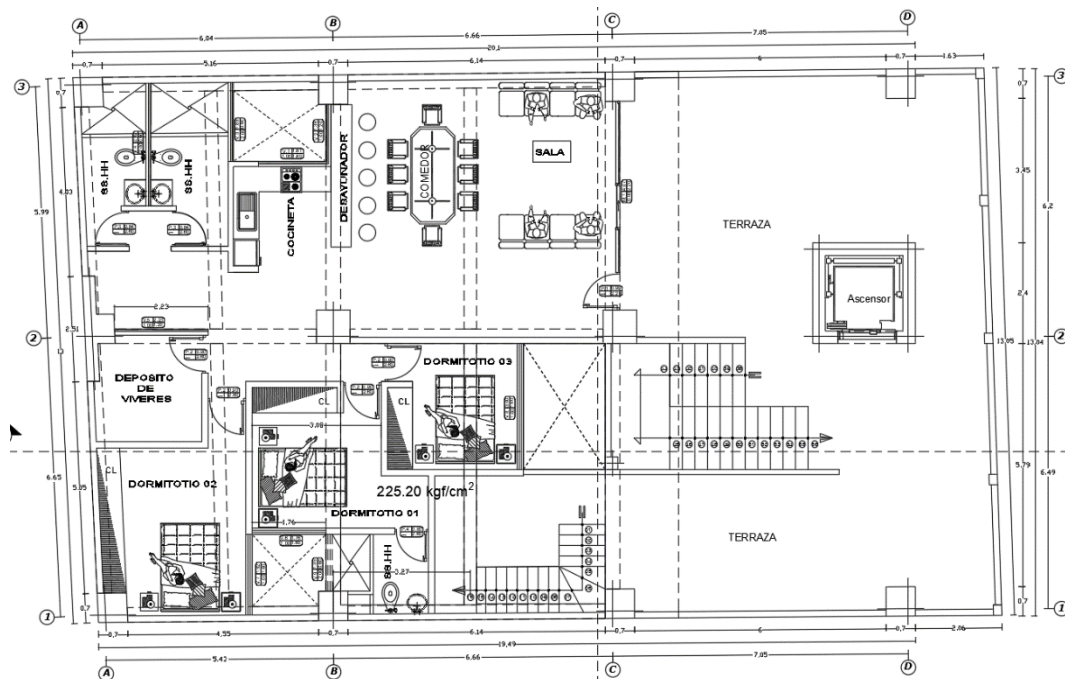
Planta de la edificación 3er a 10mo.



Nota: Distribución del 3er a 10mo nivel.

Figura 68

Planta de la edificación terraza.



Nota: Distribución de la terraza.

Datos adicionales:

Número de pisos: 12

**Tabla 40***Altura de la edificación.*

-2°	-1°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°
2.90	3.20	3.55	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	2.8	2.8

*Nota:* Altura de entresijos de la edificación.

Altura promedio de entre piso: 3.15 m

Altura de la edificación: 44.05 m

Longitud en X: 20.65 m

Longitud en Y = 12.80 m

**Parámetro 1: Tipo organización de sistema resistente**

En el diseño y construcción de la edificación se consideró la NTP E.070 albañilería y verifíco con una supervisión técnica adecuada. Se asigna según la figura.

**Tabla 41***Tabla para asignación del parámetro 1.*

A	Cumple con la NTE E.070 Albañilería
B	No cumple con la NTE E.070 Albañilería
C	Las columnas y vigas confinan parcialmente los muros.
D	Sin columnas ni vigas o autoconstrucción

*Nota:* Como no cumple al 100% con la NTE, pero si parcialmente esta confinada con vigas y columnas por lo tanto se le asigna la clase B para la orientación longitudinal y para la dirección ortogonal un sistema dual.

**Parámetro 2: Calidad del sistema resistente**

El edificio está constituido por muro de mampostería con ladrillos King Kong de 18 huecos según la inspección realizada, presentando buena trabazón y un aglomerante de calidad para la dirección longitudinal y para la dirección ortogonal un sistema dual. Para la clasificación de este parámetro, se considera:

**Tabla 42**

*Encuesta para determinar la eficacia del sistema resistente.*

Presenta ladrillos de buena resistencia y calidad	
<b>SI</b>	<b>NO</b>
Correcto amarre entre los ladrillos .	
<b>SI</b>	<b>NO</b>
Juntas de mortero con el espesor de 10-15mm.	
<b>SI</b>	<b>NO</b>

*Nota:* La construcción no cumple con todos los aspectos, por ello, se le fija la clase B.

### **Parámetro 3: Resistencia Convencional**

**a). - Área de los muros portantes en X (Ax) y Y(Ay):** Primero, se computa el área de los muros de carga, como el edificio no está comprendida en la muestra, este dato lo obtenemos al reemplazar el área construida en el primer nivel (At) multiplicado por el número de pisos (N), en la ecuación de las curvas de albañilería.

$A_x = 0.0063x(AtxN)^{1.2586}$  Álgebra del área de muros de carga en el eje X(Ax), para edificaciones de albañilería.

Reemplazando:  $A_x = 167.34479$

$A_y = 0.1377x(AtxN)^{0.8232}$  Álgebra del área de muros de carga en el eje Y(Ay), para edificaciones de albañilería de 1 nivel:

Reemplazando:  $A_y = 107.81355$

**b). - Resistencia cortante más desfavorable (VR):** se determina por:

$V_x = 1.82 \text{ ton/m}^2$   $V_y = 0.77 \text{ ton/m}^2$

$VR = \min (A_x, A_y) \times V$

$A_x = 304.5675$ ,  $A_x = 84.09457$

**c). - Peso del inmueble que ha resistido por la estructura (w):** se calcula según la fórmula:

$$W=Nx(Ax+Ay)xhxPm+MxPsxAt+AotxPot+AcxPc$$

**Tabla 43**

*Definición de los valores de formula.*

Donde:			
h=	Altura promedio de entrepiso.	3.15	m
Pm=	Peso de la mampostería	1.8	tn/m <sup>3</sup>
M=	Cantidad de diafragmas horizontales	1	
Ps=	Peso de la losa	0.3	tn/m <sup>2</sup>
Ac=	Área de la cubierta	0	m <sup>2</sup>
Pc=	Peso de la cubierta	0	tn/m <sup>2</sup>

Reemplazando se tiene:

$$W=4565.69 \text{ tn}$$

**d). - Coeficiente sísmico resistente (CSR):** se calcula por:

$$CSR = VR/W, \text{ Reemplazando}$$

$$CSR=0.0667078$$

**e).- Coeficiente sísmico exigido (CSE):** se definirá por:

Aplicando la NTE E.030 Diseño Sismorresistente

Como el distrito de Abancay se ubica en una zona sísmica 2, se determina que Zona 2 = 0.25g y se establece que S=1.20, porque el distrito de Abancay se ubica en la zona sísmica 2 y muestra un perfil tipo S<sub>2</sub>, suelos intermedios, es decir, con un aumento progresivo de las propiedades mecánicas con una profundidad S<sub>2</sub>=1.20. Periodo corto T<sub>p</sub>=0.6 y período Largo T<sub>L</sub>=2.0, El factor de uso para este tipo de edificación es U=1.0.

T(Periodo fundamental de vibración):

$$T=h/C_t, \quad C_t \text{ según la E.030} = 60$$

$$T=0.6292\text{seg}$$

$$CSE=ZUCS/R$$

$$CSE=0.25$$

f). - **Demanda de ductilidad (DD)**: se definirá por:

**Tabla 44**

*Definición del valor de la resistencia convencional.*

Resistencia convencional	
Parámetro N° 3. Resistencia convencional	
Se considera lo siguiente	
A.	$\alpha h \geq 1.20$
B.	$0.60 \leq \alpha h < 1.20$
C.	$\alpha h < 0.60$

*Nota:* Rangos para definir el parámetro 3 del método.

$$DD = \frac{CSE}{CSR}$$

$$DD=3.7476$$

Como DD es mayor que 0.60, se le asigna la clase A

**Parámetro 4: Posición del edificio y de la cimentación.** La propiedad esta cimentada en un perfil tipo S<sub>2</sub> que es un suelo intermedio o medianamente rígidos. Además, como se visualiza en su interior se puede apreciar falta de acabados. Para clasificar el parámetro 4, se considera:

**Tabla 45**

*Para determinar condiciones de la cimentación.*

Que este cimentada en suelo rígido.	SI
Cumplimiento de la norma NTE e. 070.	NO
Inexistencia de sales o humedad	NO
Buen estado de conservación	SI

**Tabla 46**

*Cuadro para determinar valores del parámetro 4.*

CLASE A	Cumple con todas las características
CLASE B	Cumple con 3 características, pero esta cimentada en un suelo intermedio y flexible
CLASE C	Cumple con 2 características, pero esta cimentada en un suelo intermedio y flexible además tiene presencia de sales o humedad.
CLASE D	No cumple con ninguna característica

Parámetro 5: Diagramas horizontales. La construcción presenta una losa aligerada en muy buenas circunstancias. La cuantificación 5 se considera clase A si la edificación tiene una losa maciza y aligerada, con las siguientes particularidades.

**Tabla 47**

*Tabla para determinar diafragmas horizontales.*

Ausencia de desnivel	si
Mínima deformación del diafragma.	si
Buena conexión entre los muros y el diafragma.	si

**Tabla 48**

*Clase de la edificación para el parámetro 5.*

A	Cumple con todas las características
B	No cumple con 1 característica
C	No cumple con 2 características
D	No cumple con ninguna característica

*Nota:* cuadro descriptivo para clasificación del parámetro 5.

Dicha edificación no cumple dos de las características mencionadas así que se le asignara la clase A.

**Parámetro 6: Configuración en planta.** Se calcula a través de:

$IR = \max(IR_x \text{ y } IR_y)$ , resolviendo se tiene:

$IR = 8.77$  Como  $IR$  es mayor que 0.75, según el cuadro le corresponde la clase C.

**Tabla 49**

*Asignación de la clase para el parámetro 6.*

<b>Configuración en planta</b>	
<b>Parámetro N°6 Configuración en planta</b>	
Se considera lo siguiente	
A.	$IR \leq 0.25$
B.	$0.25 < IR \leq 0.75$
C.	$IR > 0.75$

*Nota:* Valores de determinan la clase de la edificación.

**Parámetro 7: Configuración en elevación.** Dicha edificación solo posee 12 niveles, el cambio de masa es igual a cero.

**Tabla 50**

*Configuración de elevación.*

<b>Configuración de elevación</b>	
<b>Parámetro 7: Configuración de elevación</b>	
Se considera lo siguiente:	
A.	$RL > 0.66$
B.	$0.33 < RL \leq 0.66$
C.	$RL \leq 0.33$ Presenta irregularidades en el sistema resistente vertical

*Nota:* Cuadro para clasificar el parámetro 7 del método.

$RL = H-T/H$ , reemplazando tenemos  $RL = 1$

Como  $RL$  es mayor que 0.66 le corresponde la clase A

**Parámetro 8: Distancia máxima entre los muros y conexiones entre los elementos críticos, Calcula L/S, donde:**

$S=0.15$  m, que es el espesor de muro maestro.

$L=7.05$  m, que es el máximo espaciamiento entre muros transversales.

Reemplazando:

$L/s=47$ . Conforme a la figura, como  $L/S$  es superior a 25, se le asigna D.

**Parámetro 9: tipo de cubierta.** La propiedad posee una losa aligerada plana en óptimas condiciones y con una unión adecuada en los muros. Para la clasificación del parámetro 9, se toma en cuenta.

**Tabla 51**

*Parámetro 9 tipo de cubierta.*

Cubierta estable y plana	SI
Adecuada conexión entre cubierta y muro	No
Cubierta de material liviano	No
Cubierta en buen estado	No

**Parámetro 10: Elementos no estructurales.** Están los elementos pequeños, de confinamiento como columnetas y viguetas, así como también antenas de transmisión o teléfono, conectados decentemente al sistema estructural resistente, también la edificación tiene un volado en buenas condiciones. De acuerdo al análisis, le corresponde la clase A

**Tabla 52**

*Clasificación para elementos no estructurales.*

Clase A	Cumple con todas las características
Clase B	Cumple con 3 características, pero es inestable
Clase C	Cumple con 2 características, pero es inestable y está en mal estado
Clase D	No cumple con ninguna característica

*Nota:* Cuadro del parámetro N°10 Benedetti Petrini.

**Figura 69**

*Elementos no estructurales.*



*Nota:* Vista de los trabajos que se vienen realizando.

**Figura 70**

*Elementos no estructurales columnetas.*



*Nota:* Vista de los trabajos que se vienen realizando.

**Parámetro 11: estado de conservación.** El inmueble se encuentra en proceso de acabados razón por la cual se le observa algunos errores constructivos por lo que se considerara ligeramente dañado la siguiente tabla se le asigna la clase B.

**Tabla 53**

*Calificación del estado de conservación.*

Estado de conservación	
Parámetro N° 11 Elementos no estructurales	
Se considera lo siguiente:	
A	Buen estado .
<b>B</b>	<b>Ligeramente dañado.</b>
C	Mal estado de conservación.

**Figura 71**

*Imagen de arranque de escalera.*



*Nota:* Arranque de escalera.

**Figura 72**

*Vista desde el exterior de la edificación.*



*Nota: Vista en el momento de ejecutar la investigación.*

### Índice de Vulnerabilidad (Iv)

**Tabla 54**

*Escala de vulnerabilidad según el método Benedetti y Petrini.*

PARAMETROS	CLASE $K_i$				PESO $W_i$	$K_i \cdot W_i$
	A	B	C	D		
1. Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1	5
2. Eficacia del sistema resistente	0	5	20	45	1	5
3. Resistencia Convencional	0	5	20	45	1	0
4. Situación del edificio y cimentación	0	5	20	45	1	20
5. Diafragma horizontal	0	5	20	45	1	0
6. Configuración en planta	0	5	20	45	1	20

7. Configuración en elevación	0	5	20	45	1	0
8. Distancia máxima entre muros	0	5	20	45	1	45
9. Tipos de cubierta	0	5	20	45	1	20
10. Elementos no estructurales	0	5	20	45	1	5
11. Estado de conservación	0	5	20	45	1	5
<b>SUMATORIA TOTAL DE Ki*Wi</b>						<b>125</b>

*Nota:* la edificación se clasificará según su puntaje dentro de la tabla 55

### Tabla 55

*Clasificación del nivel de vulnerabilidad.*

	<b>VULNERABILIDAD</b>	<b>RANGO IV</b>
A=	VULNERABILIDAD BAJA	0 - 95.63
B=	VULNERABILIDAD DE MEDIA A BAJA	95.630 - 191.30
C=	VULNERABILIDAD DE MEDIA A ALTA	191.30 - 286.30
D=	VULNERABILIDAD ALTA	286.30 - 382.50

*Nota:* La edificación obtuvo un valor de 125 por lo que su vulnerabilidad es de media a baja

De todo lo presentado en esta tesis se puede concluir que el edificio se comporta de manera un tanto flexible en caso de sismos, se puede establecer que se presentan deformaciones en los primeros niveles después de los 2 sótanos, debido a la presencia de estos ubicado al sur y norte.

En los pisos siguientes, se puede apreciar tabla 35, que las distorsiones son las mayores teniéndose valores de 4.6/1000 para la dirección "X" y 9.4/1000 para la dirección "Y", por lo que en tema de distorsión para el Y está ligeramente superior al establecido en la E.030. Si consideramos que durante un terremoto el edificio a des liberado en deformaciones, se puede decir que el edificio al ser flexible, en el sentido "Y", maximiza sus fuerzas los niveles intermedios, primariamente en los vértices donde hay una transición de material (en la junta de tabiques de albañilería con la estructura de muros estructurales). Así se confirma con el registro fotográfico adjunto a este estudio presentándose, no se observaron grietas en la inspección realizada.

De los valores calculados en el modelo, obtenidos mediante estudio estático y análisis espectral también para los, computados en el modelamiento analítico, se discierne que el edificio no está preparado aguantar la combinación de esfuerzos sísmicos, las aceleraciones espectrales que se utilizaron para realizar el análisis sísmico (análisis lineal), se obtuvo siguiendo la norma de diseño sísmico NTP E.030, los coeficiente de cortante tanto para la orientación X y Y están fuera de la zona plana del espectro, evitándose valores máximo de cortante para la orientación X y Y, dichos valores recaen en la pendiente de la curva.

#### **4.2 Discusión de Resultados**

Se tiene los efectos según el objetivo general, llegándose a obtener resultados de patologías estructurales como se pudo evidenciar, falta de control en la ejecución de trabajos como no aislar correctamente en los elementos resistentes estructurales de los no estructurales, incorrecto planteamiento o falta de disposición de elementos correctos en arranque de las escaleras, incorrecta colocación de cajas de paso u octogonales observándose su colocación en las viguetas, así mismo del análisis lineal se pudo evidenciar presencia de irregularidad en planta, teniendo torsión para la edificación esto debido a que el centro de masas de la edificación difiere del centro de rigideces, por otra parte mediante la evaluación del método italiano se llegó a determinar que la edificación presenta una vulnerabilidad de media a baja, concluyéndose de manera analítica y representativa que la evaluación estructural realizada a la edificación está relacionada con la vulnerabilidad de la misma.

Se obtuvieron los siguientes resultados en función al primer objetivo específico, las inspecciones realizadas a la edificación en análisis, así como los ensayos realizados al estrato de apoyo de la cimentación, se llegó a establecer primeramente que el estrato de apoyo se clasifica como un suelo  $S_2$  suelo intermedio, teniendo el suelo una propiedad regular según la E.030, asignándose velocidades de onda de 180m/s a 500m/s, es un suelo con cualidades de amplificar levemente las ondas sísmicas, se traduce que el el

emplazamiento de los suelos donde se realizó el trabajo es de riesgo medio a bajo, así mismo en las inspecciones realizadas se llegó a encontrar patologías como falta de elementos aisladores de los elementos estructurales, de los no estructurales esto desencadenaría ante un posible sismo fenómenos como columna corta, así mismo se observó deficiencias en el proceso constructivo como una mala ubicación de las cajas octogonales, mala ubicación de las cajas de pase, encontrándose en los elementos estructurales como son las viguetas y muros estructurales.

Se obtuvieron los siguientes resultados en función al objetivo determinado como segundo, con el estudio lineal efectuado de acuerdo a lineamientos presentados en la norma afines, la norma E.030 Diseño sismorresistente, se concluye que para los parámetros planteados en dicha norma y para el tipo de edificación, esta presenta irregularidad por torsión y esto incide en la conducta óptima para resistir fuerzas horizontales y a su vez se comprueba que la edificación es flexible en la dirección Y tabla 35, teniéndose valores fuera de los parámetros aceptables, se tiene valores de derivas de entrepiso de 4.6/1000 para valores en la orientación X y de 9.4/1000 para la orientación Y, cuando la norma lo limita a 5/1000 y 7/1000 respectivamente para este tipo de edificación. Las columnas ejecutadas en la edificación no cumplen con los rangos establecidos en la NTP E.030, los desplazamientos laterales permisibles están fuera del rango estipulado en la normativa, insuficiencia en los aceros longitudinales en vigas debido a la torsión generada por la configuración, en la edificación se identifica este tipo de irregularidad, esto generaría ante un posible evento sísmico que no soporten esfuerzos. Para un metodología basado en un diseño de fuerzas ultimas, los aceros propuestos no cubren las demandas solicitadas, para diseños por torsión traduciéndose según esta normativa a aumentar la vulnerabilidad de dicha construcción, por lo que la construcción tiene que ser reforzada para llegar a cumplir los parámetros establecidos según la normatividad vigentes, las características encontradas de la estructura aportan a tipificar la construcción en un jerarquía de vulnerabilidad media a baja.

Para el tercer objetivo determinado, como se vio en el desarrollo de esta tesis, se obtuvieron valores ponderados, según la configuración en planta y altura, así como su ubicación de zona sísmica, entre otros, resultando, en definitiva, los probables daños estructurales producidos al edificio por los sismos propuestos en la normativa E.030 se clasifican en una jerarquía de vulnerabilidad media-baja, pudiendo producirse grietas de corte y torsión en las partes estructurales. Cabe mencionar que durante la inspección realizada y recogida en el foto panel, es posible identificar diversas patologías constructivas, por ejemplo: columnas cortas, debido a que no se aprecia la correcta disociación de los elementos estructurales de los no estructurales, así como no se llegó a identificar elementos de confinamiento como son las columnetas y viguetas que confinan los tabiques, con base al objetivo trazado, se concluye que las peculiaridades encontradas aumentan considerablemente su vulnerabilidad, debido a que aseguran una distribución desigual de fuerzas en los elementos estructurales y esto más las irregularidades añadidas, al analizarlas, cambian el comportamiento general, dándole un torque como se demuestra en el segundo objetivo.

## CONCLUSIONES

Según el objetivo general, se determinó por medio de las inspecciones realizadas, el análisis lineal mediante el programa Etabs v.20.0.0 y mediante el método italiano de Bendetti Petrini, la evaluación estructural en la edificación analizada es de vulnerabilidad media a baja, cabe mencionar que esta edificación tiene irregularidad torsional que hace que sus elementos estructurales individuales como vigas y columnas estén sometidas a esfuerzos de torsión superiores a las que estas fueron diseñadas o calculadas, así mismo según la evaluación realizada en el edificio, la edificación no es capaz de superar la distorsión de entrepisos para la dirección Y, concluyéndose de forma expresiva, cuantitativa según valores obtenidos una vulnerabilidad media a baja acciones sísmicas.

- a) Se concluye de manera descriptiva que en la edificación no se tuvo un control en el proceso constructivo o si lo tuvo fue defectuoso, encontrándose patologías como las mencionadas en el capítulo IV, estos aportan a aumentar la vulnerabilidad de la misma, del mismo modo se evidenció que la edificación está emplazada sobre un estrato catalogado como suelo GC-GM con un perfil de suelo  $S_2$  (suelo intermedio), en este sentido se llegó a establecer que la construcción presenta vulnerabilidad menor debido a presentar un suelo semi rígido o intermedio, a menor peligro, menor riesgo, así mismo de la evaluación realizada a la estructura se notó que no existe un adecuado aislamiento o elementos separadores del sistema estructural, del no estructural (ver anexo parte del panel fotográfico), así como ausencia de elementos de confinamiento para los tabiques por ende, se pudo visualizar en la estructura las columnas cortas, ver figuras 69 y 70.
- b) Se concluye de la evaluación del comportamiento estructural según resultados obtenidos por el software Etabs con procedimientos indicados en la Norma Técnica Peruana E.030 del análisis lineal, se llegó a comprobar que la edificación demuestra irregularidades para la planta, para la dirección Y, encontrándose valores para el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

$R_x=3 \times 1 \times 0.75=2.25$  y  $R_y=7 \times 0.75 \times 1=5.25$ , como se planteo en las tablas N°25 al N°28, proyectando un periodo fundamental de 1.101 seg. tabla 34, tomando como guía la normatividad E.030 debió estar en el orden de 0.70 seg. Tipificándose la edificación evaluada como edificación flexible y por consecuencia se tiene desplazamientos horizontales del orden de hasta 4.6/1000 cuando la E.030 establece como máximo 5/1000, para la dirección X y de 9.4/1000 cuando la E.030 establece como máximo 7/1000, para la dirección X, por todo lo nombrado se concluye que la construcción no cumple con la rigidez exigida como necesaria en los elementos estructurales para soportar las fuerzas generados por las acciones sísmicas, se relacionan claramente con una vulnerabilidad de media a baja.

- c) Se concluye, de la evaluación según el índice de vulnerabilidad de Benedetti Petrini planteados para el cumplimiento del objetivo 3, se llegó a la conclusión que la edificación está clasificada dentro del rango de media a baja vulnerabilidad, por lo desarrollado en el capítulo 4.1.3 así como las tablas 54 y 55.

## RECOMENDACIONES

Se encomienda recurrir a métodos modernos para plantear opciones de solución a la construcción existente, de modo que se pueda cumplir con los lineamientos establecidos en las normas aplicables al diseño sismo resistente y así mitigar la vulnerabilidad sísmica ante la ocurrencia de un fortuito evento sísmico.

- a) Se recomiendan de ser posible realizar pruebas de microtremor de refracción (ReMi) para futuras evaluaciones de cimientos para establecer un perfil detallado de velocidad de onda cortante a diferentes depresiones.
- b) Se recomienda para mitigar el fenómeno de torsión estructural redistribuir de mejor manera las masas y las rigideces de los elementos estructurales de tal manera que estas converjan en puntos cercanos y mejorar los elementos que resulten críticos, para ello se pudiera incorporar de fibras de vidrio, por ejemplo, el encamisado de los pilares en los primeros pisos de la edificación.
- c) Se recomienda el aislamiento adecuado de los elementos no estructurales de lo que, si son estructurales, los elementos como muros no portantes deben estar aislados de las columnas y vigas correctamente, para lo cual deben contar con elementos de confinamiento como son viguetas y columnetas para confinar los muros no portantes o tabiques.
- d) Se recomienda para mitigar el deterioro estructural que pudiera generar estas patologías presentadas en esta tesis su reparación y/o reforzamiento y/o reemplazo de ser el caso, esté realizado por personal debidamente competente a partir la proyección hasta la ejecución y termino, conviniendo contar con implementos de salvaguardia colectiva e individual con el objetivo de evitar accidentes.
- e) Cabe mencionar que la universidad debe enviar una copia los propietarios para informarles de las circunstancias y conclusiones que llevaron a identificar su vulnerabilidad en el edificio.

**BIBLIOGRAFIA**

- Abad, A. J., & Ramírez, V. I. (2023). *Análisis vulnerabilidad sísmica de una estructura dual de 7 pisos, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/111172/Abad\\_AJC-Ram%c3%adrez\\_VIV-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/111172/Abad_AJC-Ram%c3%adrez_VIV-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Aguilar Galvez, G. A. (2021). Vulnerabilidad estructural y diseño simoesistente en la viviendas del AA.HH. el Progreso del distrito de Carabaylo. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. Lima. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4829>
- Aguilar Iza, L. D. (2015). Evaluacion estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta de reforzamiento de la institucion Honrar la vida del D.M.Q. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UNE. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5300>
- Aguirre Paulini, V. M., & Sandoval Valenzuela, A. A. (2019). Vulnerabilidad sismica aplicando el metodo Hirosawa en la institucion educativa Elvira Garcia y Garcia - Chiclayo - Peru. [Tesis de pregrado, Universidad San Martin de Porres]. Repositorio Institucional USMP. Chiclayo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5958>
- Alva, G. D., & Rojas Noriega, E. A. (2019). "Vulnerabilidad sísmica de viviendas de albañilería confinada del centro poblado". Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50723?show=full>
- Alvarado Mejia, L. Y., & Palomino Benites, S. A. (2015). Determinacion del esfuerzo de preconsolidacion para el calculo de asentamientos de suelos finos de la zona de Asari - Cuzco. [Tesis de pregrado, Universidad Ricaldo Palma]. Repositorio

- Institucional URP*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2246>
- Arevalo Casas, A. S. (2020). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones en el A.H. San José, distrito de San Martín de Porres. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ingeniería Aplicada]. Repositorio Institucional UPC. Lima, Peru. doi:<http://doi.org/10.19083/tesis/648665>
- Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación* (6° ed.). Caracas: Episteme C.A. Obtenido de <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Arone Huallpa, A. M. (2022). *Evaluación de patologías del concreto y vulnerabilidad sísmica en una vivienda autoconstruida del AA.HH. Siglo XXI, Ilo - Moquegua, 2020*. Moquegua. Obtenido de <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1644>
- ASCE/SEI 41-17. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Virginia .
- Auccahuasi, Q. O. (2022). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del diseño estructural del pabellón de ingeniería de minas de la sede central de la unamba*. (U. N. Apurímac, Ed.) Abancay. Obtenido de <https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1189>
- Barrera Ramos, O. E., & Nieves Corredor, O. D. (2015). Determinación de la vulnerabilidad en las casas coloniales ubicadas en el barrio de San Diego de la Ciudad de Cartagena. [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Institucional UC. Cartagena, Bolívar, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2069/TEISIS%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Beauperthuy U., J. L., & Urich B., A. J. (2009). El efecto de la columna corta estudio de casos. *B.R.S. Ingnieros, C.A.* Obtenido de [https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci27\\_el\\_efecto\\_de\\_columna\\_corta\\_casos\\_de\\_estudios.pdf](https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci27_el_efecto_de_columna_corta_casos_de_estudios.pdf)
- Bedoya Ruiz, D. A. (2005). Estudio de resistencia y vulnerabilidad sísmicas de viviendas de bajo costo estructuradas con ferrocemento. [*Tesis doctoral, Universidad Politecnica de Cataluña*]. *Repositorio Institucional UPC*. Barcelona, Barcelona, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/93560>
- Bermudez Chavez, L. A., & Piscoya Polo, D. A. (2021). Analisis de la vulnerabilidad sismica de viviendas autocontruidas en Buenos Aires, distrito de Victor Larco Herrera, Trujillo, la Libertad 2021. [*Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte*]. *Repositorio Institucional UPN*. Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/28870>
- Blanco, B. A. (1994). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. <https://aportealaingcivil.blogspot.com/2016/01/estructuracion-y-diseno-de.html>.
- Cadena Alarcón, S. H., Hernández Lurán, J., & Parra Meneses, D. A. (2017). “*Evaluación de vulnerabilidad sísmica del edificio de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia*”. Obtenido de <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5535>
- Cajan Hernandez, N. A., & Falla Lecca, X. C. (2020). Vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti - Petrini de las edificaciones Categoría C descritas en la norma E.030 de Nueve sectores de la ciudad de Reque, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. [*Tesis de pregrado, Universidad de San Martin de Porres*]. *Repositorio Institucional USMP*. Lima, Peru. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/7467>

- Calcina Peña, R. M. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal*. Tacna. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/499>
- Campos, A. V. (2004). "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio existente: Clínica San Miguel de Piura". Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1367/ICI\\_120.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1367/ICI_120.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Cárdenas Hernández, F., & Cepeda Isidro, C. (2016). *Prototipo a escala de un modelo de resonancia en edificaciones para el laboratorio de ingeniería civil de la universidad católica de Colombia*. Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13936/6/Art%C3%ADculo%20de%20un%20prototipo%20a%20escala%20de%20un%20modelo%20de%20resonancia%20en%20edificaciones.pdf>
- Casas, A. S. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones en el A.H. lima*. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648665/ArevaloC\\_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/648665/ArevaloC_A.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Castro Márquez, F. (2003). *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración* (segunda ed.). Caracas: Uyapar. Obtenido de <https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=9590>
- Centro nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*. CENEPRED, 248. Obtenido de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>

- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas. (s.f.). Perú. Obtenido de <http://www.cismid.uni.edu.pe/>
- CGM Servicios Generales S.R.L. (2020). <https://www.cgmser.com/quienes-somos>. Obtenido de <https://www.cgmser.com/evaluaciones-estructurales>
- Chávez Ordóñez, B. A. (2016). Evaluacion de la vulnerabilidad sismica de las edificaciones de la ciudad de Quito - Ecuador y riesgo de perdida. [*Tesis de Posgrado , Escuela Politecnica Nacional*]. Repositorio Institucional EPN. Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16537>
- CIRES A.C. (2014). *Blog oficial del CIRES A.C.* Obtenido de <https://blogcires.mx/2014/05/27/historia-de-la-sismologia/>
- Correa, C., & Lozada, A. (2011). Evaluacion de la vulnerabilidad sismica de edificaciones aporticadas tipo I segun los parametros geometricos establecidos en las normas Covenin 1756 y Fondorama 1753 vigentes en Venezuela. [*Tesis de pregrado, Universidad Central de Venezuela*]. Repositorio Institucional UCV. Caracas, Caracas, Venezuela. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/190488?show=full>
- Cunalata, F., & Caiza, P. (2022). *Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador*. Obtenido de [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-01292022000300055&script=sci\\_arttext](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-01292022000300055&script=sci_arttext)
- Department of Homeland Security. (2005). FEMA 440 IMPROVEMENT OF NONLINEAR STATIC SEISMIC ANALYSIS PROCEDURES. Washington, D.C.
- Eden Capcha Ingenieria. (2017). *Ingenieria de estructuras - analisis no lineales*. Obtenido de Ingenieria de estructuras - analisis no lineales: <https://ceaingenieria.blogspot.com/2017/01/comportamiento->

estructural.html#:~:text=El%20comportamiento%20estructural%20es%20la,son%20conocidas%20usualmente%20como%20relaciones

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). (2022). <https://www.csic.es/>.

Obtenido de [https://www.csic.es/es/el-csic/etica/etica-en-la-](https://www.csic.es/es/el-csic/etica/etica-en-la-investigacion#:~:text=La%20%20C3%A9tica%20en%20la%20investigaci%C3%B3n,el%20progreso%20de%20la%20sociedad.)

investigacion#:~:text=La%20%20C3%A9tica%20en%20la%20investigaci%C3%B3n,el%20progreso%20de%20la%20sociedad.

Esparraga Silvera, G. L. (2021). *Correlación entre las patologías y la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de adobe del distrito de Llacanora*. Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30338>

Espinoza Cotrina, G. (2020). Vulnerabilidad sísmica a través del método Misaya Hiroswawa en el edificio municipal de San Miguel. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/53046>

FEMA 356. (2000). PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS. En F. E. AGENCY. Washington, D.C.

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas. (Diciembre de 2006). <http://www.funvisis.gob.ve/>. Obtenido de <http://www.funvisis.gob.ve/>: <http://www.funvisis.gob.ve/old/noticia.php?id=45>

Garcés Mora, J. R. (2017). Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio de San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali. [Tesis de Grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Institucional UMNG. Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/16248>

Guerra, U. G. (2022). "Análisis y diseño estructural con el software ETABS de un edificio comercial de 5 niveles de concreto armado, Huanuco-Huanuco-2022. Huanuco:

Universidad de Huanuco. Obtenido de

<http://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/4007?show=full>

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6° ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Obtenido de

[https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)

Hoyos Saucedo, M. W. (2014). Analisis de la vulnerabilidad y riesgo de la edificaciones en el sector Morro Solar Bajo, Ciudad de Jaen - Cajamarca. [*Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca*]. *Repositorio Institucional UNC*. Jaen, Cajamarca, Perú. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/548>

Huarcaya, M. H., & Sánchez Contreras, A. (2017). "*Analisis de la vulnerabilidad Sismica de las Viviendas Autoconstruidas de la Urbanizacion Bella Vista de la ciudad de Abancay, Apurimac*". Abancay: Universidad Tecnológico de los Andes .

Huashua Huarcaya, M., & Sanchez Contreras, A. (2017). Analisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Autoconstruidas de la Urbanizacion Bella Vista de la Ciudad de Abancay Apurimac. [*Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes*]. *Repositorio Institucional UTEA*. Abancay, Apurimac, Peru. Obtenido de <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/51>

Instituto Geofísico del Perú. (s.f.). Perú. Obtenido de <https://www.gob.pe/igp>

Instituto Nacional de defensa Civil. (s.f.). Perú. Obtenido de <http://www.indeci.gob.pe>

Laucata Luna, J. E. (2013). Analisis de la vulnerabilidad sismica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo. [*Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú*]. *Repositorio institucional PUCP*. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4967>

- Lengua, F. M. (2013). *Procedimientos Constructivos Erróneos en Edificios de Concreto Armado* (Pontificia Universidad Católica del Perú ed.). Lima. Obtenido de [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10181/LENGUA\\_MARKO\\_PROCEDIMIENTOS\\_CONSTRUCTIVOS\\_ERRONEOS\\_EDIFICIOS\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10181/LENGUA_MARKO_PROCEDIMIENTOS_CONSTRUCTIVOS_ERRONEOS_EDIFICIOS_CONCRETO_ARMADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, O. A., & Del Re Ruiz, G. (2008). *Evaluación de los métodos de análisis estático no lineal para determinar la demanda sísmica en estructuras aporricadas de concreto armado*. Caracas. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0376-723X2008000300001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-723X2008000300001)
- Lopez, O. A., Coronel D, G., & Rojas, R. (2014). *Índice de priorización para la gestión del riesgo sísmico en edificaciones existentes*. Caracas. Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v29n4/art10.pdf>
- Lozano, J. N. (2021). *"Estudio de vulnerabilidad sísmica y patología estructural del edificio niza en la ciudad de Villavicencio"*. Colombia: Universidad Santo Tomas .
- Malhaber Montenegro, M. A. (2020). Evaluación de vulnerabilidad sísmica utilizando los métodos observacionales INDECI y Benedetti Petrini en el distrito de Chongoyape. [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipan]. Repositorio Institucional USS. Pimentel. Obtenido de <https://1library.co/document/qm0mdmwy-evaluacion-vulnerabilidad-sismica-utilizando-observacionales-benedetti-distrito-chongoyape.html>
- Marquez, J. (2011). *Sobre leyendas*. Obtenido de <http://sobreleyendas.com/2011/03/21/namazu-el-dios-japones-de-los-terremotos/>
- Martinez Cuevas, S. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad Sísmica Urbana Basada en Tipologías Constructivas y disposición Urbana de la edificación. Aplicación en la ciudad de Lorca, Región de Murcia. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica

- de Madrid]. *Repositorio Institucional UPM*. Lorca, Madrid, España. Obtenido de [https://oa.upm.es/30447/1/SANDRA\\_MARTINEZ\\_CUEVAS.pdf](https://oa.upm.es/30447/1/SANDRA_MARTINEZ_CUEVAS.pdf)
- Mattos Castro, F. Y. (2014). Evaluación de vulnerabilidad sísmica del edificio municipal del distrito de Río Negro a través del método de Hirose. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. *Repositorio Institucional UNI*. Satipo - Junín, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2979>
- Morales Marcillo, V. R. (2017). Analisis de la vulnerabilidad sismica de dos viviendas ubicadas en la urbanizacion Acuarela II segun la NEC - 15, Bahia de Caráquez. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. *Repositorio Institucional UNI*. Jipijapa - Manabí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/806>
- Morales Morales, R. (2012). *Diseño en concreto armado*. Lima: ICG. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/2142/disenio-en-concreto-armado-roberto-morales-morales>
- Moreno Gonzáles, C. P. (2014). Analisis de daños estructurales causados por sismos en escuelas publicas de Rep. Dom. [Tesis de maestria, Universidad Politecnica de Cataluña]. *Repositorio Institucional UPC*. Barcelona, Barcelona, España. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24633/20141210%20TFM%20Carmen%20Moreno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morillo Chamorro, D. R. (2021). Vulnerabilidad de edificios ante resonancia sismica en Huancayo por el sismo del 7 de agosto de 2020 Mw=4.9 con la aplicacion de la metodologia de Bazán y Meli. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. *Repositorio Institucional UC*. Huancayo. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10659/1/IV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Morillo\\_Chamorro\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10659/1/IV_FIN_105_TE_Morillo_Chamorro_2021.pdf)

- Mosqueira Moreno, M. A. (2012). Riesgo sísmico en la edificaciones de la facultad de ingeniería - Universidad Nacional de Cajamarca. [*Tesis de progrado, Universidad Nacional de Trujillo*]. Repositorio Institucional UNT. Trujillo, Peru. Obtenido de [file:///C:/Users/W10/Downloads/Tesis%20DoctoradoX%20-%20Miguel%20A.%20Mosqueira%20Moreno%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/W10/Downloads/Tesis%20DoctoradoX%20-%20Miguel%20A.%20Mosqueira%20Moreno%20(1).pdf)
- Muñoz Peláez, A. (2020). Comentarios a la norma Peruana E.030 diseño sísmorresistente. SENCICO. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS\\_A\\_LA\\_NORMA\\_PERUANA\\_E.030\\_DISEÑO\\_SISMORRESISTENTE.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS_A_LA_NORMA_PERUANA_E.030_DISEÑO_SISMORRESISTENTE.pdf)
- Noel Vargas, J. A. (2019). *Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica aplicando el método Italiano para determinar el riesgo sísmico en la viviendas de abobe de la quinta lo virreyes del Rimac*. Lima, Peru. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5985>
- Ortega, C. (Abril de 2010). *ARQUITEXTO*. Obtenido de <https://arquitecto.com/2011/06/la-vulnerabilidad-el-riesgo-sismico/>
- Parra, S. B., & Vásquez, F. P. (2014). *Patología, Diagnóstico Y Propuestas de Rehabilitación de la Vivienda de la Familia Bermeo Alarcón*. (U. D. Cuenca, Ed.) Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123>
- Paucarcaja, G. Z. (2022). *Identificación y evaluación de patología estructural en la institución educativa Inicial N° 919 Vista Alegre Distrito de Río Tambo Provincia de Satipo - 2022*. Ayacucho: Universidad Católica de Trujillo. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-los-angeles-de-chimbote/tesis/tesis-1-2022/30027270>
- Portacio, P. R. (2010). *Problemas de Estructuración Sísmica y Configuración Estructural en las Edificaciones del Centro Histórico de la Ciudad de Sincelejo*. (U. d. Sucre, Ed.) Obtenido de

<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/667/T624.1762%20P839.pdf;jsessionid=CEBD329D98F145598E0E4479FE0EB5B5?sequence=1>

Quispe, O. D. (2022). *“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del diseño estructural del pabellón de ingeniería de minas de la sede central de la unamba”*. Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac .

Quizhpilema Piray, A. E. (2017). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la facultad de ingeniería de la universidad central del Ecuador, utilizando la norma Ecuatoriana de la construcción (NEC-SE-RE, 2015)*. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9608>

Rafael, k. A., & Wong Rafael, W. R. (2021). *“Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Aplicando los Índices de Vulnerabilidad de Benetti y Petrini en las Edificaciones Comunes en la Ciudad de Pomalca”*. Chiclayo: USMP. Obtenido de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8535>

Ramírez Magán, A. M. (2002). Estudio de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del distrito de San Miguel. *[Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional UNI*. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2943>

Religion y Sismos. (2015). *Religion y Sismos*. Obtenido de <https://religionysismos.wordpress.com/religion-y-sismos/>

Rodriguez Jimenez, A., & Pérez Jacinto, A. (s.f.). Metodos Cientificos de Indagacion y de conocimiento. *Revista EAN*, p.179-200.  
doi:<https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>

Rodriguez Zavaleta, J. M. (2005). Aplicación del método Italiano del índice de Vulnerabilidad sísmica en viviendas del asentamiento humano "El Altillo" en el distrito del Rimac. *[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]*.

- Repositorio Institucional UNI*. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2954>
- Salinas Basualdo, R. (2018). Fundamentos de analisis dinamico de estructuras. Obtenido de <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2177/doc2177-contenido.pdf>
- San Bartolomé, A. (2007). Defectos que incidieron en el comportamiento de las construcciones de albañilería en el sismo de Pisco del 15-08-2007. *Pontificie Universidad Catolica del Peru*, 11. Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2007/09/Albanileria-sismo-del-15-08-2007.pdf>
- Sanchez, A. A., Carlos Andres Medina Ángel, & Sebastian Cortes , J. (2021). *“Patologías y Análisis de Vulnerabilidad Sísmica para 11 viviendas ubicadas en Supata, Cundimarca ”*. Bogota: Universidad Santo tomas . Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/42788>
- Sánchez, J. A. (2018). *Patología estructural Institución Educativa Nueva Granada Municipio de Dosquebradas*. Mexico: Universidad Libre Seccional Pereira. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16989/PATOLOGIA%20ESTRUCTURAL%20INSTITUCION%20EDUCATIVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanchez, Z. E. (2018). *Estudio Patológico del Edificio de la Universidad Nacional de Cajamarca - Sede Jaén – Local Central*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1990/T016\\_70880218\\_T.pdf?sequence=1](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1990/T016_70880218_T.pdf?sequence=1)
- Silvestre Miraya, I., & Huamán , N. C. (2019). *Pasos para la elaborar la investigacion y la redaccion de la tesis universitaria*. (A. Cubas, Ed.) Lima, Peru: San Marcos E.I.R.L. Obtenido de

<https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/195/3/Pasos%20para%20elaborar%20la%20investigaci%C3%B3n%20y%20la%20redacci%C3%B3n%20de%20la%20Otesis%20universitaria.pdf>

Socha, J. D., & Rozo Avila, J. D. (2020). *"Evaluacion de vulnerabilidad Sismica y diagnostico de patologia estructural en el municipio de villavicencio, caso de estudio; Edificio la voz del llano" "*. Colombia: Universidad Santo Tomas. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21864>

Universidad Tecnologica de los Andes. (2020). *Reglamento del comite de ética V0.4*. Abancay. Obtenido de <https://transparencia.utea.edu.pe/download>

Urbano Diaz, J. F. (2012). Vulnerabilidad Sismica de las edificaciones del centro poblado Primavera - Vegueta - Huaura. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingenieria]. *Repositorio Institucional UNI*. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2980>

Vargas Alzate, Y. (2013). Análisis estructural estático y dinámico probabilista de edificios de hormigón armado. Aspectos metodológicos y aplicaciones a la evaluación del daño. [Tesis doctoral, Universidad Politecnica de Cataluña]. *Repositorio Institucional UPC*. Barcelona, Barcelona, España. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/94966>

Vásquez Bustamante, O. (2017). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima. Obtenido de [http://www.sancristoballibros.com/libro/reglamento-nacional-de-edificaciones-cd-rom\\_23558](http://www.sancristoballibros.com/libro/reglamento-nacional-de-edificaciones-cd-rom_23558)

Vilca del Aguila, N. E., & Violeta Ramos, R. A. (2020). Analisis de la vulnerabilidad sismica aplicando un estudio geotecnico en la edificacion "residencial las Palomas 160" del distrito de Surquillo. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. *Repositorio Institucional URP*. Lima. Obtenido de [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3855/T030\\_76304108\\_T%20](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3855/T030_76304108_T%20)

%20%20VIOLETA%20RAMOS%2C%20ROBERTH%20ANGEL.pdf?sequence=1  
&isAllowed=y

Villarreal Castro, G. (2009). *Interaccion sismico suelo - esructura en edificaciones con zapatas aisladas*. Lima. Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2009/07/Interaccion-suelo-zapata.pdf>

Vizonde Campos, A. (2004). Evaluacion de la evaluacion sismica de un edificio existente: Clinica San Miguel , Piura. [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. *Repositorio Institucional UP*. Piura.  
doi:[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1367/ICI\\_120.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1367/ICI_120.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Yamin Lacouture, L. E. (2016). Riesgo sísmico de edificaciones en términos de pérdidas económicas mediante integración de costos de reparación de componentes. [Tesis de posgrado, Universidad Politecnica de Catalunya]. *Repositorio Institucional UPC*. Catalunya. doi:<http://hdl.handle.net/10803/385853>

#### **WEB GRAFICA – LINK GRAFICA**

- [https://www.youtube.com/watch?v=sPem\\_vTVXTo](https://www.youtube.com/watch?v=sPem_vTVXTo).
- [https://www.youtube.com/watch?v=-jWF-u\\_qSGM](https://www.youtube.com/watch?v=-jWF-u_qSGM)
- <https://www.youtube.com/watch?v=RvRJg1tqIZ8>
- [https://www.youtube.com/watch?v=\\_EUzWq2tXVw](https://www.youtube.com/watch?v=_EUzWq2tXVw)
- <https://www.youtube.com/watch?v=uLDL5yBgsws>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Xa8K29jzW9g&t=1s>