

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS**

“Relación de la evaluación estructural con la vulnerabilidad sísmica en la edificación de concreto armado de la Galería Comercial Las Américas, en la Ciudad de Abancay – 2022”

Presentado por:

**Bach. HUAMANI VALDERRAMA, Tania**

**Bach. ROJAS PALOMINO, Nehemías Gamaliel**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Abancay – Apurímac – Perú**

**2022**

## **Tesis**

“Relación de la evaluación estructural con la vulnerabilidad sísmica en la edificación de concreto armado de la galería comercial las américas, en la ciudad de Abancay – 2022”

## **Línea de Investigación**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible

## **Asesor:**

MSc. Ángel Maldonado Mendivil



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

**“RELACIÓN DE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON LA  
VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO  
DE LA GALERÍA COMERCIAL LAS AMÉRICAS, EN LA CIUDAD DE  
ABANCAY – 2022.”**

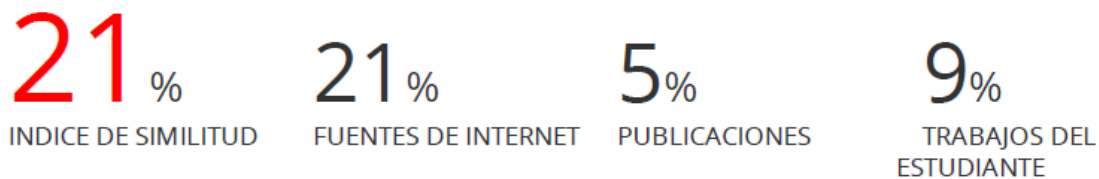
Presentado por los Bach: **TANIA HUAMANI VALDERRAMA Y NEHEMIÁS  
GAMALIEL ROJAS PALOMINO**, Para optar el título profesional de: **INGENIERO  
CIVIL**

Sustentado y aprobado el 24 de mayo del 2023, ante el jurado

**Presidente** : Mg. Marco Antonio Gálvez Quintana  
**Primer Miembro** : Ing. Cristhian Martínez Huamán  
**Segundo Miembro** : Ph.D Abbon Alex Vázquez Ramírez  
**Asesor** : MSc. Angel Maldonado Mendivil

# Relación de la Evaluación Estructural con la Vulnerabilidad Sísmica en la Edificación de Concreto Armado de la Galería Comercial Las Américas, en la Ciudad de Abancay - 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3</b> %
<b>2</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>repositorio.unc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>repositorio.usmp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.unasam.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	<b>www.readbag.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme la vida y la salud, así mismo dedico este trabajo de investigación con mucho afecto, a mi madre, Celedonia por su apoyo y cariño incondicional para poder alcanzar mis objetivos de estudio y a mi padre Claudio, que ayudó bastante a la obtención de este logro, a mis hermanos por la ayuda y perseverancia en momentos de mucha dificultad, a las personas que me brindaron su orientación y cariño durante la realización de la tesis.

Tania Huamani Valderrama

A Dios por brindarme la vida y la salud, así mismo dedico este trabajo de investigación con mucho afecto, A mis padres, Juan Carlos y Filomena, por todo el apoyo y cariño incondicional brindado para poder alcanzar mis objetivos de estudio, a mi hermana y todos aquellos que me apoyaron con la orientación para la concretización de este objetivo, la realización de la tesis.

Nehemías Gamaliel Rojas Palomino

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Tecnológica de los Andes primera casa de educación superior de la ciudad de Abancay, que con mucha dedicación tiene la incansable tarea de formar profesionales que estén al servicio de la sociedad para contribuir con la investigación y el desarrollo de la región y el país.

A todos los ingenieros de la carrera profesional de Ingeniería civil, quienes dedicaron su tiempo, paciencia y sacrificio en compartir sus conocimientos y experiencias para culminar nuestra formación profesional.

A mis asesores de tesis el Ing. Edgar Acurio Cruz y el MSc. Ángel Maldonado Mendivil, por su orientación y apoyo desde inicio de la elaboración del presente trabajo de investigación y todas las personas que con su cariño y afecto contribuyeron a motivarnos a seguir adelante.

Bach: Tania Huamani Valderrama

Bach: Nehemías Gamaliel Rojas Palomino

## **INICE DE CONTENIDO**

PORTADA .....	ii
POST PORTADA .....	iii
PAGINA DE JURADOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
INICE DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
ACRÓNIMOS .....	xix
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT .....	xxi
INTRODUCCION.....	xxii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1    Realidad problemática .....	1
1.2    Planteamiento del problema.....	6
1.2.1    Formulación de problemas.....	6
1.2.2    Problema General.....	6
1.2.3    Problemas específicos.....	6
1.3    Justificación de la Investigación .....	7
1.4    Objetivos de la Investigación.....	8
1.4.1    Objetivo general.....	8
1.4.2    Objetivo específicos.....	9

1.5	Delimitación de la Investigación .....	9
1.5.1	Espacial .....	9
1.5.2	Temporal .....	9
1.5.3	Social.....	10
1.5.4	Conceptual .....	10
1.6	Viabilidad de la Investigación .....	10
1.7	Limitaciones de la Investigación .....	11
	CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1	Antecedentes de Investigación.....	13
2.1.1	A nivel internacional.....	13
2.1.2	A nivel nacional.....	17
2.1.3	A nivel regional y local .....	20
2.2	Bases Teóricas .....	22
2.2.1	Relación que existe entre características de suelo y vulnerabilidad sísmica en edificaciones.....	22
2.2.2	Relación que existe entre comportamiento estructural según análisis sísmico y vulnerabilidad sísmica en edificaciones. ....	27
2.2.3	Relación que existe entre características de la estructura y vulnerabilidad sísmica en edificaciones. ....	38
2.2.4	Categorización del nivel de vulnerabilidad sísmica en edificaciones según la evaluación estructural. ....	44
2.2.5	Tipo de daño estructural según la evaluación estructural.....	45
2.3	Marco conceptual.....	47
	CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	54



3.1	Hipótesis .....	54
3.1.1	Hipótesis general .....	54
3.1.2	Hipótesis específicas .....	54
3.2	Método .....	55
3.3	Tipo de Investigación .....	56
3.4	Nivel o Alcance de Investigación .....	57
3.5	Diseño de la Investigación .....	57
3.6	Operacionalización de Variables .....	58
3.7	Población, Muestra y Muestreo .....	62
3.7.1	Población .....	62
3.7.2	Muestra .....	63
3.7.3	Muestreo .....	63
3.8	Técnica e instrumentos .....	64
3.9	Consideraciones Éticas .....	64
3.10	Procedimiento Estadístico .....	65
	CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	66
4.1	Resultados .....	66
4.1.1	Resultados de las características del suelo .....	66
4.1.2	Resultados de la resistencia del concreto en elementos como columnas .....	69
4.1.3	Resultados de la resistencia del concreto en elementos como vigas .....	83
4.1.4	Resultados del comportamiento estructural .....	93
4.1.5	Resultados de la vulnerabilidad según el método del ATC-40 .....	128

4.2	Discusión de Resultados.....	150
	CONCLUSIONES.....	154
	RECOMENDACIONES.....	158
	BIBLIOGRAFIA.....	159
	WEB GRAFICA – LINK GRAFICA.....	169
	ANEXOS	170
	Anexo 1: Matriz de Consistencia .....	170
	Anexo 2: Instrumento de Recolección de Datos .....	171
	Anexo 3: Panel Fotográfico .....	172
	Anexo 4: Plano de distribución Arquitectónica.....	185
	Anexo 5: Evidencias.....	188

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Niveles de Vulnerabilidad Ante Resonancia Sísmica</i> .....	27
Tabla 2	<i>Comparación Entre el RNE y los Parámetros del Iv</i> .....	43
Tabla 3	<i>Operacionalización de Variables y Matriz de Instrumentos</i> .....	60
Tabla 4	<i>Cuadro de Recolección de Datos</i> .....	64
Tabla 5	<i>Resultados de Campo</i> .....	66
Tabla 6	<i>Resultados del estudio de mecánica de suelo.</i> .....	67
Tabla 7	<i>Características de la Calicata-01</i> .....	68
Tabla 8	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 1er nivel</i>	69
Tabla 9	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 2do nivel</i>	72
Tabla 10	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 3er nivel</i>	75
Tabla 11	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 4to nivel</i>	79
Tabla 12	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 4to nivel</i>	80
Tabla 13	<i>Cuadro de resumen de los elementos estructurales en las columnas</i> .....	83
Tabla 14	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, vigas del 2do nivel</i> .....	83
Tabla 15	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, vigas 3er nivel</i> .....	86
Tabla 16	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, vigas 3er nivel</i> .....	86
Tabla 17	<i>Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, vigas 4to nivel</i> .....	89
Tabla 18	<i>Cuadro de resumen de los elementos estructurales en las vigas</i> .....	92
Tabla 19	<i>Datos del espectro en X, de aceleración, velocidad y desplazamiento</i> .....	101
Tabla 20	<i>Datos del espectro en Y, de aceleración, velocidad y desplazamiento</i> .....	103
Tabla 21	<i>Cálculo de la irregularidad de rigidez en dirección X</i> .....	112
Tabla 22	<i>Cálculo de la irregularidad de rigidez en dirección Y</i> .....	112

Tabla 23	<i>Cálculo de la irregularidad de resistencia.....</i>	113
Tabla 24	<i>Cálculo de la irregularidad de masa.....</i>	113
Tabla 25	<i>Cálculo de la irregularidad de geometría vertical para la dirección X. ....</i>	114
Tabla 26	<i>Cálculo de la irregularidad de geometría vertical para la dirección Y. ....</i>	114
Tabla 27	<i>Cálculo de la irregularidad torsional para el sismo estático en X.....</i>	115
Tabla 28	<i>Cálculo de la irregularidad torsional para el sismo estático en Y.....</i>	116
Tabla 29	<i>Cálculo de la irregularidad torsional - espectro de respuesta en X.....</i>	117
Tabla 30	<i>Cálculo de la irregularidad torsional - espectro de respuesta en Y.....</i>	117
Tabla 31	<i>Cálculo de la irregularidad por esquinas entrantes para la dirección X y Y. ...</i>	118
Tabla 32	<i>Cálculo de la irregularidad por discontinuidad de diafragma. ....</i>	119
Tabla 33	<i>Fuerzas laterales correspondiente al sismo estático X.....</i>	121
Tabla 34	<i>Fuerzas laterales correspondiente al sismo estático Y.....</i>	121
Tabla 35	<i>Tabla de ratios de masa de participación modal. ....</i>	124
Tabla 36	<i>Tabla de derivas de entrepiso amplificado por 0.85R.....</i>	125
Tabla 37	<i>Coordenadas del centro de masas y centro de rigideces. ....</i>	126
Tabla 38	<i>Valores de la fuerza sísmica usando los ZUCS/R. ....</i>	126
Tabla 39	<i>Escalado de la fuerza sísmica dinámica en relación a la estática. ....</i>	127
Tabla 40	<i>Tabla de comparación de la fuerza sísmica estática y dinámica. ....</i>	127
Tabla 41	<i>Valores para el gráfico de momento – curvatura para la viga secundaria. ....</i>	134
Tabla 42	<i>Valores para el gráfico de momento – curvatura para la viga principal 1.....</i>	135
Tabla 43	<i>Valores para el gráfico de momento – curvatura para la viga principal 2.....</i>	136
Tabla 44	<i>Valores para el gráfico de momento – curvatura para la columna típica. ....</i>	137
Tabla 45	<i>Valores para la generación de las curvas bilineales con R=1.....</i>	143

Tabla 46	<i>Valores para la generación de las curvas bilineales con <math>R=8</math></i> .....	143
Tabla 47	<i>Cortante Basal vs desplazamiento en X según los criterios de aceptación</i> ....	144
Tabla 48	<i>Cortante Basal vs desplazamiento en X según los criterios de aceptación para las bisagras o rótulas</i> .....	145
Tabla 49	<i>Cortante Basal vs desplazamiento en Y según los criterios de aceptación</i> ....	146
Tabla 50	<i>Cortante Basal vs desplazamiento en Y según los criterios de aceptación para las bisagras o rótulas</i> .....	147
Tabla 51	<i>Matriz de Consistencia</i> .....	170

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Fibra de Aramida Puesta en Obra</i> .....	5
Figura 2	<i>Sismo Originado por Una Falla Geológica</i> .....	30
Figura 3	<i>Efecto de Ondas Sísmicas en Edificaciones</i> .....	31
Figura 4	<i>Ejemplo de Representación de las Cargas Laterales Equivalentes</i> .....	33
Figura 5	<i>Ejemplo de un Espectro Sísmico de Diseño</i> .....	35
Figura 6	<i>Grafica de la Curva de Capacidad</i> .....	38
Figura 7	<i>Efecto de las Columnas Cortas frente a un Sismo</i> .....	40
Figura 8	<i>Efecto de Piso Blando y Torsion, en Sismo de Pisco 2007</i> .....	40
Figura 9	<i>Determinacion de Irregularidad por Piso Blando</i> .....	41
Figura 10	<i>Fases del Proceso Cuantitativo</i> .....	56
Figura 11	<i>Se obtiene la función de distribución de Wakeby</i> .....	70
Figura 12	<i>Se obtiene curva de la función de distribución de Wakeby</i> .....	71
Figura 13	<i>Se obtiene los resultados Wakeby</i> .....	72
Figura 14	<i>Función de distribución de Johnson SB</i> .....	73
Figura 15	<i>Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Johnson SB</i> .....	74
Figura 16	<i>Se obtiene los resultados Johnson SB</i> .....	75
Figura 17	<i>Se obtiene la función de distribución de Wakeby</i> .....	76
Figura 18	<i>Se obtiene curva de la función que mejor se ajusta Wakeby</i> .....	77
Figura 19	<i>Se obtiene los resultados Wakeby</i> .....	78
Figura 20	<i>Se obtiene la función de distribución que se ajusta Johnson SB</i> .....	80
Figura 21	<i>Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Johnson SB</i> .....	81
Figura 22	<i>Se obtiene los resultados Johnson SB</i> .....	82

Figura 23	Se obtiene la función de distribución que se ajusta Cauchy .....	84
Figura 24	Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Cauchy .....	84
Figura 25	Se obtiene los resultados Cauchy .....	85
Figura 26	Se obtiene la función de distribución que se ajusta Wakeby .....	87
Figura 27	Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Wakeby.....	87
Figura 28	Se obtiene los resultados Wakeby .....	89
Figura 29	Se obtiene la función de distribución que se ajusta Johnson SB .....	90
Figura 30	Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Johnson SB.....	90
Figura 31	Se obtiene los resultados Johnson SB .....	92
Figura 32	Configuración del modelo estructural .....	93
Figura 33	Disposición de los elementos estructurales.....	93
Figura 34	Definición de materiales de diseño, concreto $f_c=267\text{kgf/cm}^2$ .....	96
Figura 35	Definición de material de acero G60 $f_y=4200\text{ kgf/cm}^2$ .....	96
Figura 36	Definición de la sección de columna C1 .....	97
Figura 37	Definición de la sección de viga VP-1 .....	98
Figura 38	Definición de la sección de viga VS-1 .....	99
Figura 39	Definición de la sección de losa aligerada rellena con ladrillo .....	99
Figura 40	Definición de la sección de losa maciza.....	100
Figura 40	Espectro de sismo de diseño para la dirección X $S_a/g$ .....	102
Figura 41	Espectro de velocidades para la dirección X.....	102
Figura 42	Espectro de desplazamiento para la dirección X.....	103
Figura 43	Espectro de sismo de diseño para la dirección Y $S_a/g$ .....	104
Figura 44	Espectro de velocidades para la dirección Y.....	105

Figura 45 <i>Espectro de desplazamiento para la dirección Y</i> .....	105
Figura 46 <i>Estimación del peso configuración en software del Etabs</i> .....	107
Figura 47 <i>Combinaciones de carga para diseño de los elementos estructurales</i> .....	108
Figura 48 <i>Definición de cargas estáticas y del tipo espectro de respuesta</i> .....	109
Figura 49 <i>Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 0</i> .....	110
Figura 50 <i>Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 1</i> .....	110
Figura 51 <i>Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 2</i> .....	110
Figura 52 <i>Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 3</i> .....	111
Figura 53 <i>Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 4</i> .....	111
Figura 54 <i>Definición del coeficiente sísmico estático en X</i> .....	120
Figura 55 <i>Definición del coeficiente sísmico estático en Y</i> .....	120
Figura 56 <i>Gráfico de fuerzas laterales sísmicas dirección X</i> .....	121
Figura 57 <i>Gráfico de fuerzas laterales sísmicas dirección Y</i> .....	122
Figura 58 <i>Definición para el espectro de respuesta para la dirección X</i> .....	123
Figura 59 <i>Definición para el espectro de respuesta para la dirección Y</i> .....	123
Figura 60 <i>Gráfico de los desplazamientos absolutos para la dirección X</i> .....	125
Figura 61 <i>Gráfico de los desplazamientos absolutos para la dirección Y</i> .....	126
Figura 62 <i>Diagrama de flujo del análisis no lineal</i> .....	129
Figura 63 <i>Niveles de desempeño esperado para casos de sismos</i> .....	130
Figura 64 <i>Estado de daño esperado y niveles de desempeño para casos de sismos</i> .....	130
Figura 65 <i>Niveles de desempeño para casos de sismos según Visión 2000</i> .....	131
Figura 66 <i>Derivas objetivas para diferentes niveles de desempeño según HAZUS</i> .....	131
Figura 67 <i>Niveles de desempeño en función a la curva de capacidad</i> .....	132



Figura 68 Niveles de desempeño según ATC-40, 1996 .....	132
Figura 69 Valores para definición de rótulas plásticas en vigas según ASCE 41-17 .....	133
Figura 70 Definición de rótulas plásticas en vigas según FEMA 356 .....	133
Figura 80 Gráfico de momento curvatura para la viga secundaria .....	134
Figura 81 Gráfico de momento curvatura para la viga principal en exteriores.....	135
Figura 82 Gráfico de momento curvatura para la viga principal en interiores.....	136
Figura 83 Gráfico de momento curvatura para la viga principal en interiores.....	137
Figura 84 Gráfico de espectros de respuesta para $R=1$ y para $R=8$ para la dirección X.....	138
Figura 85 Gráfico de espectros de respuesta para $R=1$ y para $R=8$ para la dirección Y.....	138
Figura 86 Gráfico de espectro de capacidad y demanda y puntos de desempeño.....	139
Figura 87 Gráfico de diagrama de esfuerzo deformación del concreto sin confinar 1.....	139
Figura 88 Gráfico de diagrama de esfuerzo deformación del concreto sin confinar 2.....	140
Figura 89 Gráfico de diagrama de esfuerzo deformación del concreto sin confinar 3.....	140
Figura 90 Gráfico de las propiedades no lineales del acero grado 60 .....	141
Figura 91 Gráfico de la curva de capacidad para la dirección X .....	142
Figura 92 Gráfico de la curva de capacidad para la dirección Y .....	142
Figura 93 Gráfico de la curva bilineal del diseño elástico y elástico reducido para X .....	143
Figura 94 Gráfico de la curva bilineal del diseño elástico y elástico reducido para Y .....	144
Figura 95 Gráfico donde se muestra la aparición de rótulas plásticas para el Pushover X..	148
Figura 96 Gráfico donde se muestra la aparición de rótulas plásticas para el Pushover Y..	148
Figura 97 Gráfico donde se muestra el espectro y la curva de capacidad en dirección X....	149
Figura 98 Gráfico donde se muestra el espectro y la curva de capacidad en dirección Y....	150
Figura 99 Plano de ubicación de la galería comercial Las Américas.....	185

Figura 100 <i>Distribución en planta del sótano</i> .....	185
Figura 101 <i>Distribución en planta del primer nivel</i> .....	186
Figura 102 <i>Distribución en planta del segundo nivel</i> .....	186
Figura 103 <i>Distribución en planta del tercer nivel</i> .....	187

## ACRÓNIMOS

ASCE	: Sociedad estadounidense de Ingenieros Civiles
ACI	: Instituto americano del Concreto
ATC	: Evaluación sísmica y rehabilitación de edificios de hormigón
FEMA	: Agencia Federal para el Manejo de Emergencias
ASCE	: Sociedad americana de ingenieros civiles
INDECI	: Instituto Nacional de defensa civil
CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
ASTM	: American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
ASSTHO	: La asociación americana de oficiales de carreteras Estatales y Transporte
NTP	: Norma Técnica Peruana
R N E	: Reglamento Nacional de Edificaciones
SUCS	: Sistema unificado de clasificación de suelos

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como problema, probar la relación entre la evaluación estructural con la vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial las Américas de la ciudad de Abancay.

La investigación tuvo como finalidad realizar la evaluación de la construcción existente de la galería comercial las Américas y así determinar su vulnerabilidad sísmica en función a análisis estáticos lineales y no lineales para de acuerdo a los resultados obtenidos poder categorizar el daño que este sufriría ante un eventual evento sísmico.

La característica del suelo presente en esta edificación se clasifica como Grava arcillosa limosa con arena con bloques (GC-GM) según la clasificación S.U.C.S, un suelo  $S_2$  intermedio, se planteó la recopilación de toda la información de la edificación a nivel de arquitectura: distribución, uso; a nivel estructural: configuración en planta - altura, resistencia, distribución de los elementos estructurales, según el análisis lineal se pudo encontrar que la edificación cuenta con irregularidades en planta y altura, así mismo se halló patologías como piso blando, columna corta, mermando así estos en el comportamiento global, del análisis no lineal estático se pudo determinar que la edificación no cuenta con una ductilidad adecuada.

Como conclusión global se llegó a demostrar que la edificación es de media a baja vulnerable para sismos frecuentes, y alta para sismos ocasionales, para sismos raros y muy raros la edificación no es capaz de desarrollar ductilidades adecuadas entrando en el rango de prevención al colapso y colapso, como se presenta en el capítulo IV.

**Palabras claves:** Evaluación estructural, vulnerabilidad sísmica, análisis no lineal, curvas de capacidad, espectro de demanda.

## ABSTRACT

The present research work had the problem of proving the relationship between structural evaluation with seismic vulnerability, in the reinforced concrete building of the Las Américas shopping gallery in the city of Abancay.

The purpose of the investigation was to carry out the evaluation of the existing construction of the Las Américas shopping gallery and thus determine its seismic vulnerability based on linear and non-linear static analyzes in order to categorize the damage that it would suffer in the event of an eventual event. seismic event.

The characteristic of the soil present in this building is classified as Silty clayey gravel with sand with blocks (GC-GM) according to the S.U.C.S classification, an intermediate  $S_2$  soil, the compilation of all the information of the building at the architectural level was proposed: distribution , use; at a structural level: plant configuration - height, resistance, distribution of structural elements, according to the linear analysis it was possible to find that the building has irregularities in plan and height, likewise pathologies were found such as soft floor, short column thus reducing these In the global behavior, from the static nonlinear analysis it was possible to determine that the building does not have adequate ductility.

As a global conclusion, it was demonstrated that the building is medium to low vulnerable for frequent earthquakes, and high for occasional earthquakes, for rare and very rare earthquakes, the building is not capable of developing adequate ductility, entering the range of prevention of collapse and collapse, as presented in chapter IV.

## INTRODUCCION

Las autoconstrucciones en general se tipifican por un nivel bajo de conocimientos en lo referente a seguridad estructural y otras consideraciones técnicas, y estas a su vez se llegan a agrupar en edificaciones más o menos vulnerables a acciones sísmicas, motivo de la presente investigación, teniéndose como problema probar la relación de la evaluación estructural con la vulnerabilidad sísmica, como objetivos se plantea determinar mediante análisis lineales y no lineales dicha relación, para lo cual se planteó la siguiente hipótesis, el tipo de daño estructural es irreparable de acuerdo a la evaluación estructural efectuada a la edificación en análisis.

Como se ve en reportajes y documentales transmitidos por los medios de comunicación y revistas especializadas, las edificaciones autoconstruidas son las más afectadas ante la ocurrencia de eventos sísmicos, por lo cual, se hace necesaria determinar la vulnerabilidad sísmica de la edificación evaluada, para lo cual se aplicó técnicas modernas para el análisis con el apoyo de programas informáticos, así mismo esta investigación es un aporte a la sociedad en la medida que pone en conocimiento sobre las condiciones actuales de funcionamiento de la edificación analizada.

La determinación de la vulnerabilidad de esta edificación esta subdividida en varios sub ítems siendo unos de análisis in-situ, y mediante procedimientos estadísticos para determinar las resistencias y otras características, y otras más complejas como es método del ATC-40 (análisis no lineal), FEMA 440 con el fin de obtener curvas de capacidad y puntos de desempeño, estos serán alimentándose por resultados de ensayos de laboratorio realizadas conforme a las normativas internacionales (ASTM) y nacionales (NTP), todo con la finalidad de alcanzar los objetivos y resolver las hipótesis planteadas en la presente investigación.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Realidad problemática**

A nivel mundial ocurren eventos sísmicos, como podemos apreciar en las noticias, reportajes, etc., habitualmente en aquellas zonas donde las placas están en constante actividad generándose así el fenómeno de subducción, que consiste, que la placa de nazca se sumerja debajo de la placa sudamericana, produciendo así sucesos de acumulación de esfuerzos que llegados a un punto se liberan como energía. Estos eventos ocurren todo el tiempo ahora mismo mientras se lee este texto está sucediendo en todo el océano pacífico, en lo que se conoce como el cinturón de fuego y es allí donde se genera la gran cantidad de sismos, ejemplo de ellos es el ocurrido en la ciudad de Valdivia en Chile en el año 1960, llegando a una magnitud de 9.5 grados en la escala de Richter, destruyendo todo tipo de construcciones para luego ser envuelto con olas superiores a 10 metros de altura, que arrasaron con buena parte de la costa del sur de dicho país, modificando así la topografía de esa ciudad, este terremoto fue el más severo que afectó a la humanidad, dicho terremoto liberó una cantidad de energía equivalente a 6.6 megatoneladas de dinamita.

Así mismo la historia de la humanidad nos ilustra como los antiguos habitantes creían que ocurrían los sismos, por ejemplo:

En Japón, los terremotos se atribuyen a un bagre gigante llamado Namazu que se encuentra bajo tierra y está controlado por una deidad llamada Daimyojin, que ha escondido su cabeza bajo tierra. Cuando el dios Daimyojin se descuidó, Namazu se arrojó y sacudió el suelo con poderosos golpes con la cola. (Marquez, 2011)

En Siberia, donde los terremotos se atribuyen al dios que viaja a través de un trineo subterráneo, los ancianos creen que su dios Raumoko, enterrado sin saberlo por la madre tierra, rugió para provocar el terremoto. Los aztecas creían que la vida humana se extinguía periódicamente debido a varios desastres, cada época o época se llamaba sol, el quinto sol, el sol actual, denotado por Nahui Ollin (parte cuatro), terminará con un terremoto. De esta forma, los aztecas intentaron representar el cataclismo que acabaría con el quinto sol, a través de Chalchihuatl, la preciosa agua de los sacrificios. De manera similar, el famoso filósofo griego Aristóteles creía que los temblores eran el resultado de fuertes vientos atrapados en cuevas subterráneas. (CIRES A.C., 2014)

Asimismo, en la mitología griega, Atlas cargó el mundo sobre sus hombros, y el dios del mar Poseidón tambaleó a Atlas, provocando terremotos. En América del Sur, el pueblo mapuche cree que los terremotos son causados por muchas criaturas míticas, sobre todo la mítica serpiente Trentren. Por otro lado, las tribus chibchas de la estepa colombiana dicen que cuando Chibchakum se enfada, excavará la greda, sacudiéndola. América Central, las culturas precolombinas creían que la tierra se encontraba muy poblada, por lo que las 4 deidades gobernantes sacudieron y así redujeron el exceso de población y restablecer el equilibrio. (Religion y Sismos, 2015)

La iglesia católica por su parte incluía los terremotos como castigos divinos, claro está que este fenómeno natural ha traído consecuencias en quienes no creen en la ciencia. Fundacion Venezolana de Investigaciones Sismologicas FUNVISIS, (2006)



Los terremotos en la antigüedad se consideraban una gran fuente de superstición. Por ejemplo, según Tucídides. Los ejércitos del Peloponeso que avanzaban sobre Beocia fueron sacudidos por los terremotos del 476 a. C., considerados de mal augurio en la época, por lo que se detuvo la invasión. También en 480 a.E.C. el ataque persa a Delfos fracasó debido a un terremoto atribuido al dios Apolo.

En Sudamérica se pueden encontrar construcciones antiguas que siguen dando servicios de galerías comerciales, y que estas a su vez no cuentan con elementos necesarios para absorber las energías generadas por los sismos, si bien las autoridades encargadas mejoraron sus estándares de construcciones con el pasar de los años, gran cantidad de estas construcciones faltan ser evaluadas y reforzadas. La problemática que se identifica es, que muchas de estas construcciones, no están hechas para resistir eventuales eventos sísmicos, que la historia nos demuestra que, de no preverse, son las más mortales y es aquí donde se basó la presente investigación.

Debido al crecimiento económico del Perú, se hacen cada vez más frecuentes construcciones para albergar galerías comerciales, construcciones que a su vez, en gran parte no son realizados por profesionales de cada área, llámese un arquitecto para la distribución de ambientes, un ingeniero estructural para el cálculo estructural, un ingeniero sanitario para la parte de instalaciones sanitarias, un ingeniero electricista para la parte de instalaciones eléctricas valga la redundancia y otros, como un ingeniero ambiental para la parte de seguridad e impacto medioambiental para hacer cumplir los protocolos.

Como sabemos en las últimas décadas, las entidades encargadas mejoraron la supervisión y autorizaciones para las construcciones (licencias de construcción), se hace una preocupación (he aquí el problema) estimar la vulnerabilidad a acciones sísmicas en estas construcciones, ya que estas estructuras se comportarán como están construidas, y no como están diseñadas y/o calculadas, teniendo muchos factores que pudieran modificar el modelamiento inicial.

En la tesis Análisis de sensibilidad sísmica de viviendas temporales en la urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay - Apurímac (tesis de pre grado). Universidad Tecnológica de los Andes, Perú. Con finalidad de determinar la sensibilidad sísmica de casas improvisadas en la urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay - Apurímac, se determinó la sensibilidad de estas estructuras. En síntesis, “El 2 % de los hogares se evaluó como de baja sensibilidad (0 a 20 %), el 46 % de sensibilidad moderada (20 % a 40 %) y el 52 % de alta sensibilidad (40 % a 100 %). %)” (Huashua y Sanchez, 2017, p. 227).

Por ende, la vulnerabilidad a acciones sísmicas se hace alta ante la presencia de un sismo de mediana - alta intensidad, por ello se pretende determinar con la evaluación del comportamiento estructural post construcción la vulnerabilidad a acciones sísmicas, en esta edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas, de la ciudad de Abancay.

Cabe mencionar que la ciudad de Abancay cuenta con seis barrios de los cuales la urbanización de las américas (que se podría delimitar desde la quebrada de Sahuanay hasta la quebrada de Ullpuhuaycco). Cuenta con un suelo de distintas características observándose que desde el sector del Olivo hasta la capilla de Guadalupe es un suelo de origen aluvial (caliche), mientras que desde la capilla de Guadalupe hacia Ñacchero es un suelo de manto arcilloso, que amplifican las ondas sísmicas de diferente forma, donde encontramos a estos tipos de edificaciones (galerías comerciales de varios niveles) de diferentes líneas como: ropas, plásticos, comidas, etc., que es donde se basará la presente investigación, del mismo modo cabe recalcar que la zona donde se realizará el estudio (Las Américas) es el centro económico de la ciudad de Abancay.

Entre las múltiples causas que pueden estar generando este problema, lo que se detectó son, por ejemplo, en las galerías comerciales las américas se ha visto, falencias en sus sistemas estructurales no resistentes (tabiques) dado que no están aislados

correctamente de los elementos estructurales resistentes, irregularidades en planta y elevación, etc.

Los efectos que puede ocasionar aquellos problemas son muchos, a través de ello se detecta, pérdidas de vidas, debido a que no garantizan tiempo de evacuación, daños irreparables a la edificación, daños materiales a las construcciones aledañas, pérdida de bienes de los comerciantes.

Como plus de la investigación se menciona plantear alternativas de solución; en los últimos años existen investigaciones para poder mejorar estas falencias estructurales, como son: recubrimiento con fibra de vidrio, fibra de aramida, fibra de carbono, encamisado por las columnas; propuestas de muros estructurales en ubicaciones de muros no portantes, etc. que mejoran el desempeño ante fuerzas naturales como son los sismos; sin embargo esta mejora acarrea sobrecostos no calculados por los propietarios, y de ser considerado para su aplicación, el porcentaje de usuarios que se animaría a una inversión post - construcción, sería incierta y/o nula.

### **Figura 1**

*Fibra de Aramida Puesta en Obra*



*Nota:* Aplicación de la fibra para reforzamiento de elementos estructurales. Imagen adaptado de Fibra de aramida puesta en obra, Blog materiales innovador, 2016 ([http://www.construnario.com/notiweb/noticias\\_imagenes/28000/28893.jpg](http://www.construnario.com/notiweb/noticias_imagenes/28000/28893.jpg))

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Formulación de problemas**

Para la presente investigación se planteó la realización de la evaluación de una edificación existente (galería comercial Las Américas) para analizar el comportamiento de esta ante una acción sísmica, y mediante los resultados obtenidos sacar conclusiones del comportamiento de la misma, viendo la vulnerabilidad de esta, para llegar a determinar patologías constructivas y la situacional actual y en lo posible plantear alternativas de reforzamiento.

### **1.2.2 Problema General**

¿Existe relación entre la evaluación estructural y la vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas de la ciudad de Abancay – 2022?

### **1.2.3 Problemas específicos**

- a) ¿Existe relación entre las características del suelo y la vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas?
- b) ¿Cuál es la relación entre comportamiento estructural según el análisis sísmico con la vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas?
- c) ¿Cómo se relaciona las características de la estructura con la vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas?
- d) ¿Cuál es la categorización del nivel de vulnerabilidad sísmica, con la evaluación estructural en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas?

e) ¿Cuál es el tipo de daño estructural, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas con la evaluación estructural?

### **1.3 Justificación de la Investigación**

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2011), Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2020), Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas (CISMID, 2020), por reportajes documentados transmitidos en nuestro medio, nuestro país en general se encuentra vulnerable ante fuerzas naturales como son los sismos, debido a procedimientos incorrectos de construcción, personal no capacitado que elabora dichos proyectos, falta de supervisión en la ejecución y falta de mano dura por parte de las autoridades encargadas de velar el cumplimiento de nuestras normas, por lo mencionado anteriormente, la junta directiva de la galería Las Américas requieren contar con sus instalaciones llenas para operar al 100% ya que actualmente se encuentra a un 50% aproximadamente, parte de esta inoperatividad radica en sus instalaciones antiguas y no evaluadas, su junta directiva necesita inscribir socios y para ello requieren contar con una evaluación estructural y así poder operar al 100%, por esta razón se hace necesaria la realización de esta investigación, para así poder tener alguna referencia del daño si en un futuro están obligados a franquear estos eventos, al mismo tiempo concientizar a los usuarios de esta construcción y en general sobre las consecuencias de estas malas prácticas, y por qué se hace importante que profesionales encargados con estudios especializados, deberían ser los que efectúen sus proyectos, dicho esto la importancia y/o justificación de la presente investigación lo dividiremos de la siguiente forma:

**Justificación teórica:** Aplicar técnicas modernas para el análisis (con apoyo de programas informáticos) y poder predecir y/o simular el comportamiento de cada edificación de tal manera de determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica, que este se encuentre y de acuerdo a los resultados obtenidos, recomendando alternativas de solución definitivas al problema, aportando aspectos teóricos en una próxima investigación.

**Justificación metodológica:** en este estudio se planteó el método científico para poder llegar a los objetivos, teniéndose un enfoque cuantitativo debiendo extraer datos, con técnicas de observación, análisis de elementos estructurales, con la realización de pruebas con equipos (esclerómetro, escáner entre otros) para poder determinar características estructurales intrínsecas de la edificación.

**Justificación práctica:** este estudio recomienda alternativas de solución concretas al problema de rigideces, irregularidades, torsión, y otros que estos pudieran presentar, de manera tal de mejorar su distribución de elementos resistentes y que estas absorban las energías generadas por los sismos, según los estándares que exigen nuestras normas actualizadas.

**Justificación económica:** este estudio muestra las carencias de esta estructura y recomienda las formas de mejorar la distribución de los elementos estructurales resistentes, dicha investigación será financiada exclusivamente por los tesisistas, asegurando la culminación de la evaluación.

**Justificación social:** esta investigación es un aporte a la sociedad en la medida que pone en conocimiento, sobre las condiciones actuales de funcionamiento de esta galería comercial, y de ser aplicado las soluciones aquí planteadas se mejoraría la calidad de vida de sus ocupantes, teniendo de esta manera niveles de seguridad exigidos por nuestras normas, al saber la población usuaria que su infraestructura cumple con los estándares de seguridad mínimos exigidos por la normas, tendrán los mismos una mayor confianza de ingresar a dichos stands, mejorando así la economía de los comerciantes.

## **1.4 Objetivos de la Investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar la relación que existe entre la evaluación estructural y vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas en la ciudad de Abancay –2022.

#### **1.4.2 Objetivo específicos**

- a) Evaluar la relación que existe entre las características del suelo y la vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas
- b) Determinar la relación que existe entre el comportamiento estructural según el análisis sísmico y vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas.
- c) Evaluar la relación que existe ente las características de la estructura y la vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas.
- d) Estimar la categorización del nivel de vulnerabilidad, sísmica según la evaluación estructural en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas.
- e) Determinar el tipo de daño estructural, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas con la evaluación estructural.

#### **1.5 Delimitación de la Investigación**

Para delimitar el proyecto de investigación se tomaron en cuenta los siguientes alcances:

##### **1.5.1 Espacial**

Se desarrollaron para efectos de esta investigación, la galería comercial que genera mayor movimiento económico en la ciudad de Abancay, que para el estudio en particular será la galería comercial de concreto armado las Américas, ubicado en la Av. Paseo de los Artesanos esquina con Av. Bolivia – Las Américas – Abancay.

##### **1.5.2 Temporal**

Se planteará su realización en un periodo de 5 a 6 meses comenzando en octubre del 2021 y concluyendo entre los meses de mayo del 2022.

### **1.5.3 Social**

Teniendo como delimitación en lo social a los numerosos socios, dueños de los stands ubicados dentro de esta edificación los directamente interesados en su realización, así como los futuros socios.

### **1.5.4 Conceptual**

Se plantea su modelamiento analítico de la edificación con datos extraídos y en conjunto con los documentos propios de la edificación, identificando los resultados si están dentro de los parámetros y conceptos enmarcados como mínimos, del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en el capítulo III.2 Estructuras 030 Diseño Sismorresistente, verificando sus resultados y describiendo luego su relación con la variable dependiente, vulnerabilidad a acciones sísmicas.

Alcance de la evaluación, dicha investigación recopila datos existentes del establecimiento, así como se extraen datos de los elementos estructurales por medio de instrumentos como el esclerómetro, escáner, wincha, y recopilando datos del suelo de geodinámica interna, suelos licuables, nivel freático, presión admisible, presión admisible máxima, asentamientos, profundidad de desplante con el estudio de mecánica de suelos, a mayores datos recabados, mejor será predecir su comportamiento ante un eventual evento sísmico, analizando parámetros contemplados en RNE E.030 Diseño Sismorresistente.

## **1.6 Viabilidad de la Investigación**

**Viabilidad económica:** se contó por parte de los tesisistas con el tiempo y los recursos económicos para desarrollar la presente investigación, el financiamiento necesario para costear el proyecto de investigación planteado serán recursos propios.

**Viabilidad social:** se contó por parte de los investigadores, con el apoyo de especialistas (asesor y otros), así como el apoyo y venia del área usuaria como son los representantes de dicho establecimiento (junta directiva). Se accedió a las instalaciones de



la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas, que cuenta con más de 2400 m<sup>2</sup> de área construida, en un terreno de más de 600 m<sup>2</sup>.

**Viabilidad técnica:** del mismo modo, se contó con las herramientas y técnicas necesarias para la realización de la tesis, teniendo capacidad en el uso de software para el análisis y contando con los equipos necesarios para la recolección de datos.

### **1.7 Limitaciones de la Investigación**

Como en toda investigación en el transcurso de probar el método científico, surgió la interrogante de que no se cumpla con lo planeado debido a factores incontrolables para la recolección de datos como son:

#### **Limitación espacial**

- Recursos económicos limitados para abarcar un mayor tamaño de la muestra.
- Acceso y/o ubicación de elementos estructurales poco accesibles para la realización de los ensayos o pruebas.

#### **Limitación económica**

- Recursos económicos limitados para la adquisición o contratación de equipos que permitan profundizar dicha investigación.
- Recursos económicos limitados para la contratación de personal (mano de obra calificada y no calificada) para albergar un mayor tamaño de muestra.
- Presupuestos limitados para la realización de ensayos en laboratorios especializados.

#### **Limitación social**

- Falta de investigadores científicos locales acreditados para la validación de encuestas o fichas de verificación.
- Predisposición y/o colaboración incierta por parte de los encargados del establecimiento para la realización de pruebas y al suministrarnos información.

- La suspensión de actividades por casos fortuitos en el lugar donde se realiza la investigación ya sea por mucha concurrencia de personas, paralizaciones, pandemia, etc.

#### **Limitación conceptual**

La investigación propuesta se realiza para determinar la vulnerabilidad de las acciones sísmicas sobre la edificación de la galería comercial Las Américas, según el RNE E.030 para la parte lineal y el ATC-40 para la parte no lineal.

#### **Limitación tecnológica**

- Falta de instrumentos tecnológicos para poder extraer muestras.
- Falta de laboratorios implementados en la localidad para la realización de pruebas, mermando así en la profundidad del estudio.

## **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de Investigación**

Para tener un sustento del presente trabajo de investigación se han tomado como referencia diversos estudios que tienen finalidad al tema de investigación, de manera tal de nutrirse de información concerniente a las variables en estudio, a continuación, algunos ejemplos, se clasificarán de la siguiente manera:

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

Como se mencionó en el Capítulo I, los proyectos sudamericanos con los edificios más antiguos son muy sensibles a los terremotos. Según Barrera y Nieves (2015) en su estudio descriptivo, para determinar la vulnerabilidad de las viviendas coloniales en la zona de San Diego de Cartagena, Colombia, cuyo método utilizado para cumplir con el objetivo, fue recopilar material bibliográfico. aborda temas relacionados, cuya población es el área de San Diego y varios acres de casas coloniales, luego de que los resultados mostraran que el área de la ciudad de Cartagena San Diego estaba dominada por un suelo fino de arena gris franca con porcelana, granero fino y piedra de coral. La conclusión es la siguiente: "(...). La investigación realizada muestra que el área designada tiene un índice de vulnerabilidad de 40,33%, por lo que se caracteriza con una alta vulnerabilidad." (p.10-120).

Como señaló Chávez (2016), cuyo propósito fue analizar la vulnerabilidad sísmica y el riesgo de pérdidas de las edificaciones en la ciudad de Quito, Ecuador, usando como metodología métodos probados en Europa y Estados Unidos, como el Hazus y el Perpetuate, tomando así ejemplos representativos de edificaciones en el centro histórico de Quito, siendo su resultado principal que en caso de un desastre natural, estas edificaciones serían destruidas y su investigación concluyó que la ciudad de Quito era muy vulnerable, no solo en términos de la naturaleza del suelo sino también en cómo fueron construidos.

Así mismo según la tesis Morales (2017) cuyo objetivo fue determinar el Análisis de la vulnerabilidad sísmica de dos viviendas ubicadas en la urbanización Acuarela II, según la NEC – 15, Bahía de Caráquez, la metodología que uso para lograr su objetivo consistió en la recolección de datos por medio de técnicas e instrumentos, cuya población fue la ciudad de Jipijapa y la muestra las dos viviendas de Bahía de Caráquez, obteniendo como resultado, desarrollar la evaluación rápida de dos viviendas, aplicando el método FEMA a fin de definir las respectivas falencias, concluyendo que a través del método de FEMA les permitió realizar una evaluación inicial y generar un estudio de mayor criterio, obteniendo el periodo fundamental dentro del rango de los parámetros, sin ser este favorable, ya que en la determinación de su elongación se estimó que la aceleración rebaso hasta tres veces lo permitido por la normativa.

Del mismo modo en la investigación que presento Quizhpilema (2017) cuyo objetivo se basó en determinar 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, la metodología para lograr dicho fin consistió en la realización de un ensayo de vibración ambiental, para de tal manera obtener el periodo de vibración real de cada bloque, identificando patologías, cuya población fue la universidad central del Ecuador y la muestra la facultad de ingeniería, logrando determinar la vulnerabilidad de estas y concluyendo que la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas,

presenta irregularidades en el proceso constructivo y no se rigieron según la norma vigente NEC-SE-DS-2015.

En la tesis de Garcés (2017) en su investigación de tesis de pregrado cuyo objetivo fue el estudio de la vulnerabilidad sísmica, en las viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali, la metodología que se utilizó fue según el método ATC 21 o método de observación rápida, que consiste en la realización de una inspección desde los exteriores de las viviendas de sus condiciones estructurales y no estructurales, y considera como población el barrio de San Judas Tadeo II y como muestra las viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada, logrando con este método establecer un nivel de vulnerabilidad y concluyendo en; los diferentes elementos estructurales que componen a estas viviendas, carecen de conceptos de estructuración para la seguridad sísmica, como carencia de una viga o cinta de amarre en las cubiertas, para posterior aplicar el método ATC-21 y determinar el nivel de vulnerabilidad, teniendo este un nivel alto.

Así mismo según la tesis de Moreno (2014), cuyo objetivo principal fue el análisis de daños estructurales causados por sismos en escuelas públicas de República Dominicana (tesis de postgrado). Universidad Politécnica de Cataluña, España, investigación del tipo cuantitativo, la metodología que uso para llevar a cabo su objetivo fue procedimientos establecidos dentro de la norma dominicana, esta investigación tubo como población las escuelas públicas en República Dominicana, y tuvo como muestra las escuelas públicas cercanas al mar lográndose como resultado la rehabilitación de las entidades escolares de manera antisísmica. Concluyendo en lo siguiente: según el análisis realizado los desplazamientos máximos entre columnas desde la base hasta la parte más alta, los pórticos que no contaron con cerramientos de muros llegaron a ser más vulnerables por lo tanto se concluye que del evento sísmico, de los 5500 edificios escolares que existen en la República Dominicana 111 escuelas, sufrieron daños

importantes en el terremoto de Haití en el año 2010, para sismo de magnitud 4.5 el 2% de estas escuelas se agrietaron.

Del mismo modo en la investigación de título que presento Lorca (2011) cuyos objetivos se basaron en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas, una tesis de posgrado, la metodología que uso para llevar a cabo su objetivo fue la recolección de datos de la población, para ser analizadas mediante la norma referente, tuvo como población las edificaciones de la región de Murcia, España y como muestra edificaciones en la ciudad de Lorca, llegando a lograr extender la metodología y procedimientos basados en tipologías constructivas así poder caracterizar dichos parámetros, de alguna manera se llegó a calibrar los índices de daño observados en terremotos pasados, concluyendo en lo siguiente: llegó a presentar resultados de parámetros urbanísticos y que ciertas edificaciones están ligados con los daños sufridos por un sismo en el año 2011, por ende edificaciones de estas características corren riesgo de sufrir daños y pudieran quedar inhabitables ante un terremoto con las mismas características. En la tesis mencionada se plantea un nuevo sistema antisísmico económico para poder solucionar el problema de vulnerabilidad sísmica.

Por otra parte, Yamin (2015) en la tesis de objetivo principal, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones de concreto reforzado mediante análisis dinámico no lineal (tesis de posgrado). La metodología que uso para llevar a cabo su objetivo fue la recolección de datos para luego ser analizadas mediante parámetros normativos aplicables, tuvo como población edificaciones de concreto reforzado en la ciudad de Colombia, logrando la obtención de una metodología detallada del procedimiento de obtención de funciones de vulnerabilidad sísmica en términos de las pérdidas económicas y su aplicación en tipologías estructurales, concluyendo principalmente en lo siguiente: La vulnerabilidad de una edificación es sensible principalmente a los siguientes parámetros: la altura de la edificación y en consecuencia su periodo estructural. El nivel de diseño (reglamentos o guía usado para el diseño y la capacidad sísmica de la edificación), entre

otros. “Las tablas de análisis de vulnerabilidad aplicadas a dos edificios, uno de los cuales también utilizó las tablas propuestas por ATC-21, alcanzaron valores similares en cuanto a vulnerabilidad, dando resultados de alta vulnerabilidad” (Yamin, p. 123).

Razón por la cual la presente investigación tratará en la medida de lo posible, simular de acuerdo a datos extraídos de la propia estructura, su comportamiento pseudo-real ante un evento sísmico.

### **2.1.2 A nivel nacional**

Así mismo en el Perú los índices de vulnerabilidad son altos en toda la región de la costa y parte de la sierra, tal como se menciona en los siguientes antecedentes:

En la tesis de Vilca y Violeta (2020), en su investigación, el objetivo fue analizar la vulnerabilidad sísmica mediante la investigación geotécnica en el edificio residencial 160 las Palomas en el Distrito de Surquillo, el método utilizado para lograr este objetivo son los estándares RNE utilizando métodos analíticos y métodos sintéticos, muestreando el edificio residencial objetivo las Palomas 160 y partiendo de los parámetros geotécnicos, para obtener la capacidad de carga estática para la capacidad portante y calcular las cargas dinámicas, utilizó coeficientes, aplico la teoría de Richard y concluyo que ante el posible terremoto de Mercalli de 8.8  $M_w$ , La facilidad del daño del terremoto es muy alta.

Según Aguilar (2021), en su tesis final de pregrado, de título vulnerabilidad estructural y resistencia sísmica de estructuras interiores AA.HH. en la zona de Carabayllo, no presentan un diseño sísmico, tomando como base teórica el análisis sísmico la RNE E.030, la población pasa a ser la zona de Carabayllo y la muestra consta de 5 viviendas AA.HH., lo que lleva a la siguiente conclusión, basada en una primera evaluación de la vulnerabilidad de las viviendas, muestran inicialmente un grado severo de vulnerabilidad, después de usar un diseño sismo resistente en las viviendas, el nivel de vulnerabilidad se redujo al 30%, y 24 % de las derivas iniciales eje Y y eje Y

respectivamente, que finalizó que las viviendas del AA.HH área de Carabayllo no son resistentes a terremotos, por lo que se puede concluir que la probabilidad de daños es alta, por lo que recomiendan que se realice capacitaciones a los usuarios de dichas viviendas.

Como se plantea en la tesis de Bermúdez y Piscoya (2021), que tuvo como objetivo estudiar la vulnerabilidad sísmica de viviendas autoconstruidas en el barrio Buenos Aires, Distrito Víctor Larco Herrera, Trujillo, Libertad 2021, como método a fin de lograr el objetivo fue el método analítico, teniendo como la población el distrito de Víctor Larco Herrera y, como muestra las viviendas autoconstruidas en el barrio Buenos Aires, se obtuvo como conclusión del estudio de vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas son de moderada a alta sensibilidad o vulnerabilidad donde, la mayoría de los cuales no cumplen con los parámetros especificados por el reglamento de las normas nacionales de construcción.

En la tesis de Aguirre y Sandoval (2019) cuya finalidad fue determinar la sensibilidad sísmica mediante el uso del método Hirosawa en la institución educativa Elvira García y García - Chiclayo - Perú, el uso del método Hirosawa, consistió en la estimación de los niveles de vulnerabilidad de lo simple a lo detallado, basado en el análisis sísmico, la población se ha identificado la ciudad de Chiclayo, y la muestra la I.E. Elvira García y García, como resultados la edificación presentó buenas condiciones en su redimensionamiento de los 18 módulos analizados solo 4 resultaron inseguros, finalizando que en la edificación los resultados, por método Hirosawa, para la institución educativa de Elvira García y García se ve sensiblemente afectada por actividades sísmicas, en 04 módulos y con métodos cuantitativos dan como 8 módulos que son vulnerables.

Por otra parte, en el estudio de Cajan y Falla (2020) cuya finalidad fue la determinación de la vulnerabilidad sísmica según el método Benedetti-Petrini de edificios categoría C, en nueve zonas de la ciudad de Reque (tesis de pregrado), empleando como metodología la descriptiva, del tipo de investigación cuantitativa, teniendo como población



la ciudad de Chiclayo y como muestra edificaciones de la ciudad de Reque, lográndose determinar la zonificación de la vulnerabilidad de estas construcciones. Llegó a la siguiente conclusión: Aplicando el método Benedetti-Petrini a fin de analizar la vulnerabilidad de las edificaciones categoría C, se encontró que estas van de media a alta vulnerabilidad, ya que la mayoría de ellas tienen índice de vulnerabilidad mayor o igual a 20 y menor a 100: bajo de 0% a 20%, medio de 20% a 40% y alto de 40% a 100%.

Así mismo, en la tesis de Casas (2020) con objetivo principal la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas temporales de acuerdo con las normas nacionales de construcción en A.H. San José, zona de San Martín de Porres (Tesis de Pregrado) empleando como metodología la descriptiva del tipo de investigación cuantitativa, teniendo como población a las edificaciones de San José, Distrito de San Martín de Porres y muestra las edificaciones en el Asentamiento Humano, lográndose determinar una visión clara de la vulnerabilidad de estas construcciones, el mismo que concluyó en lo siguiente: según el análisis de vulnerabilidad y comportamiento sísmico de estas edificaciones, se determinó que a causa de un eventual sismo severo las edificaciones colapsarían, estimando el riesgo sísmico en categoría alta, además de determinar los valores excedentes de los desplazamientos, de acuerdo con los parámetros de diseño del método estático.

En la tesis de Hoyos (2014) en su investigación de tesis de pregrado, cuyo objetivo fue el analizar la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en el sector Morro Solar Bajo, ciudad de Jaén, teniendo como base teórica para el análisis sísmico el RNE E.030, asumiendo como población a la ciudad de Jaén y como muestra las edificaciones en Morro Solar Bajo, logrando determinar la vulnerabilidad en el lugar de la investigación, concluyendo en lo siguiente: del total de la muestra, el 73% de las viviendas tienen riesgo alto, el 27% riesgo medio; Asimismo, el 7% de las muestras presentaba lesiones muy altas, el 67% lesiones altas y el 27% restante lesiones moderadas.

En relación a la tesis de Laucata (2013) cuyo objetivo viene hacer el aporte en el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo, utilizando la metodología del orden observacional para un nivel descriptivo analítico con enfoque de investigación cuantitativa, de la revisión a la investigación la población fue la ciudad de Trujillo y la muestra las viviendas autoconstruidas, obteniendo como evidencia la falta de profesionalismo en el proceso constructivo de las edificaciones y como también la falta del control de calidad de los materiales de construcción, finalizando que las edificaciones autoconstruidas en la ciudad de Trujillo estarían propensas a sufrir colapso según los datos obtenidos del análisis de vulnerabilidad.

Por último, Urbano (2012) deja ver en su investigación de tesis de pregrado cuyo objetivo fue la determinación de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de la ciudad Primavera- Vigueta, aplicando como base teórica para el análisis sísmico el RNE E.030, obteniendo como población la ciudad de Huaura y como muestra tuvo las edificaciones del sector de Primavera, logrando determinar la vulnerabilidad de estas, y concluyendo en lo siguiente: que en el lugar de estudio, en efecto presenta una vulnerabilidad alta, debido al proceso auto constructivo con el material de adobe.

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

Del mismo modo en la región de Apurímac, que se podría decir que se encuentra en una zona medianamente sísmica, pero que no es ajena a los efectos de la naturaleza como son los eventos sísmicos, sus construcciones también se encuentran vulnerables y/o presentan índices de vulnerabilidad alta, como se viene mencionando líneas arriba, afirmaciones que se reflejan en investigaciones como:

De acuerdo a la tesis de Huashua y Sanchez (2017), cuyo objetivo principal es analizar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de la urbanización Bella Vista en la ciudad de Abancay – Apurímac (Tesis de Pregrado), la metodología que usó para llevar a cabo su objetivo, fue la recolección de datos en base a fichas

observacionales, teniendo como población las edificaciones de la ciudad de Abancay y como muestra las viviendas autoconstruidas de la urbanización bella vista de esta ciudad, logrando así determinar el nivel de vulnerabilidad de estas construcciones, llegando a la importante conclusión: el 52% de las viviendas evaluadas se encuentra con una vulnerabilidad alta entre el (40% a 100%), mientras que el 46% comprende una vulnerabilidad media entre el (20% al 40%) y el 2% tuvo un índice de vulnerabilidad baja entre (0 a 20%).

La experiencia de terremotos pasados nos ha enseñado que existen estructuras del mismo tipo que pueden ser afectadas más o menos por terremotos, aunque se encuentren en el mismo lugar. Esto se debe a que algunas estructuras tienen una mejor calidad de construcción que otras, en otras palabras, son menos propensas a sufrir daños. Por lo tanto, se puede decir que la vulnerabilidad sísmica de una estructura o grupo de estructuras es la calidad estructural o resistencia sísmica de sus elementos estructurales.

El hecho de que una estructura sea más o menos vulnerable a un sismo con ciertas características es inherente a cualquier estructura, es decir, independiente de la peligrosidad sísmica del lugar, ya que así la estructura puede ser vulnerable pero no perjudicada. a menos que esté en un área específica de riesgo sísmico. Desde este punto de vista, se puede ver que las pruebas de sensibilidad sísmica se pueden aplicar a cualquier estructura de ingeniería, como edificios, presas, carreteras, puentes, taludes, plantas de energía nuclear, etc. En general, todas las edificaciones deben saber su estado ante un posible terremoto y sus consecuencias.

La realización de estudios a nivel urbano, se puede reducir al conocimiento de algunos parámetros básicos para poder clasificar la estructura o, en otras palabras, al conocimiento de su calidad estructural. Normalmente, al plantear la realización de un estudio de riesgo sísmico lleva implícito la realización del estudio de grandes áreas para lo cual, los estudios a nivel urbano son los más factibles. Por lo tanto, es oportuno aclarar que estos estudios generalmente están englobados dentro de un marco estadístico, por lo

que casi todas las estimaciones de la vulnerabilidad tienen niveles significativos de incertidumbres asociados. Gran parte de esto se debe a que las estimaciones se realizan sin considerar estudios detallados en la construcción, condición y comportamiento de la estructura. A menudo, la estimación de la vulnerabilidad se realiza basada en observaciones visuales sin referencia en cálculos matemáticos del comportamiento estructural, por estas razones en la presente investigación se analizó un poco más, realizando el cálculo estructural con el modelamiento estructural ante condiciones dadas, de manera de poder estimar con más cercanía el grado de vulnerabilidad de estas construcciones, y además dados los resultados en lo posible plantear un sistema de reforzamiento post - construcción y/o posibles soluciones.

## **2.2 Bases Teóricas**

Para comprender de mejor manera de lo que se pretende realizar en la presente investigación se definirán algunos conceptos que servirán de base teórica, de tal forma que se puedan relacionar en el capítulo correspondiente.

### **2.2.1 Relación que existe entre características de suelo y vulnerabilidad sísmica en edificaciones.**

**2.2.1.1 Características del suelo** Se determinarán por medio de ensayos establecidos en NTP, y las guías contempladas en el RNE E.050.

**2.2.1.1.1 Perfil del suelo:** Según Vásquez (2017) RNE E.030 Diseño Sismorresistente en el Artículo 12.1 nos dice sobre los perfiles de suelo que se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte, alternativamente para suelos granulares el promedio ponderado  $N_{60}$  obtenidos mediante ensayos de penetración estándar, o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  para suelos cohesivos, los tipos de perfiles de suelo lo clasifica de la siguiente manera:

**Perfil tipo  $S_0$ :** Roca dura, rocas con velocidad de propagación de las ondas de corte  $V_s$  superior a 1500 m/s.

**Perfil tipo S<sub>1</sub>:** Roca o suelos muy rígidos, rocas y suelos muy rígidos con una velocidad de propagación de las ondas de corte  $V_s$  entre 500 m/s y 1500 m/s.

**Perfil tipo S<sub>2</sub>:** Suelos intermedios, suelos medianamente rígidos con velocidades de propagación de las ondas de corte  $V_s$  entre 180 m/s y 500 m/s.

**Perfil tipo S<sub>3</sub>:** Suelos blandos, suelos flexibles, con velocidad de propagación de las ondas de corte  $V_s$  de 0 a 180 m/s.

**Perfil tipo S<sub>4</sub>:** Roca Dura, rocas con velocidad de propagación de las ondas de corte  $V_s$  mayor que 1500 m/s.

De esto se puede concluir que las ondas sísmicas viajan más rápido a través de un material más denso, pero con una amplitud baja y viajan más lento sobre un material menos denso, pero al disminuir su velocidad aumenta su amplitud para poder transportar la misma cantidad de energía y cuando esto ocurre, se producen sacudidas de terreno más fuertes y destructivas por ello, es importante conocer el tipo de suelo donde se ubica la edificación a analizar.

Así mismo dentro del RNE 0.50 Suelos y cimentaciones, nos señala que un perfil de suelo son los diferentes estratos que forman el terreno investigado indicando para cada uno de ellos sus características de acuerdo a la NTP 339.150.

**2.2.1.1.2 Tipo de suelo:** Se logran clasificar basándose a su composición, teniéndose dos grandes grupos que son los suelos granulares y los suelos cohesivos, así como también la turba o suelos orgánicos, su clasificación dependerá del tipo de método que se opte, teniéndose en la actualidad dos, y usándose mayoritariamente el método de clasificación de suelos con propósitos de ingeniería del Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS, NTP 339.134.

**2.2.1.1.3 Tipo de cimentación:** según el RNE E.050 Suelos y cimentaciones, se puede clasificar en dos tipos cimentaciones profundas y cimentaciones superficiales, definiendo a esta última como la relación de profundidad de la cimentación / ancho de la zapata, menor o igual a cinco.

De aquí que se pueda relacionar que las características del suelo sobre las cuales yace una edificación en conjunto con él como se construyó (subestructura y superestructura), definirán la probabilidad de sufrir daños en mayor o menor medida.

Vizonde (2004) En su investigación mencionó que analizar el suelo donde se encuentra está estructura es relevante porque el sismo se da en la corteza terrestre, y se propaga desde el suelo hasta la edificación, por ello si el suelo presenta algunos defectos la respuesta sísmica del edificio también se verá afectada. La estratigrafía, la hidráulica, la resistencia del suelo, las propiedades del suelo y el comportamiento dinámico son factores que afectan la respuesta sísmica de la cimentación de cualquier edificación, porque está sujeta a las fuerzas sísmicas de la textura por lo que será responsable. En la mayoría de los comportamientos de construcción. El suelo también puede ser pensado como un vibrador y por lo tanto tendrá una serie de periodos de oscilación libre dependiendo de sus condiciones estratigráficas y propiedades dinámicas. Uno encontrará que tener un período de oscilación pico o un período fundamental puede ser excitado por temblores sísmicos más fácilmente que por armónicos más altos y puede hacer que el suelo se agriete cuando tiene resistencia.

Cuando el período principal  $T_s$  de la Tierra coincide aproximadamente con uno de los ciclos de construcción, el edificio resuena, produciendo un aumento en la aceleración en su centro de masa en relación con la aceleración máxima de la superficie terrestre, este es un muy buen ejemplo. Un ejemplo de este fenómeno citado en muchas revistas científicas es lo ocurrido con el puente de Tacoma en Estados Unidos. Esto sucedió en muchos edificios durante el terremoto de México de 1985. El ciclo básico  $T_s$  del suelo es el más importante a considerar porque provoca la mayor reacción y por lo tanto logra la máxima ganancia permisible para la determinación.

Todas las estructuras tienen masa y cierta elasticidad, por lo que pueden vibrar, las cuales pueden ser excitadas por factores de vibración tales como: motores, vientos, terremotos, etc. Si la frecuencia con la que vienen estas fuentes de vibración coincide con la frecuencia natural de vibración de la analizada estructura, entonces la estructura entra en resonancia, y la amplitud de sus vibraciones puede alcanzar valores suficientes para dañarla o incluso destruirla. La mayoría de los terremotos resultan del movimiento de las ondas sísmicas a lo largo de los planos de falla en la corteza terrestre. (Cárdenas y Cepeda, 2016)

### **2.2.1.2 Vulnerabilidad sísmica**

Vizonde (2004) define la vulnerabilidad a los sismos como el grado de daño estructural causado por un sismo con características específicas. Estas estructuras se pueden clasificar como "más vulnerables" o "menos vulnerables" a los choques sísmicos. Cabe señalar que la vulnerabilidad de una edificación ante eventos sísmicos es en sí misma una propiedad intrínseca y, además, no depende del riesgo del sitio, puesto que en sismos pasados aquí se ha señalado que las edificaciones de este tipo resultan dañadas, siempre que se encuentren dentro de la zona sísmica. En otros términos, una estructura logra ser vulnerable mas no dañarse a menos que esté ubicada en un lugar con un riesgo sísmico o amenaza sísmica específica. La vulnerabilidad del elemento o sistema, que se mide en términos de:

- ✓ Características de la aceleración relativa al suelo.
- ✓ Respuesta del edificio a la aceleración y al desplazamiento.
- ✓ El tamaño y peso.
- ✓ La posición del elemento en el edificio.
- ✓ Tipo de sistema contra la fuerza lateral del edificio.

Esta vulnerabilidad se puede medir en tres categorías. La posibilidad de daño es alta si el miembro no tiene una buena base o no es el adecuado, por lo que es más fácil que se dañe. La probabilidad de falla es moderada si el componente está anclado, pero existe una probabilidad moderada de que el anclaje falle debido a la actividad sísmica. La posibilidad de falla es bajo si el componente que se evalúa se fija lo suficientemente bien. Las consecuencias, como la valoración del impacto de los daños en cosas y personas, dependen de su ubicación en el edificio y de su ocupación en un determinado servicio. Estos efectos pueden ser altos, medios o bajos.

Villarreal (2009) La elasticidad de una superficie de fundación se ve plasmado en los periodos, frecuencias y formas de libre oscilación de las estructuras, y estas influyen directamente en la magnitud de las fuerzas sísmicas.

La vulnerabilidad dependerá directamente de las características del suelo si la fuerza sísmica esperada en el lugar no haya sido considerada en el análisis inicial, y como consecuencia la edificación, sufriría fallas estructurales o su destrucción.

Morillo (2021), en su investigación nos presenta la aplicación de la metodología de Bazán y Meli, para definir la vulnerabilidad en edificios a la acción sísmica, mediante la comparación del periodo natural de vibración de la estructura, con el periodo de vibración del suelo, excitado por una fuente como es el sismo, el cual consiste en aplicar el procedimiento del ASCE 7-16 y RNE E030, calcular el período principal de la estructura en relación con el diseño de la estructura y su altura, y utilizar la relación espectral H/V para obtener el período principal del terreno. Para determinar la susceptibilidad sísmica, partiendo desde el cálculo del periodo fundamental de vibración del suelo



asociado a la estructura, se define si la edificación está sujeta a este fenómeno utilizando el intervalo de respuesta máxima o simplemente de cercana sugerida por Bazán y Meli

$$0.7 \leq T_E / T_s \leq 1.2$$

Donde:

TE: Periodo fundamental de vibración de la estructura

Ts: Periodo fundamental de vibración del suelo

Se define los niveles de vulnerabilidad en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Niveles de Vulnerabilidad Ante Resonancia Sísmica*

<b>Nivel de Vulnerabilidad</b>	<b>Rango de Proximidad</b>
Alto	$0.9 \leq T_E/T_s \leq 1.0$
Medio	$0.8 \leq T_E/T_s \leq 0.9$
	$1.0 \leq T_E/T_s \leq 1.1$
Bajo	$0.7 \leq T_E/T_s \leq 0.8$
	$1.1 \leq T_E/T_s \leq 1.2$

*Nota:* Cuadro adaptado de Vulnerabilidad de las edificaciones ante resonancia sísmica en Huancayo por el sismo del 7 de agosto de 2020 Mw=4.9 utilizando aplicación de la metodología de Bazán y Meli

Para la obtención de los objetivos planteados en esta investigación se optará de ser posible esta aplicación de metodología propuesta por Bazán y Meli.

## **2.2.2 Relación que existe entre comportamiento estructural según análisis sísmico y vulnerabilidad sísmica en edificaciones.**

### **2.2.2.1 Comportamiento estructural**

El comportamiento estructural es cómo responde toda la estructura a los desplazamientos y deformaciones antes de que se aplique una fuerza externa; Las relaciones matemáticas que existen entre las fuerzas generales y los desplazamientos generales a menudo se denominan relaciones que definen el diseño. (Eden Capcha Ingeniería, 2017).

Se determinará por medio de modelos matemáticos lo más cercanos a la realidad de tal forma, de simular mediante un espectro de diseño para ver su comportamiento general ante estas fuerzas sísmicas, para lo cual se presentan algunas teorías relevantes en esta investigación.

#### **2.2.2.1.1 Rigidez de la estructura**

Salinas (2018) durante el movimiento de la edificación provocado por sismos, actuando sobre ella desde diferentes direcciones, se encontró que el movimiento del suelo tiene seis componentes de movimiento independientes, tres de traslación y 3 de rotación, incluyendo la traslación transversal. independientemente para incluir las condiciones de carga en el cálculo, a menudo son las más importantes.

La rigidez global de la estructura se obtendrá a partir de una serie de características intrínsecas de la edificación, idealizadas en un modelo matemático tridimensional, para luego ser inducidas por fuerzas horizontales sísmicas a esfuerzos y deformaciones que han de ser relacionadas, con la susceptibilidad a la probabilidad de sufrir daños, tratando de relacionar que a mayor rigidez menor vulnerabilidad de esta.

#### **2.2.2.1.2 Torsión, daño y confiabilidad**

Muñoz (2020), los giros de los pisos (diafragmas) en edificaciones con torsión pueden volverse perjudiciales, ya que el desplazamiento lateral en un extremo de la edificación puede superar el triple del desplazamiento en el extremo opuesto. En los edificios torsionados seriamente, los ejes sísmicos con desplazamientos graves tienen una invasión más grave, y por ende su rigidez lateral sufre mayor degradación en relación al

eje de menor desplazamiento, esto da como consecuencia que esta deformación vaya aumentando y durante un evento sísmico, estas edificaciones queden con daños irreparables o colapsen.

#### **2.2.2.1.3 Agrietamiento, fuerzas de diseño y desplazamiento**

Los edificios de hormigón armado en condiciones de servicio a menudo muestran un grado significativo de agrietamiento debido a la tensión de tracción de las cargas existentes, agrietamiento debido a cambios de temperatura, expansión y compresión. Al calcular con fisuras en secciones, los valores de periodo de oscilación aumentan, y según E.030, para periodos mayores a  $T_p$ , un aumento de periodos lleva a una disminución de la fuerza de diseño, para desplazamientos transversales elásticos, el aumento no es significativo. (Muñoz, 2020)

#### **2.2.2.1.4 Desplazamientos laterales**

Muñoz (2020), se ha reconocido una relación directa en el diseño sísmico desde hace varios años entre el daño estructural y el desplazamiento lateral de las estructuras durante un sismo de diseño (gran terremoto), todos los índices recomendadas para la cuantificación del daño incluyen el desplazamiento horizontal.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificación, se dará por medio de un pseudo espectro de aceleraciones que simulará los esfuerzos en la edificación debido a la acción sísmica, generando parámetros mínimos a ser tomados en cuenta en la concepción estructural, parametrizando que a mayores resultados comprendidos dentro de lo establecido en la norma; se tendrá edificaciones aceptables o con menor vulnerabilidad ante la ocurrencia de un evento sísmico.

#### **2.2.2.2 Análisis sísmico para determinar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones según RNE E.030**

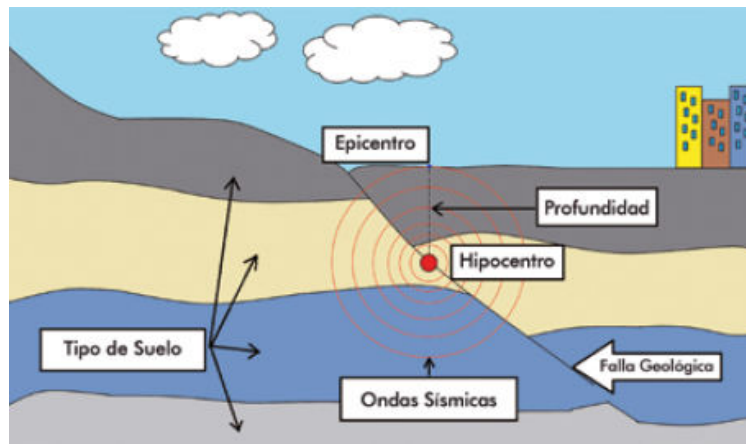
El análisis sísmico contemplado en la norma peruana viene dado por el capítulo 29 de la RNE E030, que menciona el procedimiento, así como también la verificación de las propiedades como: masas, deslizamientos, periodos.

Dentro de esta parte referenciaremos lo estipulado en el RNE E030 Diseño Sismorresistente, para posteriormente poder evaluar los resultados arrojados, mediante la incorporación de las consideraciones planteadas en la presente investigación.

Según CENEPRED los sismos son movimientos ocasionados por la liberación de energía que pueda generarse alrededor de las placas tectónicas que están en constante movimiento, al liberarse estas energías se originan formas de ondas sísmicas que se propagan al interior de la tierra antes de llegar a la superficie, las estaciones sísmicas registran el paso de estas ondas y se almacenan para su posterior análisis.

**Figura 2**

*Sismo Originado por Una Falla Geológica*



*Nota:* Figura muestra los componentes del sismo, sobre una falla geológica. Imagen adaptada del manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales CENEPRED 2014

### Figura 3

#### *Efecto de Ondas Sísmicas en Edificaciones*



*Nota:* La figura muestra los niveles de daño que producen las ondas sísmicas según su magnitud. Imagen adaptada del manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales CENEPRED 2014.

Para el análisis de la edificación en estudio se toma como guía y referencia establecida en la RNE E.030 Diseño Sismorresistente 2019 donde se utiliza los dos primeros procedimientos de los siguientes:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalente (Art. 28)
- Análisis dinámico modal espectral (Art. 29)

El análisis se realizó con un modelo de comportamiento elástico lineal con demandas sísmicas reducidos. También debe aclararse que el procedimiento de análisis de tiempo dinámico descrito en el art. 30 RNE E030 podrá utilizarse con fines de verificación, pero no se requiere como sustituto de los procedimientos a que se refiere el artículo. 28 y 29.

En el RNE E.030 en la parte de zonificación, especifica aceleraciones en función a la ubicación y para la ciudad de Abancay en específico muestra aceleraciones de 0.25g,

asociada a un sismo de diseño (severo) para la zona, proporcionado factores de amplificación "S" por efectos locales del suelo, entonces como menciona Muñoz (2020): en la revista comentarios a la norma E.030, el análisis utilizando el modelo elástico y los requisitos sísmicos reducidos da valores para fuerzas internas y desplazamientos laterales. Los esfuerzos así obtenidos deben entenderse como la resistencia mínima necesaria de los elementos estructurales a las acciones sísmicas, y no como los esfuerzos internos provocados por el sismo.

#### ***Análisis estático lineal:***

Zúñiga (2010), refiere que las demandas de los sismos en el análisis lineal estático son incorporadas por fuerzas horizontales equivalentes y la suma de estas es igual a la pseudo fuerza definida en el numeral 4.5.3. del RNE E.030. La magnitud de esta fuerza pseudo horizontal ha sido igualada con el propósito de que cuando sea aplicada a un modelo linealmente elástico, dé como resultado desplazamientos de diseño aproximados a los máximos esperados durante un sismo. En el análisis lineal estático, la edificación es modelada con rigidez linealmente elástica y amortiguamiento viscoso equivalente que se aproxima a valores esperados para cargas cercanas al punto de fluencia.

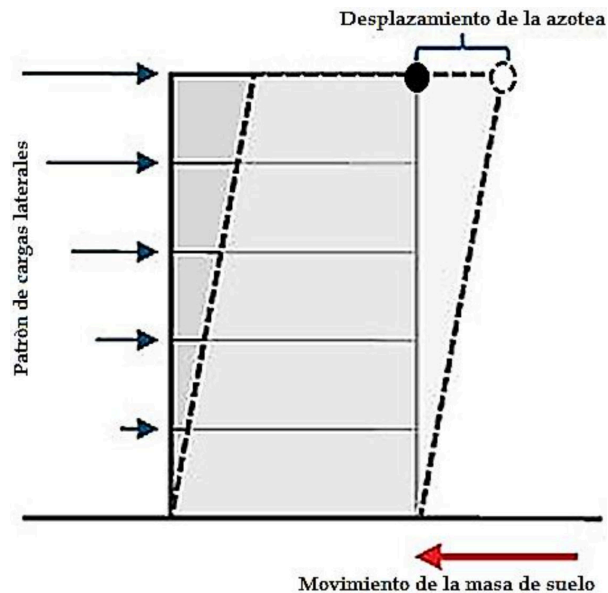
Muñoz (2020) es un método que cuenta en su formulación con grandes simplificaciones importantes, tales como: "asumiendo que existe un periodo fundamental de vibración, correspondiente al 100% de la masa del edificio, durante el movimiento del edificio, se asume el modo vibratorio, dependiendo de la altura y el grado del exponente, se estima el valor del período fundamental de la oscilación mediante expresiones muy aproximadas y se considera que el efecto de torsión está completamente separado del movimiento de traslación, y luego se tiene en cuenta. en el modelo por el momento del piso dependiendo de la resistencia del piso y la excentricidad aleatoria" (p.35).

#### ***Análisis por fuerzas laterales equivalentes:***

Este análisis es un procedimiento bastante simple y tiene sus años en el diseño de las edificaciones, se usa generalmente para edificaciones de pocos niveles o poca altura, con regularidad en su elevación y distribución de masas y rigideces, igual al párrafo anterior son usadas cargas laterales o horizontales equivalentes, con magnitudes basadas en una estimación del periodo fundamental de vibración de la estructura, la distribución en los niveles se hace de acuerdo a lo estipulado en el RNE E.030. Este método representa la actividad sísmica a través de un conjunto de fuerzas que actúan en el centro de masa de cada piso del edificio. (Zúñiga, 2010).

**Figura 4**

*Ejemplo de Representación de las Cargas Laterales Equivalentes*



*Nota:* La figura presenta el desplazamiento horizontal debido a fuerzas horizontales. Imagen adaptada de <https://docplayer.es/docs-images/89/97759166/images/68-0.jpg>

**Espectro de respuesta:** Un concepto básico en ingeniería sísmica es el espectro de respuesta, el cual provee un completo resumen de las respuestas máximas de todos los posibles sistemas dinámicos lineales de un grado de libertad para un registro sísmico en particular. El espectro de respuesta también plantea un enfoque práctico a ser aplicado en el diseño de estructuras y requerimientos de fuerza lateral en los códigos de diseño. (Vargas, 2013, p.16).

Un espectro de respuesta es la representación de los valores máximos del parámetro de respuesta en función del periodo natural de vibración ( $T_n$ ) del sistema. Cada representación es para sistemas de un grado de libertad teniendo una relación de amortiguamiento constante.

**Espectro de diseño:** La mayoría de los países propensos a los terremotos, donde la peligrosidad sísmica es relevante, por citar países dentro del cinturón de fuego, tienen estándares de diseño resistentes a los terremotos obligatorios. En estas disposiciones se proponen los espectros de diseño en el formato de espectros de respuesta con un 5% de amortiguamiento. (Vargas, 2013, p.17).

Así en el Perú rige el RNE E.030-2019. Donde señala: En general el espectro de diseño se propone mediante funciones analíticas sencillas teniendo en consideración los tramos de aceleración constante, desplazamiento constante y velocidad constante. En RNE E.030, los espectros de respuesta de las componentes horizontales de la acción sísmica, se define por la siguiente expresión:

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

Donde:

Sa: Aceleración espectral

Z: Factor de Zona (definido en el artículo 10 de la E.030)

U: Factor de uso de la edificación (definido en el artículo 15 de la E.030)

C: Factor de amplificación sísmica (definido en el artículo 14 de la E.030)

S: Perfil del suelo (definido en el artículo 12 de la E.030)

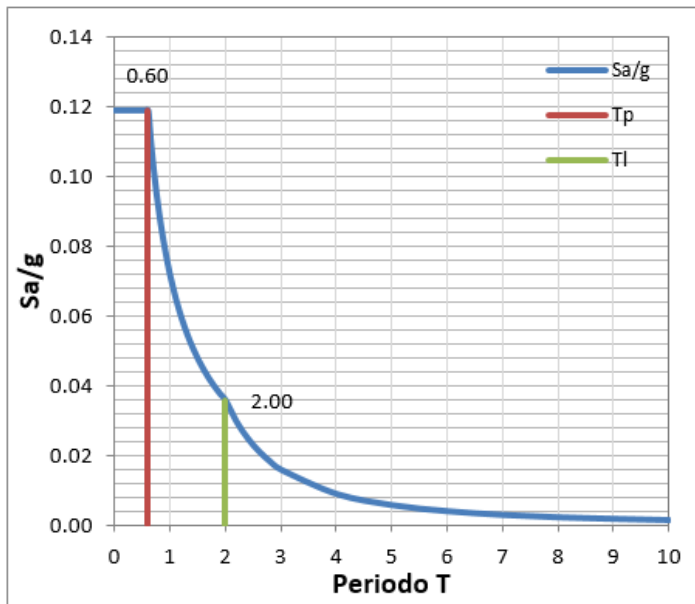
R: Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (definido en el artículo 18)

g: aceleración de la gravedad en ( $m/s^2$ )



**Figura 5**

*Ejemplo de un Espectro Sísmico de Diseño*



***Análisis dinámico modal espectral:***

Según Zúñiga, Este método es aplicable a cualquier estructura en su rango lineal de comportamiento. Este método está basado en la descomposición de la respuesta dinámica de una estructura en respuestas modales desacopladas (correspondientes a sistemas de un grado de libertad con las mismas frecuencias que las frecuencias modales), las cuales son luego combinadas para calcular la respuesta total. El método es generalmente usado en conjunto con un espectro de respuestas. En tal caso, las respuestas máximas son calculadas y combinadas por regla de superposición modal disponibles como combinación cuadrática completa por sus siglas en inglés (CQC) o la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados o por sus siglas en inglés (SRSS), para obtener estimados de la respuesta media máxima esperada de la estructura, según el RNE E.030, cualquier estructura puede ser diseñada siguiendo los resultados arrojados por combinación modal espectral. Si un espectro elástico es usado, el método es exacto; sin embargo, como en el caso de la norma peruana, el método es generalmente usado junto

con un espectro de diseño cuyas ordenadas han sido reducidas para explicar el comportamiento inelástico.

***Análisis dinámico tiempo historia:***

En un análisis dinámico lineal estático donde la estructura es sometida a una aceleración en la base (usando registros sísmicos discretizados o registros sísmicos sintéticos) y la respuesta es calculada por integración directa en el tiempo de las ecuaciones de movimiento (en vez de usar descomposición modal). Deben considerarse pares de registro de aceleraciones (proveniente cada par de un mismo sismo) aplicados en las direcciones ortogonales de la edificación. (Zúñiga, 2010, p.29).

Del mismo modo el RNE E.030 señala que este análisis puede ser usado como un procedimiento complementario para el análisis estático y análisis dinámico, en este tipo de análisis se tiene en cuenta un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, de tal manera de obtener la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del suelo se pueda obtener la integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

**2.2.2.3 Análisis sísmico para determinar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones según FEMA 440**

FEMA 440, basada en desplazamientos iguales (elástico y elásto - plástico)

Este método compara la capacidad de una estructura para resistir fuerzas laterales con la demanda sísmica, la cual está representada a través de diagramas espectrales. La superposición de la capacidad de la estructura con la demanda sísmica da origen al punto de desempeño.

López y Del Re Ruiz (2008): basado en el desplazamiento del sistema elástico de un grado de libertad, este método utiliza factores de corrección (C0, C1, C2, C3) para estimar el desplazamiento en la cubierta de la estructura de grados N, una libertad de

respuesta inelásticamente, teniendo los siguientes procesos: la curva de capacidad de la estructura se genera mediante análisis estático no lineal y se construye una representación bilineal, se calcula el periodo fundamental efectivo ( $T_e$ ) y la fuerza cortante basal cedente ( $V_y$ ). Se considera que el periodo se obtiene modificando el periodo inicial mediante el cálculo de la rigidez efectiva obtenida de la curva bilineal. La demanda de desplazamiento ( $\delta_i$ ) se toma de la siguiente fórmula:

$$\delta_i = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2}$$

Teniendo en cuenta que  $C_0$  es un factor que corresponde al desplazamiento espectral de un sistema de un grado de libertad con el desplazamiento en el techo del sistema de varios grados de libertad, y oscila entre 1 y 1.5 dependiendo de la cantidad de pisos y tipo de estructura;  $C_1$  es un factor que relaciona el desplazamiento inelástico con el desplazamiento del sistema elástico, y varía entre 1 y 1.5 siendo la función de  $T_e$  y  $T_s$  (periodo de esquina de espectro),  $S_a$  y  $V_y$ ;  $C_2$  es un componente que representa el efecto de la forma de los lasos de histéresis (efecto de degradación de rigidez y deterioro de resistencia) en el desplazamiento, y varía de 1 y 1.5 dependiendo de la relación  $T_e/T_s$  del tipo de estructura y del nivel de deformación;  $C_3$  es un factor que representa el incremento de desplazamiento debido al efecto P- $\Delta$  dinámico;  $S_a$  es la aceleración espectral del sistema elástico para el periodo de  $T_e$  y el amortiguamiento correspondiente.

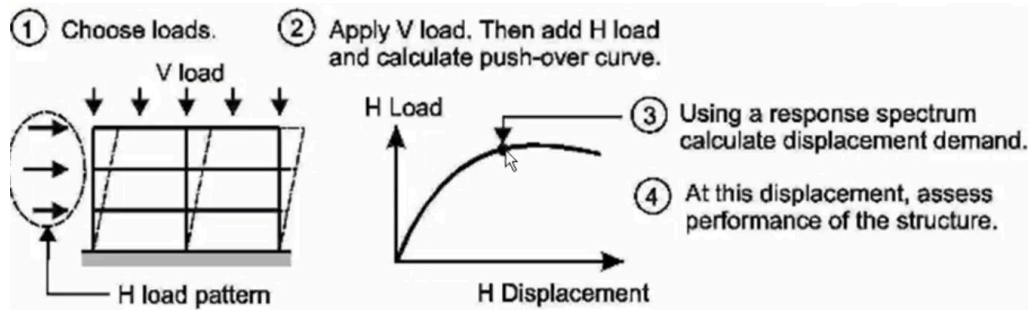
#### **2.2.2.4 Análisis sísmico para determinar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones según ATC-40**

Según Borgo (2018) El ATC-40: Es un conjunto de procedimientos que evalúa las edificaciones existentes ante las ocurrencias de un sismo, de la comisión de seguridad sísmica de california (CSSC), basado en la rigidez de la estructura en el punto de desempeño, se utiliza para plantear un adecuado sistema de reforzamiento estructural, basándose en el desempeño estructural, consiste en determinar la curva de capacidad de la estructura y así después intersectarla con el espectro de demanda, para poder

obtener una expresión del comportamiento deseado o del desempeño objetivo que debe ser capaz de alcanzar un edificio sujeto a un determinado nivel de movimiento sísmico, se aplica con un análisis estático no lineal y/o análisis dinámico no lineal.

**Figura 6**

*Grafica de la Curva de Capacidad*



*Nota:* La figura muestra los niveles de desempeño según el ATC-40 de un pórtico. Imagen Adaptada de la clase 15 [https://www.youtube.com/watch?v=-jWF-u\\_qSGM](https://www.youtube.com/watch?v=-jWF-u_qSGM).

#### **2.2.2.5 Vulnerabilidad sísmica estructural**

se refiere a la susceptibilidad de los elementos estructurales a sufrir daños estructurales valga la redundancia debido a sismos, y al deterioro de estos mismos elementos como son: vigas, columnas, muros de corte.

#### **2.2.2.6 Vulnerabilidad sísmica no estructural**

Este análisis se asocia a la susceptibilidad de los elementos no estructurales a sufrir daños por fuerzas sísmicas, entendiéndose el deterioro de los elementos como: tabiquería, puertas, ventanas, entre otros.

Para fines de obtener los objetivos planteados en la presente investigación se aplicará lo estipulado en el ATC-40, de tal manera de obtener el nivel de vulnerabilidad con la que la edificación de la galería comercial Las Américas cuenta.

### **2.2.3 Relación que existe entre características de la estructura y vulnerabilidad sísmica en edificaciones.**

#### **2.2.3.1 Características de la estructura**

Las características de la estructura se extraerán por medio de inspecciones visuales, medidas in situ, determinar sus propiedades de resistencia  $f'c$ , identificar fenómenos de piso blando, columnas cortas, entre otros.

Para las edificaciones analizadas, la técnica constructiva que se puede observar es un híbrido entre albañilería confinada y sistemas a porticados con tabiques de relleno, primeramente construyeron las columnas, luego de terminar del encofrado se levantan la albañilería y por último vaciar la losa del techo en conjunto con las vigas, por ende, algunos muros son portantes de cargas verticales, no obstante se encuentran separados de las columnas (como si existiese una junta vertical lisa al ras entre ambos materiales).

Muñoz (2020), "los tabiques que no se aislen del sistema estructural deben ser incluidos en los modelos matemáticos para el análisis sísmico"(p.33)

Muñoz (2020) recalca la importancia de plasmar en el modelo matemático estructural espacial de masas y rigideces, para poder así obtener las principales características dinámicas del edificio como modos y frecuencias de vibración, y con esto el comportamiento ante una acción sísmica. La norma nos acepta usar las propiedades de las secciones brutas en lugar de las secciones agrietadas y reforzadas.

En sus características de la estructura podemos mencionar que la edificación consta principalmente de un sistema de pórticos con tabiques no aislados según se pudo observar en las inspecciones realizadas al lugar, pudiéndose generar ante la ocurrencia de un sismo el denominado columna corta.

Según Beauperthuy y Urich (2009): refiere que una columna corta es una restricción parcial del desplazamiento lateral del cuerpo de la columna a causa de que los tabiques no están aislados de dichos elementos, estas a su vez transfieren la rigidez de estas hasta su intersección con las columnas, dando como consecuencias una

modificación local de la distribución de tensiones y deformaciones del miembro estructural afectado.

### **Figura 7**

*Efecto de las Columnas Cortas frente a un Sismo.*



*Nota:* la imagen nos muestra el efecto de columna corta en el sismo de Pisco del 2007, imagen adaptada de, Defectos que incidieron en el comportamiento de las construcciones de albañilería en el sismo de Pisco del 15-08-2007, por Ángel San Bartolomé

De igual forma se puede advertir los posibles efectos de piso blando consistiendo según San Bartolomé (2008), cada vez que hay un cambio brusco de rigidez entre los pisos consecutivos, ejemplo esto se presenta en ingresos a cocheras debido a esto, el primer nivel no tiene densidad de muros mientras que en los niveles superiores sí se presentan

### **Figura 8**

*Efecto de Piso Blando y Torsion, en Sismo de Pisco 2007*

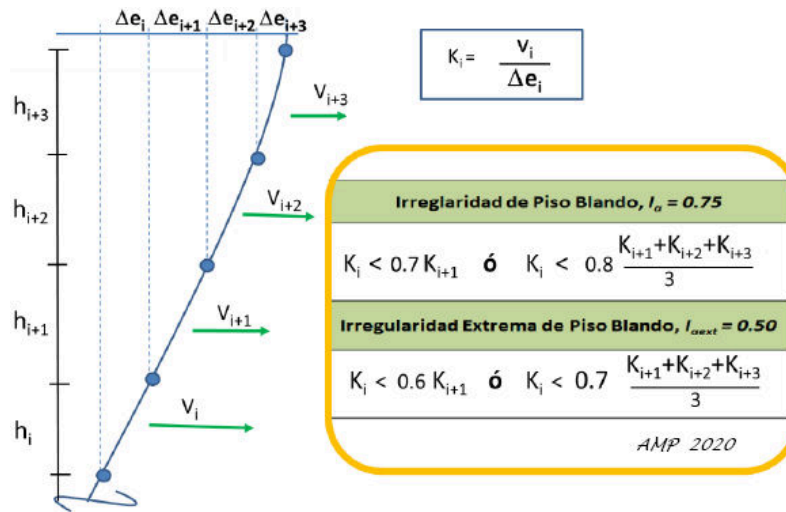


*Nota:* la imagen nos muestra la consecuencia de este efecto por el sismo de Pisco del 2007, imagen adaptada de, Defectos que incidieron el comportamiento estructural de la edificación de albañilería en el sismo de Pisco del 15-08-2007, por Ángel San Bartolomé

Muñoz (2020), Si la rigidez de la capa intermedia es inferior al 70 % de la rigidez de la capa intermedia superior adyacente o inferior al 80 % de la rigidez media de las tres capas superiores adyacentes, se trata de un suelo blando.

**Figura 9**

*Determinación de Irregularidad por Piso Blando*



*Nota:* Imagen adapta del comentario a la norma peruana E.030 diseño sismorresistente por Alejandro Muñoz Peláez 2020.

De acuerdo a lo observado se puede decir que, si bien el estado de conservación de los muros y otros elementos estructurales se encuentra en una buena condición, sin lesiones visibles, eso no implica que ante la ocurrencia de un evento sísmico estas lleguen a colapsar como lo ocurrido en Pisco allá en el año 2007, siendo esta y otras edificaciones en igual condición vulnerables a este evento, lo que se planteó en la siguiente investigación es relacionar de acuerdo a los resultados que se obtendrá, una relación que permita determinar la vulnerabilidad presente o no en esta edificación.

**2.2.3.2 Vulnerabilidad sísmica según FEMA 154**

Aguilar (2015): Este método proviene de FEMA-154 utilizado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (FEMA), es un análisis cualitativo, con la finalidad de identificar este método de las estructuras vulnerable que

deben ser dependiente a una investigación más a fondo su comportamiento sísmico, que consiste en hacer una investigación visual del edificio desde el exterior como desde el interior, para comprobar la presencia de una serie de causantes que reducen su capacidad para resistir a una acción sísmica. En la Tabla 13, del FEMA 154 nos muestra los tipos de edificación, que clasifica, identifica e inventaría, a las estructuras según el desempeño sísmico, este método examina la vulnerabilidad sísmica potencial de edificaciones mediante de un sistema de puntuación que las cataloga en aquellas con vulnerabilidad admisible o no admisible.

El formato FEMA 154, se encarga de Inspección y evaluación visual rápida de las estructuras FEMA 154. Se considerará como uno de los métodos de evaluación que tiene como objetivo realizar un inventario de edificios que presentan riesgo de muerte, lesión, o que tendrán limitaciones en el uso posterior a un sismo. Este formato es procesado por un sistema de puntuación basado en el tipo de estructura utilizando los siguientes parámetros:

- Tipología del sistema estructural.
- Altura de la estructura.
- Irregularidad de la estructura.
- Código de construcción.
- Tipo de suelo.

En el formato FEMA 154, las estructuras con una calificación de menos de "2" indican que son estructuras muy vulnerables, lo que significa que el edificio requiere una evaluación más detallada.

### **2.2.3.3 Vulnerabilidad sísmica según el método de Hirosawa**

Espinoza (2020): Este método es de origen japonés utilizada en el ministerio de construcción, este método es utilizado en gran parte de américa latina incluido Perú, y es un análisis cualitativo, el método de Misaya Hirosawa es evaluar la seguridad, sísmica en edificios de concreto armado, se determina la vulnerabilidad del edificio mediante una comparación de dos índices, el primer índice se caracteriza por su componente estructural



(Is) y un segundo índice se caracteriza a tener en cuenta el nivel de sismicidad y la condición local donde se encuentra el edificio (Iso), en un principio el método fue propuesto originalmente para ser utilizado en edificios de concreto armado de altura media existentes o dañados, de seis a ocho pisos estructurados con muros o pórticos, hoy en día se pueden aplicar en edificios mixtos.

#### **2.2.3.4 Vulnerabilidad sísmica según FUNVISIS**

Lopez et al (2014): Este método es de origen venezolano que consiste en asignar índices de vulnerabilidad, de riesgo y de priorización sísmica de un edificio existente, los índices son calculados tomando datos de una visita e inspección a la edificación, el índice de priorización se determina con los índices de amenaza que viene hacer la vulnerabilidad e importancia en el cual se considera el uso y el número de ocupantes.

#### **2.2.3.5 Vulnerabilidad sísmica según el método italiano (Benedetti Petrini)**

Malhaber (2020): Este método es de origen italiano que consiste en identificar los 11 parámetros estructurales y no estructurales que controlan el daño en una edificación a causa de un evento sísmico ocasionado, para calcular su índice de vulnerabilidad sísmica.

**Tabla 2**

*Comparación Entre el RNE y los Parámetros del Iv*

<b>Parámetros</b>	<b>Componente propuesto por el reglamento nacional de edificaciones.</b>
Parámetro 1	Asesoría técnica y criterios en adobe y albañilería.
Parámetro 2	Calidad del material y proceso constructivo, Norma E060, E070, E080.
Parámetro 3	Factores sismorresistente.
Parámetro 4	Tipo de suelo, muy rígido, intermedio y flexible- norma E030.
Parámetro 5	Consideraciones para diafragma, Norma E030, E060, E070, E080.
Parámetro 6	Configuración estructural (Irregularidad en planta), Norma E030.
Parámetro 7	Configuración estructural (Irregularidad en altura), Norma E030.
Parámetro 8	Densidad de muros en las edificaciones, Norma E070 y E080.
Parámetro 9	Calidad en la unión de las coberturas livianas con el sistema resistente.
Parámetro 10	Conexión de los elementos no estructurales norma

E070.

Parámetro 11 Condición actual de la vivienda.

*Nota:* Imagen adaptada del procedimiento de análisis del método de Benedetti Petri.

## **2.2.4 Categorización del nivel de vulnerabilidad sísmica en edificaciones según la evaluación estructural.**

### **2.2.4.1 Evaluación estructural**

De acuerdo a la empresa CGM Servicios Generales S.R.L (CGMSER, 2020) empresa especializada en evaluaciones estructurales define a la evaluación estructural como, el análisis matemático de la estructura existente ante cargas gravitacionales y cargas sísmicas para determinar el estado actual de estructura.

La evaluación estructural se determinará por medio de pasos o procesos ordenados con la finalidad de conseguir el proceder global en la estructura, así como de sus características intrínsecas.

### **2.2.4.2 Categorización del nivel de vulnerabilidad**

Se desarrollará en función del ítem 2.2.2.2 y 2.2.2.4

### **2.2.4.3 Evaluación de la vulnerabilidad**

Según el Centro nacional de estimacion, prevencion y reduccion del riesgo de desastres (CENEPRED, 2014) Se entiende por vulnerabilidad a la susceptibilidad al daño que tienen los elementos expuestos a una determinada amenaza y/o peligro. La evaluación de vulnerabilidad lo clasifican de acuerdo a factores de vulnerabilidad como: la exposición, fragilidad y resiliencia, estos permiten determinar los diferentes grados de afectación, que podrían darse como consecuencia de la incapacidad física de resistir el impacto de algún sismo dado por la naturaleza.

Si la edificación se comporta de manera contemplada en el RNE E030 o sus similares (normas extranjeras), con los desplazamientos, masas y rigideces alineados esperadas, se considerará menos vulnerable si, por el contrario, los valores resultantes difieren con los de la norma, este se considerará vulnerable.

Para poder determinar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificación por medio de las características, fue en función de la situación actual de la edificación, el estado de conservación y sus posibles fenómenos como son piso blando, columna corta, etc. Para la obtención de los objetivos planteados en esta investigación se optará por la aplicación de la NTP.E.030 para la parte lineal y del método de ATC-40 para la parte no lineal.

### ***2.2.5 Tipo de daño estructural según la evaluación estructural.***

#### **2.2.5.1 Tipo de daño estructural**

según la propuesta del ATC – 40 (1996) separa el nivel de desempeño para la estructura y el nivel de desempeño para los componentes no estructurales, de modo tal de detallar el desempeño de la edificación o los posibles **daños en la estructura**, teniendo tres estados de daño discretos o límites; inmediata ocupacional, seguridad y estabilidad estructural, como también presenta dos rangos intermedios; daño controlado y seguridad limitada, se definen con las abreviaciones SP-n.

SP-1.- Inmediata ocupacional; el sistema estructural resiste cargas verticales y laterales permaneciendo inalterado, ocasionando un daño estructural limitado, no hay pérdida de vida la edificación se mantiene funcionando en su totalidad.

SP.2.- Daño controlado. - El sistema estructural presenta un daño que varía entre las condiciones límite de inmediata ocupación y seguridad, no está en peligro la vida, aunque es posible que sean afectados.

SP-3.- Seguridad. - En el sistema estructural puede haber ocurrido daño significativo, sin embargo, la mayoría de las edificaciones se mantienen, amenazando la vida de los ocupantes interiores y exteriores como también puede afectar elevados costos asociados a la reparación de la estructura.

SP-4.- Seguridad limitada. – la edificación se encuentra dañado que varía entre las condiciones límite de seguridad y estabilidad estructural con un alto peligro para los ocupantes.

SP-5.- Estabilidad estructural. – la edificación se encuentra en un estado de daño en el límite de experimentar un desplome parcial o absoluto, existiendo un elevado riesgo para los ocupantes y viandantes, presentando un costo alzado a las reparaciones estructurales significativas.

SP-6.-No considerado. – la edificación no corresponde con un nivel de desempeño, en la cual se incluye una evacuación sísmica de los componentes no estructurales.

#### **2.2.5.2 Vulnerabilidad Sísmica**

según Noel (2019), nos dice que una estructura es vulnerable siempre y cuando se cumpla varios factores, como son la ubicación (lugar) en función a la peligrosidad sísmica, la estructura puede ser vulnerable pero no puede estar en riesgo.

Así mismo la vulnerabilidad sísmica en estructuras, se entiende como los posibles daños que pudiera sufrir una estructura en sus componentes, como son, vigas, columnas, muros de corte, losas, escaleras, etc., ante un eventual evento sísmico (Mattos, 2014)

Por otra parte, Vargas (2019), lo clasifica como: el grado de daño que sufre una estructura ante evento sísmico de cierta intensidad. La vulnerabilidad sísmica se calculará de acuerdo a su grado de daño, de forma tal que le logre tipificar su vulnerabilidad. Si la vulnerabilidad es menor a 15 %, entonces es baja; si está entre los 15 % y 35 %, es regular, y si es mayor a 35 %, entonces es alta.

En las edificaciones, la vulnerabilidad sísmica de una estructura se da en un grupo de edificios o de una zona urbana completa, se define como su propensión intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño.

### 2.2.5.3 Determinación del daño estructural con la evaluación estructural

Se desarrollará en función del ítem 2.2.2.4

## 2.3 Marco conceptual

Dentro del marco conceptual se define el concepto de algunos de los términos con un enfoque estructural, usados en mayor medida en la presente investigación como son:

### ***Peligro sísmico:***

Se puede decir por peligro sísmico a probabilidad de generarse movimientos sísmicos de ciertas características y una ubicación determinada y en un intervalo de tiempo definido, así mismo al efecto que dicho movimiento pudiera generar en los materiales presentes como, son derrumbes, licuefacción de suelos, etc. (Casas, 2020, p.27)

### ***Riesgo sísmico:***

El riesgo sísmico está vinculado con la posibilidad, y como lo menciona Mosqueira (2012), existen tres niveles de riesgo sísmico: Un nivel alto de riesgo sísmico indica que el edificio sufrirá daños graves (por ejemplo, colapso) en caso de un incidente sísmico. y el tipo de suelo es blando; el segundo nivel, el nivel de riesgo sísmico medio, indica que la edificación resistirá eventos sísmicos y el tipo de suelo sobre el que se asienta es rígido. Finalmente, una calificación de riesgo bajo significa que el edificio tiene un desempeño sísmico de moderado a bueno y el tipo de suelo sobre el que se asienta es regular a bueno.

**Zonificación:** Según, (RNE E.030 diseño sismoresistente 2019) nos indica que el territorio peruano se sectoriza en cuatro zonas, la zonificación se distribuye espacialmente en la sismicidad observada, teniendo sus características generales de los movimientos y deformaciones de la corteza terrestre de los sismos observados, teniendo la información Neotectónica. Se clasifican por zonas, se designa un factor Z según se señala en la tabla 1 E030, a este factor se analiza como la aceleración máxima horizontal del suelo

rígido con un porcentaje de 10% de superar en los 50 años, es expresado el factor Z como una fracción de la aceleración de la gravedad.

**Factor de amplificación sísmica:** Según, (RNE E.030 diseño Sismorresistente 2019) definido como “C”, este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural con respecto de la aceleración en el suelo (C), se determina de acuerdo a las propiedades de la estructura como es el periodo natural de vibración de esta, teniéndose parámetros (artículo 14) para determinar el valor de C, no siendo este mayor a 2.5.

**Factor de reducción de fuerza sísmica:** Según, (RNE E.030 diseño Sismorresistente 2019) La filosofía de diseño Sismorresistente parametriza el desempeño de una edificación para salvaguardar la vida, mas no así para no contener daños, dicho esto el RNE E030 define acorde al tipo del sistema estructural, valores de reducción comprendidos entre 4 y 8, como se indica en la tabla 7 del RNE E.030 según el material empleado en la construcción se clasificará el sistema estructural de la edificación, como se detalla en la siguiente tabla.

---

**Tabla 7 – Sistemas estructurales**

	Coeficiente básico de reducción $R_0$
Concreto Armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

---

**Asentamiento diferencial:** Según, (RNE E.050 diseño Sismorresistente 2019) indica que viene a ser la diferencia de niveles verticales de la cimentación que están unidos por una misma estructura.

**Acciones gravitacionales:** según, estructuras Tec21 (2020, julio 29) nos indica Acciones gravitacionales en estructuras, se refiere particularmente a las cargas que presenta la estructura en su pórtico, como las cargas muertas (empuje de tierras, líquidos

o materiales a granel), peso volumétrico de los materiales empleados, áreas tributarias, cargas vivas (hundimiento diferenciales y cambio por temperatura) y entre otras cargas.

**Licuefacción o licuación:** Según, (RNE E.050 diseño Sismorresistente 2019) nos indica que ocurre debido a las ondulaciones causadas por los sismos en los suelos granulares saturados, que ocasiona el incremento de la presión del agua dentro del suelo, resultando en una reducción de la tensión efectiva, indica que la licuación produce el hundimiento y colapso de las cimentaciones de las edificaciones, debido a que reduce la capacidad de carga y rigidez del suelo.

**Asentamientos:** Según indica Alvarado y Palomino (2015) se presentan 3 tipos de asentamiento.

1. Asentamiento inmediato: es causado por la alteración elástica de los suelos saturados, utilizando la teoría de la elasticidad.
2. Asentamientos por consolidación primaria: es resultado del cambio de volumen en suelos cohesivos saturados.
3. Asentamiento por consolidación secundaria: éste se observa en suelos cohesivos.

**Velocidad de propagación de ondas:** Según, (RNE E.030 diseño Sismorresistente 2019) nos indican que la velocidad Promedio de las Ondas de Corte,  $\bar{V}_S$  la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte de acuerdo al espesor de cada uno de los n estratos (m/s), definidas en el artículo 12 del RNE E030.

**Periodo fundamental de vibración:** Corresponde a la vibración que presentan los cuerpos rígidos de acuerdo a sus propiedades de masa y rigidez, según (RNE E.030 diseño Sismorresistente 2019) se determina con la expresión establecida en el artículo 28, teniendo para su obtención la determinación de fuerzas laterales, centros de masa, desplazamientos.

**Parámetro de sitio:** Según el (RNE E.030 diseño Sismorresistente 2019) se considera el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizando los valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los periodos  $T_P$  y  $T_L$  establecidos en las tablas N°3 y N°4 de la E.030.

**Categoría de la edificación:** Según, (RNE E.030 diseño Sismorresistente 2019) indica que, de acuerdo al uso de la edificación teniéndose así, la Categoría A para edificaciones esenciales, B para edificaciones importantes y C para edificaciones comunes, así mismo se le da un coeficiente de importancia "U", comprendiendo valores de 1.5 para edificaciones esenciales, 1.3 para edificaciones importantes, y 1 para edificaciones comunes, como se establece en la tabla N°5 de la E.030.

**Sistema Estructural:** Según, (RNE E.030 diseño Sismorresistente 2019) establece como todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural Sismorresistente, clasificándose en 4 grupos.

a) Se considerará un sistema estructural de pórticos cuando si al menos el 80% de las fuerzas cortantes en la base que actúan sobre las columnas del pórtico y, si se tuviera muros estructurales, estas paredes están diseñadas para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

b) Se considerará un sistema estructural de muros estructurales cuando la resistencia sísmica actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

c) Se considerará un sistema estructural dual cuando la acción sísmica es resistidas por una combinación de pórticos estructurales la fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio estructural de concreto armado.

d) En Edificios de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL) las características de una edificación deben 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, se puede construir como máximo ocho pisos.

**Irregularidad estructural:** Según, (RNE E.030 diseño Sismorresistente 2019) menciona que, acorde a las características de la edificación, a la concepción estructural planteada se tendrán irregularidades, dividiéndose en dos grupos irregularidades en altura el factor “Ia” y la irregularidad en planta el factor “Ip” se determina según lo indicado en las tablas 8 y 9 respectivamente de la E.030.

**Fuerza sísmica:** Según el (Art. 28.2 RNE E.030 Diseño Sismorresistente 2019) determina a la fuerza sísmica como una fracción del peso, conocida también como fuerza lateral equivalente, fuerza horizontal, fuerza cortante, se determina por la expresión definida en el artículo 28.2

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

**Módulo de elasticidad:** Según el libro de concreto armado de Morales (2012) se define como módulo de elasticidad a la vinculación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. Para concreto de peso unitario comprendido entre 1450 y 2500 kg/m<sup>3</sup>, el módulo de elasticidad, Ec, para el concreto puede tomarse como:

$$EC = 4500 * \sqrt{f'c} \quad (\text{en MPa})$$

**Daño estructural:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) el daño estructural se da cuando afecta el esqueleto del inmueble, es decir, que los elementos que soportan el peso en la edificación de cada inmueble, como, por ejemplo: las columnas, vigas o losas.

**Rigidez:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) la rigidez de una estructura es la propiedad con la que los elementos estructurales deben resistir la deformación.

**Torsión:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) en una estructura cuyo centro de masa y de rigidez no concordante se establecen como estructuras asimétricas, y el movimiento torsional de dichas estructuras durante un sismo es definido como torsión natural o torsión estructural.

**Fisura:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) se producen por errores en el diseño estructural o prácticas incorrectas en los procesos constructivos, por las siguientes razones: deficiencias en el proceso de corte de las losas de pavimento o pisos (por mencionar un ejemplo). Cambio de uso en la estructura de la edificación, Corrosión del acero de refuerzo (columnas, vigas, losas, viguetas y acero de temperatura).

**Deformación:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) la deformación de un elemento estructural se puede definir como una alteración del estado físico debido a una fuerza mecánica externa, cambio de temperatura, a un segmento de apoyos, etc.

**Desplazamiento:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) se define como resultado de los esfuerzos o fuerzas horizontales actuando en una estructura, y está dependiendo de sus propiedades como rigidez tendrán mayor o menor desplazamiento.

**Calculo del desplazamiento:** Según (RNE E.030 Diseño Sismorresistente 2019) indica que para el cálculo de los desplazamientos nos da la siguiente definición; le método de cálculo del desplazamiento laterales se estiman multiplicando por 0.75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas, para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se estiman multiplicando por 0.85 R los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

**Excentricidad:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) la excentricidad de una estructural es la distancia entre el punto donde se aplica la carga y aquel

donde se concentra la fuerza resultante. Indicándonos que la excentricidad accidental es un (%) de significativa dimensión en planta de la estructura perpendicular a la dirección de aplicación del sismo.

**Esbeltez:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) se denomina ratio de esbeltez, o simplemente esbeltez, al cociente entre la base de un edificio y su altura.

**Esfuerzos internos:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) la combinación de los esfuerzos de compresión y tracción que actúan sobre la sección transversal de un elemento estructural para resistir a una fuerza aplicada sobre este.

**Losa:** Según (RNE E.060 Diseño Sismorresistente 2019) es un elemento estructural usado como cubierta o techo debido a su espesor reducido respecto de sus otros lados armados en 1 o 2 direcciones, usado además como diafragma rígido y así mantener conectadas las estructuras ante cargas sísmicas.

## CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 *Hipótesis general*

Existe relación directa entre la evaluación estructural y vulnerabilidad sísmica, en la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas en la ciudad de Abancay – 2022.

#### 3.1.2 *Hipótesis específicas*

- a) Entre las características del suelo y la vulnerabilidad sísmica, se presenta relación directa para la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas.
- b) El comportamiento estructural según análisis sísmico se relaciona directamente con la vulnerabilidad sísmica, para la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas.
- c) Existe relación directa entre las características de la estructura y la vulnerabilidad sísmica, para la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas
- d) La categorización del nivel de vulnerabilidad sísmica es alta, según la evaluación estructural efectuada a la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas.

- e) El tipo de daño estructural es irreparable, de acuerdo a la evaluación estructural efectuada a la edificación de concreto armado de la galería comercial Las Américas.

### **3.2 Método**

Este método que se aplicó para esta investigación fue el analítico sintético, según Rodríguez y Pérez (2017) este método refiere a dos procesos consistiendo en los siguientes procedimientos: una vez identificado el problema se procedió al análisis que es un procedimiento lógico que posibilita descomponer un todo en sus partes, propiedades y cualidades, de tal forma que se puede estudiar cada una de sus partes, mientras que por otro lado la síntesis en la inversa, refiere la unión o combinación de las partes previamente analizadas y posibilita descubrir relaciones y características generales entre los elementos la realidad.

Como indica en el párrafo anterior la investigación propuesta analizó cada una de las variables comprendiendo desde la clase de suelo sobre la que se cimiente la edificación hasta el comportamiento que esta tiene en base a sus características, para posterior poder sintetizar los resultados y poder extraer una conclusión relevante, por lo que se puede resumir que esta será:

Análisis – Sintético. - Permite analizar los efectos y la obtención de conclusiones.

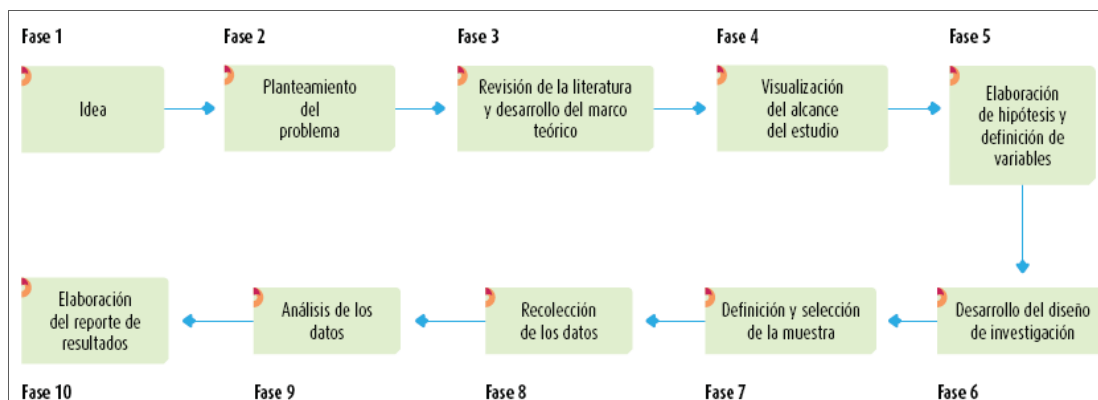
El enfoque de investigación se identificó como un enfoque cuantitativo, teniendo como sustento lo mencionado por los siguientes autores.

Hernández et al. (2014) La investigación con enfoque cuantitativo es un proceso secuencial y probatorio. Cada nivel precede a uno siguiente y no se debe saltar o eludir pasos, es de orden es riguroso, aunque, es factible redefinir algunos niveles, parte de una idea y una vez delimitada, se extraen objetivos y preguntas de investigación, de estas preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables, se diseña un proceso para

identificarlas o probarlas, se miden, se examina dichas mediciones empleando métodos estadísticos y se obtiene un conjunto de conclusiones.

**Figura 10**

*Fases del Proceso Cuantitativo*



*Nota:* La Imagen presenta los pasos a seguir en un proceso cuantitativo, adaptada de *Metodología de la investigación (p.5)*, por Hernández et al. 2014. McGrawHillEducation.

Silvestre y Huamán (2019), menciona que este enfoque está muy relacionado con el método científico, por que es riguroso, lineal en sus procesos ya que en la parte de la identificación del problema se plantea las hipótesis, y estas se someten a análisis estadísticos para la generación de conclusiones.

Es un medio para evaluar teorías objetivas a través del examen de la relación entre variables. Estas variables a su vez pueden ser medidas, generalmente utilizando instrumentos, de tal forma que la información numérica puede ser analizada utilizando procedimientos estadísticos. Un informe final tiene escrito una estructura establecida consistente en introducción, literatura y teoría, métodos, resultados y conclusiones (Creswell, 2008, p.11)

### 3.3 Tipo de Investigación

Silvestre y Huamán (2019), nos menciona que según lo que se desea conocer se puede aplicar un tipo de investigación: por ejemplo, se usa una investigación descriptiva para conocer el trabajo de investigación, la investigación explicativa para explicar y

comprender el objeto de investigación, la investigación experimental para tratar el objeto de investigación, investigación con un nivel correlacional, se asocia la relación de las variables para evaluar.

De lo mencionado se puede deducir que la presente investigación está dentro del tipo correlacional ya que en los primeros tres objetivos se quiere probar la relación de las mismas, al mismo tiempo descriptivo por el cuarto y quinto objetivo.

### **3.4 Nivel o Alcance de Investigación**

El alcance de la investigación será correlacional y descriptivo, como se menciona en el título se trata de relacional las dos variables, así mismo la parte final de los objetivos trata de categorizar la edificación en función a la vulnerabilidad, por ende, también es de carácter descriptivo, estos alcances se emplearon con el fin que se permitan medir las variables, por ende, evaluar la vulnerabilidad a acciones sísmicas de esta edificación.

Arias (1997) indica en su libro: El proyecto de investigación de metodología científica expresa sobre el nivel descriptivo: "Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de construir su estructura o comportamiento". (p.89)

### **3.5 Diseño de la Investigación**

Hernández et al.(2014) aclara que, definido el planteamiento del problema, la investigación no experimental se realiza sin manipular las variables, es decir que no se hace variar las variables independientes valga la redundancia, para ver su efecto en las demás variables, lo que se hace es observar el fenómeno como se da en su contexto natural, para luego analizarlos.

Según Mertens (2010) "esto demuestra que la investigación no experimental es apropiada para variables que no pueden o deben ser manipuladas o resulta complicado de hacerlo" (p.145)

Se entiende que los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento dado, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar fotografía” de lo que sucedió, estas a su vez estas se dividen en tres tipos de categorías: exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales. (Hernández et al., 2014, p.154)

Hernández et al.(2014) se refiere en su mención sobre los diseños transeccionales correlacionales-causales, que describen relaciones entre dos o más categorías, niveles, variables o conceptos en un momento determinado, en ocasiones únicamente en términos correlacionales y en otras ocasiones en función de la relación causa efecto (causales).

La presente investigación por lo mencionado, tiene un diseño no-experimental transversal o transeccional correlacional - causal, porque se evaluó la edificación en la forma como se encuentra en la actualidad, la variable independiente no se manipula, solo se mide para ver los efectos que tiene la variable dependiente, la cual relacione y describa los resultados que se desea obtener en la investigación y transeccional porque se da en un instante de tiempo.

### **3.6 Operacionalización de Variables**

#### **Variable independiente (X=Evaluación estructural)**

Definición conceptual: El Análisis y/o evaluación estructural es un fragmento de la mecánica que estudia las estructuras de concreto simple o armado, consistiendo el estudio en la determinación de los esfuerzos y deformaciones a que quedan sometidas (esfuerzos internos), a las que están sometidas, por la acción de agentes externos (cargas gravitacionales, fuerzas sísmicas, de vientos, variaciones térmicas, etc.) (Espada y Mego, 2020).

Definición operacional: Se realizará de acuerdo a resultados obtenidos mediante análisis no lineal establecidos por E.030, E.050, E.060, ASTM, ATC-40 y FEMA 440.



### **Variable dependiente (Y=Vulnerabilidad sísmica de estructuras)**

Definición conceptual: Es una magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo unas condiciones probables de sismo. Cuantifica el riesgo debido únicamente a las características de la estructura. (Vizonde, 2004).

Definición operacional: Se tipificarán en función al daño estructural resultante que se presentarán bajo condiciones de análisis no lineal establecidos en el ATC-40 y FEMA 440

**Tabla 3**

*Operacionalización de Variables y Matriz de Instrumentos*

<b>Tipo de variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensión o nivel</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>
X – Variable Independiente	Consiste en la determinación de los esfuerzos y deformaciones a que quedan sometidas, el objeto de análisis, por la acción de agentes externos (cargas gravitatorias, fuerzas sísmicas, de vientos, variaciones térmicas, etc.). (Espada y Mego, 2020)	Se realizó de acuerdo a resultados obtenidos mediante análisis no lineal establecidos por ASTM, ATC-40 o FEMA 440.	- Características del suelo	- Perfil del suelo (Velocidad de propagación de onda) - Tipo de suelo - Capacidad de carga - Periodo del suelo - Asentamiento diferencial - Tipo de cimentación - Acciones gravitacionales - Licuefacción - Nivel freático	- ASTM D2216 - ASTM D6913 - ASTM D4318 - ASTM D4253 - ASTM D4254 - AASHTO T-191 - AASTHO T-27 - ASTM D422 - AASHTO T-89 - - E050
<b>Evaluación Estructural</b>			- Comportamiento estructural según análisis sísmico (Análisis estructural)	- Análisis sísmico basado en fuerzas laterales - Análisis sísmico por espectros de respuesta - Curva de capacidad - Control de la deformación - Espectro de capacidad - Modelo estructural - Periodo fundamental - Sistema estructural - Frecuencia - Irregularidades - Excentricidad	- E030, E060 - FEMA 440 - ATC-40

			- Características de la estructura	- Materiales de construcción - Propiedad de los materiales (Ec, Gc, f'c, etc.) - Secciones de los elementos estructurales - Configuración en planta/altura - Densidad, ubicación Albañilería - Técnica constructiva - Estado de conservación	- E030, E060	
Y - Variable Dependiente	<b>Vulnerabilidad Sísmica</b>	Grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. Estas se pueden calificar en "más vulnerables" o "menos vulnerables" ante un evento sísmico. (Vizonde, 2004)	Se tipificarán en función al daño estructural resultante que se presentarán bajo condiciones de análisis no lineal establecidos en el ATC-40 y FEMA 440	- Nivel de vulnerabilidad  - Tipo de daño estructural	- Alta - Media - Baja  - Irreparable (CP) - reparable (LS) - sin daño (OI)	- FEMA 440 - ATC-40 - ASCE 41-13 NSP  - ATC 40 - ASCE 41-13 NSP

### **3.7 Población, Muestra y Muestreo**

#### **3.7.1 Población.**

El sitio de investigación se realizó en el sector de Las Américas que pertenece al Distrito de Abancay, que se encuentra ubicado en la parte sur-oeste de la provincia de Abancay, las coordenadas geográficas: 13° 38' de latitud sur y 72° 53' de longitud este, con una altitud de 2 387 m.s.n.m.

Para la investigación se plantea una población finita y accesible; según Arias (2012), resume una serie de recomendaciones con respecto a la delimitación de la población, dentro de los cuales menciona, si la población es igual a muestra este deberá cumplir con el objetivo general del estudio.

En cuanto a la población y muestra serán del tipo no probabilístico o dirigidos, conocidas también como guiadas por uno o varios propósitos, ya que la elección depende de razones relacionadas con las características de la investigación del estudio (Hernández et al., 2014, p.386).

De igual forma para Castro (2003), lo clasifica las muestras en probabilista y no probabilista. Sobre la no probabilística, menciona la elección de los miembros para el estudio, dependerá de un criterio específico del investigador, la forma de obtener este tipo de muestra es: **muestra intencional u opinática.**

La presente investigación justifica su realización debido a un posible marco de mayor probabilidad de riesgo en pérdidas humanas y materiales ante la ocurrencia de evento sísmico, debido a la ubicación de la infraestructura (Las Américas es considerado como uno de los sectores de más concurrencia de personas por el comercio mayorista y minorista que allí funciona y por ende el movimiento económico que esta genera), esta investigación consideró relevante determinar (si las tiene), el o los peligros en su concepción estructural, la vulnerabilidad sísmica con que esta edificación cuenta, y su relación entre estas variables de tal forma de llegar a una conclusión sobre el posible

nivel de vulnerabilidad a acciones sísmicas, se optó como edificación única a ser evaluada y/o analizada, la edificación de la galería comercial Las Américas para lo cual se utilizaron los criterios de inclusión y exclusión como se detallan:

**Criterios de inclusión:** la ubicación de la galería comercial (Las Américas), la cantidad de personas que ingresan, el movimiento económico que estas generan, la antigüedad de la edificación (de más de 20 años), edificaciones de más de 2 niveles, que estén registrados como galerías comerciales.

**Criterios de exclusión:** del mismo modo los criterios de exclusión, edificaciones que funcionan como galerías sin estar registrados como ellas, edificaciones con concurrencia mínima de personas, edificaciones con ubicaciones fuera del foco económico, edificaciones de dos o menos niveles, edificaciones nuevas y todos aquellos que no cuentan con las características antes mencionadas en los criterios de selección.

### **3.7.2 Muestra.**

Para la muestra será la edificación de concreto armado de la galería comercial las Américas de la ciudad de Abancay, Provincia de Abancay, Región de Apurímac.

La galería comercial Las Américas cuenta con más de 2400 metros cuadrados de área construida, según documentos inscritos, distribuidos en 4 niveles, edificación de concreto armado con cobertura de teja andina y con irregularidad visible en altura, ubicado en un terreno con pendiente como es la Av. Bolivia y para la parte horizontal el Pasaje los Artesanos, cabe mencionar que esta edificación se encuentra actualmente en funcionamiento con más de 20 años de servicio, distribuyéndose sus usos en stand's que van desde abarrotes, verduras, juguerías, carnicerías, ventas de prendas, entre otros.

### **3.7.3 Muestreo.**

Sera del tipo intencional u opinática Según Arias (2012) define que la muestra es escogida en base a ciertos criterios (inclusión y exclusión) o juicios establecidos por el

investigador, por lo mencionado, para la selección de la muestra se utilizaron los criterios de inclusión y exclusión, planteados en el ítem 3.8.1.

### 3.8 Técnica e instrumentos

Las técnicas que se utilizaron en la investigación son:

**La observación:** Teniendo como técnica la visualización, relación del observador sujeto y el objeto a analizar, donde se buscó obtener características in situ de la edificación a analizar, se recopilaron fotografías de la situación actual que permitió identificar las características del entorno en el que se encuentran y permita conocer el tipo de construcción.

**Análisis de documentos:** Propios de la edificación y como instrumento guías de análisis de documentos.

**Técnica de investigación bibliográfica:** Donde se recurre a investigaciones y normativas aplicables a este tipo de investigaciones.

**Tabla 4**

*Cuadro de Recolección de Datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Observación	Ficha de verificación, Guías normativas, ensayos
Análisis de documentos	Planos, documentos existentes, entre otros.
Investigación bibliográfica.	investigaciones afines y normas

### 3.9 Consideraciones Éticas

Ésta presente investigación se basa en convicciones morales como pueden ser: la responsabilidad, honestidad, rigurosidad científica, perseverancia, autenticidad y transparencia en todo proceso investigativo, evitando tener cualquier tipo de plagio de otras investigaciones para garantizar la originalidad, también se anexará una declaración jurada de la misma, la prudencia a la hora de sacar conclusiones de los resultados obtenidos evitando crear pánico, la responsabilidad de tratar con sigilo la información que

se podrá encontrar al tratarse de una investigación significativa, esta además decir que se debe tener mucho cuidado de la misma, la justicia en la comparación de resultados y el respeto en general como son los usuarios, los ocupantes y población en general.

Según el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (2022), nos dice sobre la ética en la investigación, se centra el interés del reconocimiento de los aspectos éticos de la investigación del estudio, en su naturaleza y afines (respecto a la dignidad del ser humano, a la autonomía de su voluntad protección de sus datos y preservación del medio ambiente).

De igual manera en el Reglamento Nacional de ética (2020), de la Universidad Tecnológica de los Andes en el artículo 11, señala los deberes del investigador los mismos que se consideran en la presente investigación como son: respetar la dignidad humana, la identidad, la diversidad, la libertad, el derecho de la autodeterminación informativa, la confidencialidad, la privacidad, implementando mecanismos de protección adecuados a fin de garantizar los derechos de los involucrados en la investigación, orientando la búsqueda y la aplicación del conocimiento para la determinación del objetivo; entre otros.

### **3.10 Procedimiento Estadístico**

Para el procedimiento o análisis estadístico se utilizaron estadísticos de prueba, el de distribución de Wakeby, Cauchy, Johnson SB, (para datos agrupados), de tal manera de probar estadísticamente la relación entre los datos obtenidos, la ecuación que mejor se ajuste a la dispersión de los datos obtenidos, para alimentar a estas pruebas estadísticas nos apoyamos en herramientas computacionales como Microsoft Excel (organización de datos, tablas, gráficos), EasyFit, Statgraphics, etc. para realizar el procesamiento y manejo de los datos obtenidos, con la finalidad de obtener resultados entendibles de los niveles de vulnerabilidad de la investigación planteada.

## 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 exploración directa correspondió a la ejecución de una calicata “a cielo abierto” realizada de forma manual, la perforación alcanzada fue una profundidad de 2.5m. dentro de las cuales se encontró un estrato a una profundidad de 0.00-0.20m. presentando concreto ciclópeo y de 0.20 – 2.50m material caliche conglomerado de bolonería; se tomó una muestra alterada por calicata y se realizó el ensayo de densidad natural in situ, la muestra fue debidamente protegida e identificada para su posterior traslado al laboratorio para ejecutar con ellas los ensayos pertinentes. La calicata realizada fue identificada como C-1.

La excavación alcanzo la siguiente profundidad:

**Tabla 5**

*Resultados de Campo*

<b>Pozo</b>	<b>Profundidad (m) a cielo abierto</b>	<b>Descripción</b>
<b>C-1</b>	2.50	Caliche GC-GM



Material sobre el cual se encuentra apoyada la cimentación: GRAVA ARCILLOSO – LIMOSA CON ARENA CON BLOQUE.

El programa de exploración de campo consiste en la ejecución de una calicata; a una profundidad de 2.50 m con respecto al nivel de la superficie actual del terreno.

#### 4.1.1.2 Clasificación de suelo

La muestra ensayada en el laboratorio se ha clasificado de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelo (S.U.C.S) Y (AASTHO).

**Tabla 6**

*Resultados del estudio de mecánica de suelo.*

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

Para el nivel de la napa freática, no se registró en las zonas de exploración hasta la profundidad investigada (-2.50 m).

#### ***ángulo de fricción interna.***

Según Terzaghi y Meyerhof (1957), para obtener los valores de ángulo de fricción mediante Dr. Puede usarse las siguientes relaciones:

Suelos granulares con % que pasa el tamiz N°200 mayor al 5%

$$\varphi' = 25 + (0.15 * Dr)$$

Suelos granulares con % que pasa el tamiz N°200 menor al 5%

$$\varphi' = 30 + (0.15 * Dr)$$

Según las tablas de clasificación del suelo de la C-1 se tiene un suelo GC-GM con porcentaje de finos mayor al 5% y menor de 67.0% por lo tanto se estima que:

$$\varphi' = 25.1^\circ$$

**Tabla 7**

*Características de la Calicata-01*

<b>Nombre</b>	<b>S ímbolo</b>	<b>Valor</b>
Peso unitario sobre la cimentación	$\gamma_1$	1.990 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario bajo la cimentación	$\gamma_2$	1.990 g/cm <sup>3</sup>
Cohesión	c	0.01 kg/cm <sup>2</sup>
Ángulo de fricción	$\varphi$	25.1°
<b>Capacidad admisible</b>	$Q_{adn}$	2.68 kgf/cm <sup>2</sup>

#### 4.1.1.4 Análisis de licuefacción

Se reconoce el fenómeno de licuación de suelos o licuefacción como sucesos de pérdida de capacidad admisible bajo el nivel freático ante la acción de un sismo, para el caso del estudio realizado no se evidencio presencia de nivel freático, se encuentra cimentado sobre terreno parcialmente saturado por lo que queda descartado el efecto de licuefacción.

Parámetros de diseño registrados según la norma técnica de edificación E.030:

Diseño Sismorresistente:

Tipo de suelo:  $S_2$

Factor de suelo:  $S=1.20$

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

Factor de zona  $Z=0.25g$

Partiendo del hecho de que el riesgo es la cuantificación de la amenaza o peligro por la vulnerabilidad, de aquí se puede obtener la relación directamente proporcional que, a mayor amenaza o peligro, mayor vulnerabilidad y por ende un mayor riesgo. De los resultados obtenidos a partir del estudio geotécnico se puede determinar que la edificación se ubica sobre un estrato de suelo categorizado como intermedio, cuantificándose valores de velocidad de propagación de ondas sísmicas entre 180 m/s a 500 m/s, además de ello se debe mencionar que la característica intrínseca del suelo bajo cimentación aporta un riesgo medio debido a sus propiedades, presentadas líneas arriba.

#### **4.1.2 Resultados de la resistencia del concreto en elementos como columnas**

En los siguientes cuadros se presentará los datos conseguidos del esclerómetro en campo, para su posterior equivalencia en la resistencia de los mismos, recalcar que el ensayo con esclerómetro mide la variación de resistencia a compresión en elementos estructurales.

**Tabla 8**

*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 1er nivel*

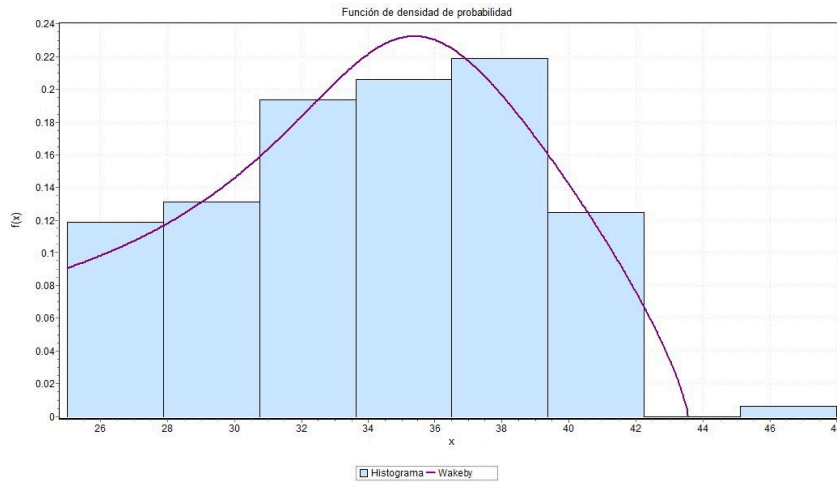
Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura									
	Ensayo de área: Columna del 1er nivel									
	PTO 1	PTO 2	PTO 3	PTO 4	PTO 5	PTO 6	PTO 7	PTO 12	PTO 13	PTO 29
	B - 3	B - 2	C - 2	C - 3	D - 2	D - 3	E - 2	A - 4	C - 3	3.E
1	35	31	35	36	27	28	30	33	27	33
2	37	32	40	32	25	28	32	33	36	34
3	42	32	33	40	36	40	39	38	27	37
4	48	38	31	38	31	31	32	35	32	42
5	32	25	30	34	27	26	30	34	30	38
6	35	35	35	38	34	27	32	40	36	31
7	38	27	30	38	35	37	38	40	27	38
8	41	28	32	37	30	32	34	33	38	42
9	35	34	30	38	25	32	32	34	25	34
10	38	34	34	38	26	33	31	35	30	36
11	30	38	32	40	39	38	40	37	26	39
12	41	36	32	40	25	30	40	37	25	40
13	33	30	30	36	27	34	29	38	25	38

14	40	38	35	38	38	28	29	40	36	30
15	42	33	35	35	32	37	38	38	30	30
16	37	37	32	40	27	32	34	35	38	40
PROM.	37.75	33	32.88	37.38	30.25	32.06	33.75	36.25	30.5	36.38

*Nota:* Esta tabla muestra los resultados de ensayo con esclerómetro del 1er piso de la galería de las américas.

**Figura 11**

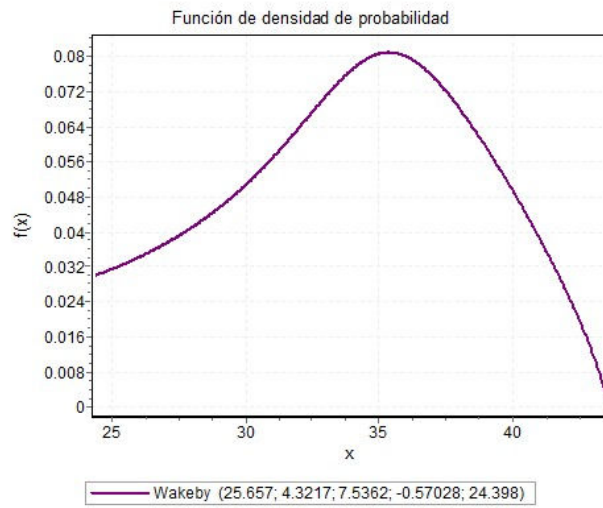
*Se obtiene la función de distribución de Wakeby*



*Nota:* El gráfico representa el histograma de los datos, así como la función de distribución que mejor se ajusta para las columnas del primer nivel.

**Figura 12**

Se obtiene curva de la función de distribución de Wakeby



La distribución Wakeby está definida por la función cuantil.

$$x(F) = \zeta + \frac{\alpha}{\beta} (1 - (1 - F)^\beta) - \frac{\gamma}{\delta} (1 - (1 - F)^{-\delta})$$

Parámetros

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi$  (todo continuo)

Se imponen las siguientes condiciones:

$$\alpha \neq 0 \text{ o } \gamma \neq 0$$

$$\beta + \delta > 0 \text{ o } \beta = \gamma = \delta = 0$$

$$\text{si } \alpha = 0 \text{ entonces } \beta = 0$$

$$\text{si } \gamma = 0 \text{ entonces } \delta = 0$$

$$\delta \geq 0 \text{ y } \alpha + \gamma \geq 0$$

Dominio

$$\zeta \leq \alpha < \text{Mas infinito si } \delta > 0 \text{ y } \gamma > 0$$

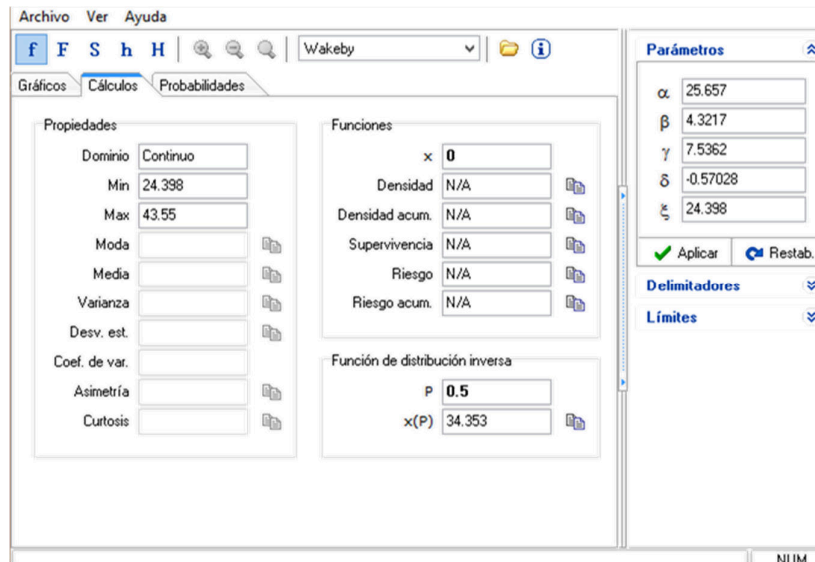
$$\zeta \leq \alpha \leq \zeta + \frac{\alpha}{\beta} - \frac{\gamma}{\delta} \text{ si } \delta < 0 \text{ o } \gamma = 0$$

Parámetros de distribuciones que domina Wakeby

$$\alpha = 25.657 \quad \beta = 4.3217 \quad \gamma = 7.5362 \quad \delta = -0.57028 \quad \xi = 24.398$$

**Figura 13**

*Se obtiene los resultados Wakeby*



*Nota:* La imagen representa los cálculos obtenidos en el software estadístico Easyfit, para el grupo de datos obtenidos en las columnas del primer nivel.

Análisis al 50% según Wakeby 34.353 valor de rebote R adimensional, con ángulo de impacto  $\alpha = 0^\circ$  se obtiene la equivalencia a 267.060 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 9**

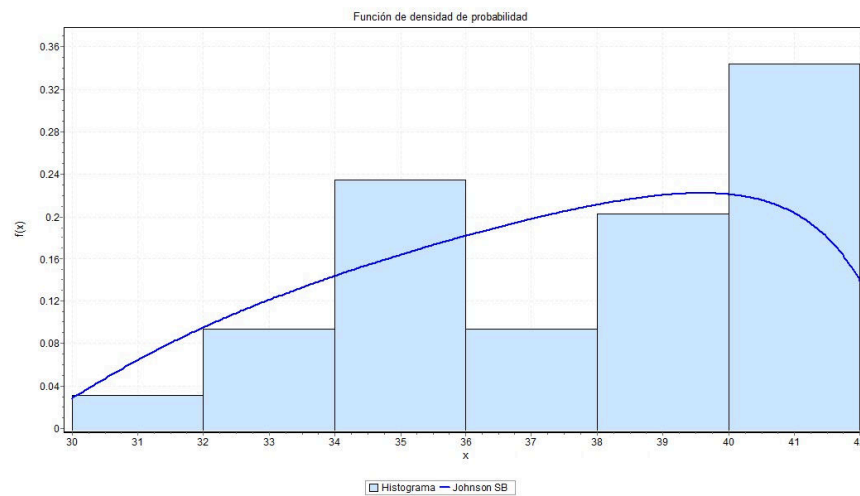
*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 2do nivel*

Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura			
	Ensayo de área: Columna 2° do nivel			
	PTO 8	PTO 9	PTO 10	PTO 11
	D - 4	E - 4	B - 4	A - 4
<b>1</b>	34	38	40	38
<b>2</b>	40	40	35	32
<b>3</b>	40	40	35	34

<b>4</b>	36	38	35	38
<b>5</b>	35	39	42	37
<b>6</b>	40	42	32	36
<b>7</b>	38	34	42	38
<b>8</b>	32	35	42	32
<b>9</b>	38	35	38	39
<b>10</b>	40	40	40	36
<b>11</b>	35	38	42	32
<b>12</b>	36	40	40	38
<b>13</b>	35	40	36	32
<b>14</b>	40	40	35	35
<b>15</b>	35	40	42	30
<b>16</b>	34	38	41	31
<b>PROMEDIO</b>	36.750	38.563	38.563	34.875

**Figura 14**

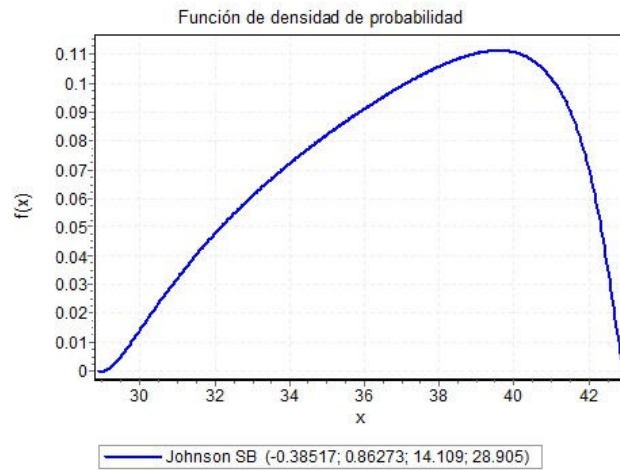
*Función de distribución de Johnson SB*



*Nota:* El grafico representa el histograma de los datos, así como la función de distribución que mejor se ajusta para las columnas del segundo nivel.

**Figura 15**

Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Johnson SB



Parámetros de distribuciones que domina Johnson SB

$\gamma$  - parámetro de forma continua

$\delta$ - parámetro de forma continua  $\sigma > 0$

$\lambda$  - parámetro de escala continua  $\lambda > 0$

$\xi$  - parámetro de ubicación continua

Dominio

$\xi$  menor igual x menor igual  $\xi + \gamma$

La distribución Johnson SB está definida por la función cuantil.

$$f(x) = \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi z(1-z)}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right)$$

Función de distribución acumulativa

$$F(x) = \Phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)$$

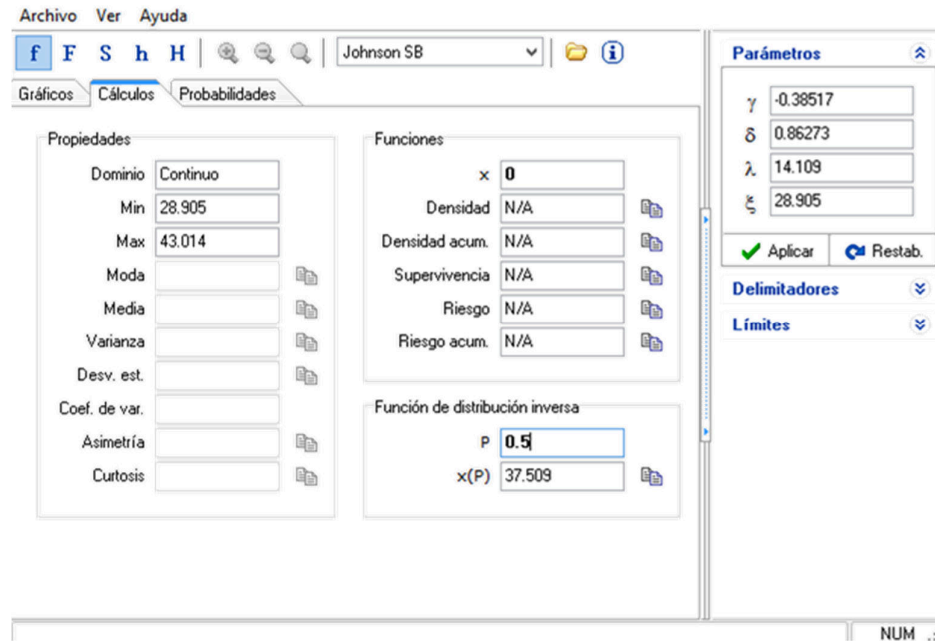
Donde  $z \equiv \frac{x-\xi}{\lambda}$  y es la integral de Laplace



$$\gamma = -0.38517; \delta = 0.86273; \lambda = 14.109 \text{ y } \xi = 28.905$$

**Figura 16**

Se obtiene los resultados Johnson SB



*Nota:* La imagen representa los cálculos obtenidos en el software estadístico Easyfit, para el grupo de datos obtenidos en las columnas del segundo nivel.

Análisis al 50% según Johnson SB 37.509 valor de rebote R adimensional, con ángulo de impacto  $\alpha = 0^\circ$  resultado obtenido 315.090 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 10**

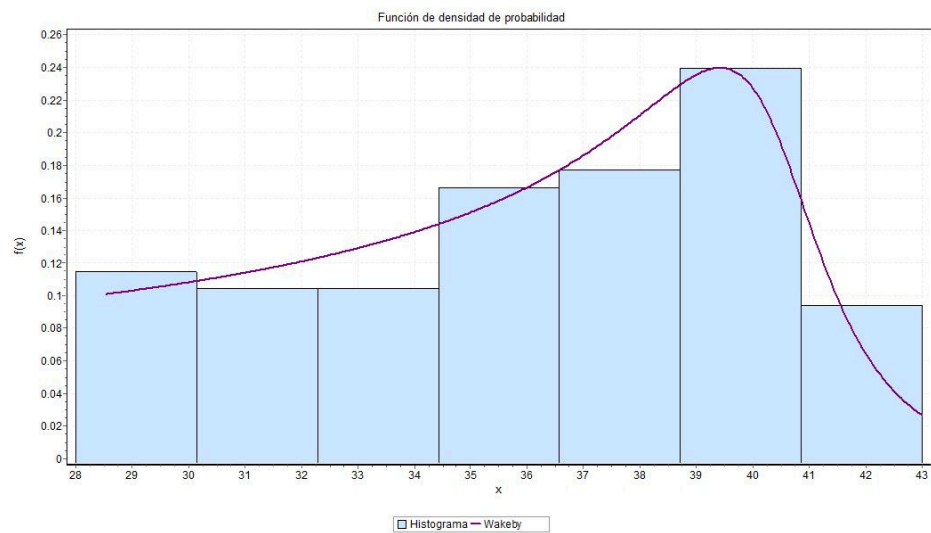
*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 3er nivel*

Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura					
	Ensayo de área: Columna 3er nivel					
	PTO 21	PTO 22	PTO 23	PTO 24	PTO 25	PTO 26
	E -3	2 - E	3 - D	4 - D	4 - B	3 - B
1	30	32	32	36	37	35
2	36	35	38	34	42	40
3	40	40	36	37	43	40
4	40	39	39	42	35	35
5	40	32	31	42	36	30
6	30	33	38	40	35	38
7	39	39	37	43	42	42

<b>8</b>	37	37	40	39	34	32
<b>9</b>	28	32	32	39	38	36
<b>10</b>	36	33	34	30	37	30
<b>11</b>	29	39	38	36	42	40
<b>12</b>	34	35	38	30	31	34
<b>13</b>	30	33	30	36	38	38
<b>14</b>	36	33	40	32	30	39
<b>15</b>	35	39	37	42	39	37
<b>16</b>	38	39	34	40	32	40
<b>PROMEDIO</b>	34.875	35.625	35.875	37.375	36.9375	36.625

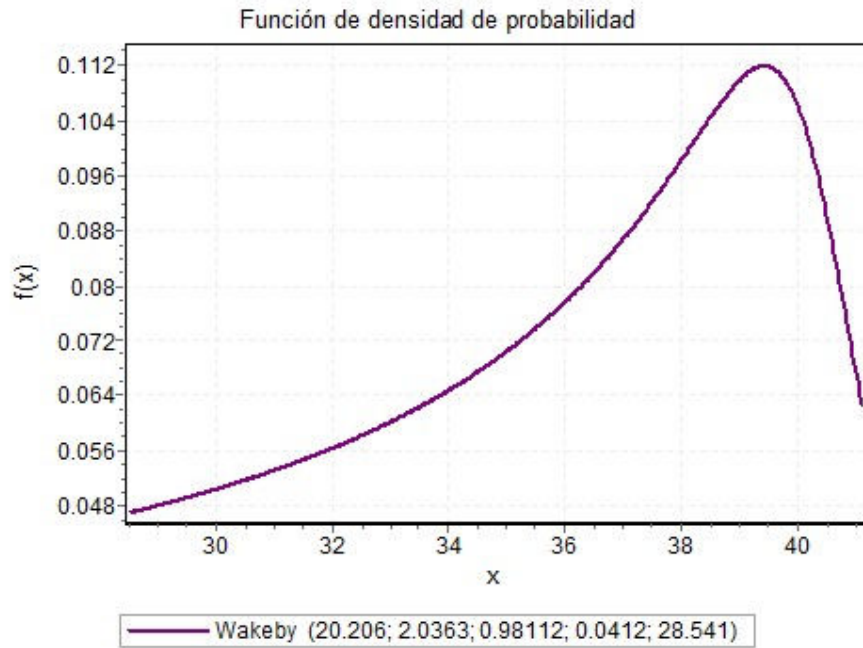
**Figura 17**

*Se obtiene la función de distribución de Wakeby*



**Figura 18**

Se obtiene curva de la función que mejor se ajusta Wakeby



La distribución Wakeby está definida por la función cuantil.

$$x(F) = \zeta + \frac{\alpha}{\beta}(1 - (1 - F)^\beta) - \frac{\gamma}{\delta}(1 - (1 - F)^{-\delta})$$

Parámetros

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi$  (todo continuo)

Se imponen las siguientes condiciones:

$\alpha \neq 0$  o  $\gamma \neq 0$

$\beta + \delta > 0$  o  $\beta = \gamma = \delta = 0$

si  $\alpha = 0$  entonces  $\beta = 0$

si  $\gamma = 0$  entonces  $\delta = 0$

$$\delta \geq 0 \text{ y } \alpha + \gamma \geq 0$$

Dominio

$$\zeta \leq \alpha < \text{Mas infinito si } \delta > 0 \text{ y } \gamma > 0$$

$$\zeta \leq \alpha \leq \zeta + \frac{\alpha}{\beta} - \frac{\gamma}{\delta} \text{ si } \delta < 0 \text{ o } \gamma = 0$$

Parámetros de distribuciones que domina Wakeby

$$\alpha = 20.206; \beta = 2.0363; \gamma = 0.98112; \delta = 0.0412 \text{ y } \xi = 28.541$$

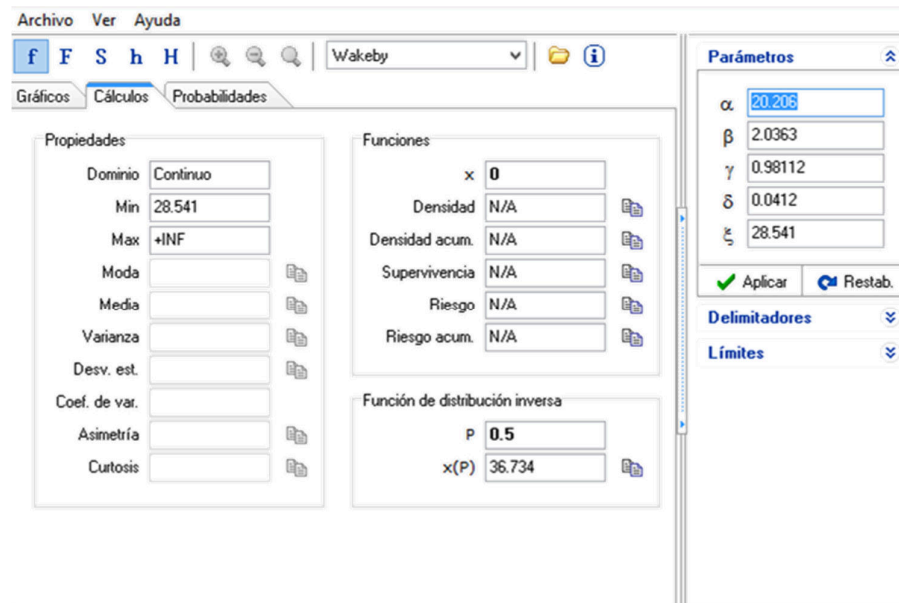
Dato obtenido de la funcion de distribucion inversa

$$P = 50\%$$

$$X(P) = 36.734$$

### Figura 19

*Se obtiene los resultados Wakeby*



*Nota:* La imagen representa los cálculos obtenidos en el software estadístico Easyfit, para el grupo de datos obtenidos en las columnas del tercer nivel.

Análisis al 50% según Wakeby 36.734 valor de rebote R adimensional, con ángulo de impacto  $\alpha = 0^\circ$  resultado obtenido 304.680kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 11**

*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 4to nivel*

Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura						
	Ensayo de área: Columna 4° to nivel						
	PTO 27	PTO 41 4 - C	PTO 42	PTO 43	PTO 44	PTO 45 2 - D	PTO 46 2 - E
			4 - B	3 - B			
				B			
1	30	40	40	38	40	38	42
2	40	39	37	42	43	34	31
3	38	40	34	45	45	32	41
4	31	41	36	32	36	32	40
5	32	42	38	35	39	34	38
6	40	41	40	42	38	34	34
7	34	44	34	40	43	34	44
8	28	44	45	35	38	31	42
9	30	30	42	39	42	33	38
10	37	33	33	43	40	34	33
11	30	34	37	39	40	30	42
12	28	41	45	34	42	34	32
13	30	35	35	39	36	32	34
14	38	42	43	41	43	35	35
15	30	36	40	39	36	34	35
16	30	45	41	33	41	32	32
PROMEDIO	32.875	39.1875	38.75	38.5	40.125	33.3125	37.0625

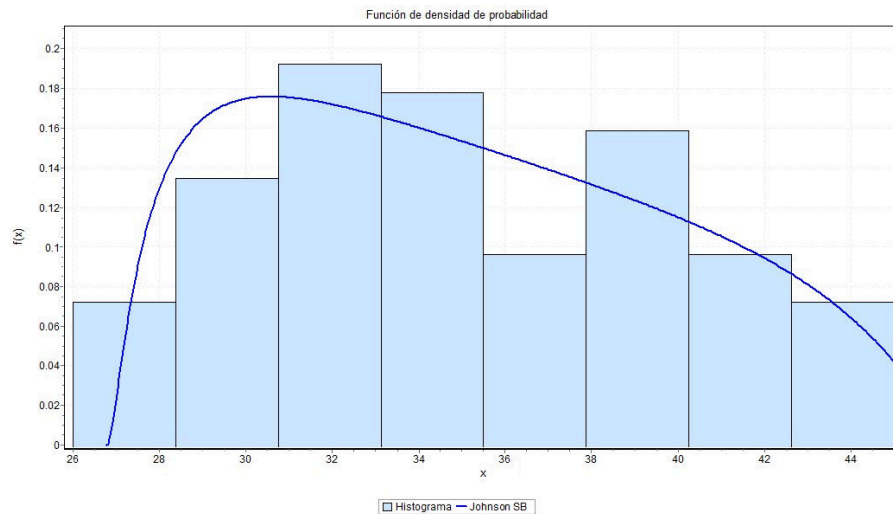
**Tabla 12**

Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura					
	Ensayo de área: Columna 4° to nivel					
	PTO 47 4 - E	PTO 48 3 - E	PTO 49 4 - H	PTO 50 5 - E	PTO 51 5 - D	PTO 52 5 - B
1	32	36	34	35	37	30
2	30	32	30	31	28	34
3	34	37	30	36	28	30
4	32	44	35	28	36	31
5	34	36	29	31	30	32
6	32	36	32	28	28	28
7	36	35	31	34	29	31
8	30	43	29	42	32	30
9	37	36	29	31	28	29
10	38	33	35	38	29	26
11	36	34	34	31	32	29
12	39	42	32	40	31	32
13	34	42	30	31	30	32
14	37	34	32	30	34	26
15	40	34	35	32	31	28
16	28	40	30	30	28	28
PROMEDIO	34.3125	37.125	31.6875	33	30.6875	29.75

*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, columnas del 4to nivel*

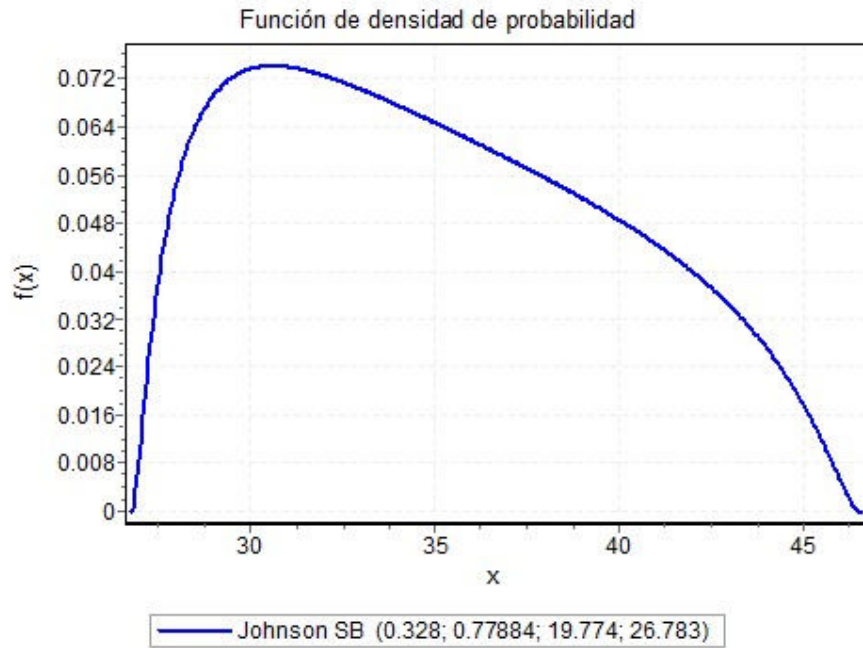
**Figura 20**

*Se obtiene la función de distribución que se ajusta Johnson SB*



**Figura 21**

Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Johnson SB



Parámetros de distribuciones que domina Johnson SB

$\gamma$  - parámetro de forma continua

$\delta$  - parámetro de forma continua  $\sigma > 0$

$\lambda$ - parámetro de escala continua  $\lambda > 0$

$\xi$  - parámetro de ubicación continua

Dominio

$\xi$  menor igual x menor igual  $\xi + \gamma$

La distribución Johnson SB está definida por la función cuantil.

$$f(x) = \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi z(1-z)}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right)$$

Función de distribución acumulativa

$$F(x) = \phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)$$

Donde  $z \equiv \frac{x-\xi}{\lambda}$  y es la integral de Laplace

$\gamma = 0.328$ ;  $\delta = 0.77884$ ;  $\lambda = 19.774$  Y  $\xi = 26.783$

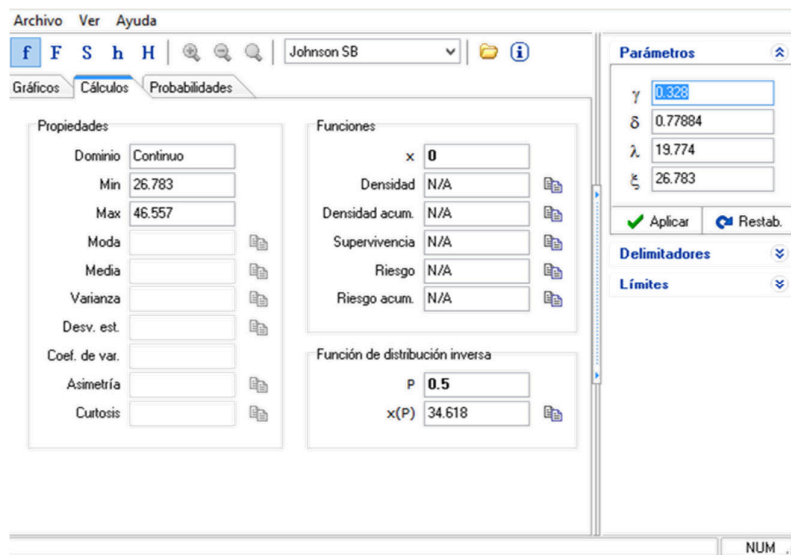
Dato obtenido de la funcion de distribucion inversa

P = 50%

X(P) = 34.618

**Figura 22**

*Se obtiene los resultados Johnson SB*



*Nota:* La imagen representa los cálculos obtenidos en el software estadístico Easyfit, para el grupo de datos obtenidos en las columnas del cuarto nivel.

Analisis al 50% según Johnson SB 34.618 valor de rebote R adimencional, con angulo de impacto  $\alpha = 0^\circ$  resultado obtenido 272.360 kgf/cm<sup>2</sup>.



**Tabla 13**

*Cuadro de resumen de los elementos estructurales en las columnas*

Descripción	1er nivel columnas Wakeby (50%)	2do nivel columnas Johnson SB (50%)	3er nivel columnas Wakeby (50%)	4to nivel columnas Johnson SB (50%)
Adimensional	34.353	37.509	36.734	34.618
kgf/cm <sup>2</sup>	<b>267.060</b>	<b>315.09</b>	<b>304.68</b>	<b>272.36</b>

**4.1.3 Resultados de la resistencia del concreto en elementos como vigas**

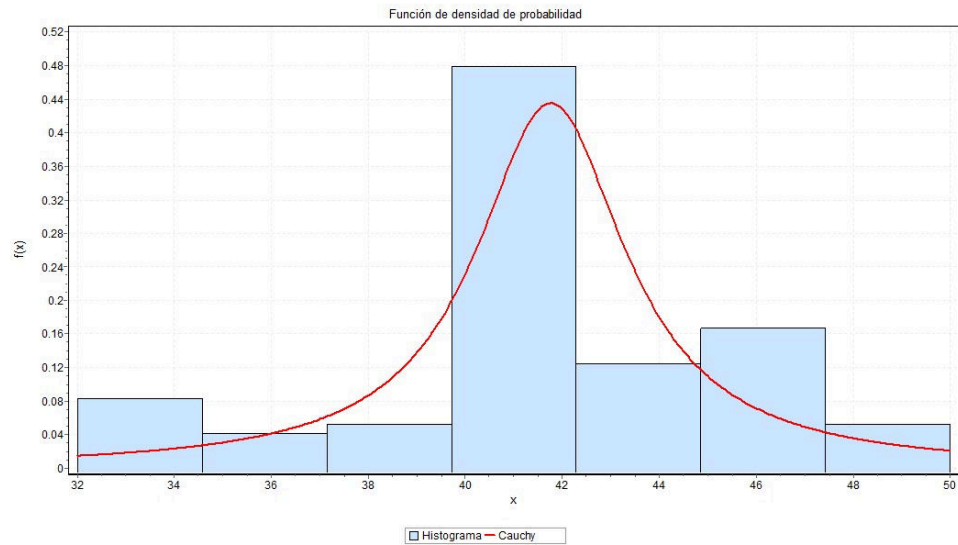
**Tabla 14**

*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, vigas del 2do nivel*

Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura					
	Ensayo de área: Vigas 2° do nivel					
	PTO 14	PTO 15	PTO 16	PTO 17	PTO 18	PTO 19
	D - E, 4	4 - 5, E	4 - 5, D	A -B, 4	4 - 5, B	4 - 5. C
1	39	32	40	42	43	42
2	41	37	42	42	45	40
3	34	40	45	42	42	32
4	33	35	44	46	42	40
5	40	40	41	48	45	34
6	40	38	44	46	45	43
7	40	40	40	46	40	43
8	34	36	34	40	35	43
9	40	40	42	40	43	47
10	32	40	42	46	42	40
11	42	50	44	42	47	42
12	40	42	42	38	42	45
13	42	42	48	38	47	43
14	42	41	48	46	42	40
15	42	42	45	46	43	47
16	38	42	50	44	40	44
<b>PROMEDIO</b>	<b>38.688</b>	<b>39.813</b>	<b>43.188</b>	<b>43.250</b>	<b>42.688</b>	<b>41.563</b>

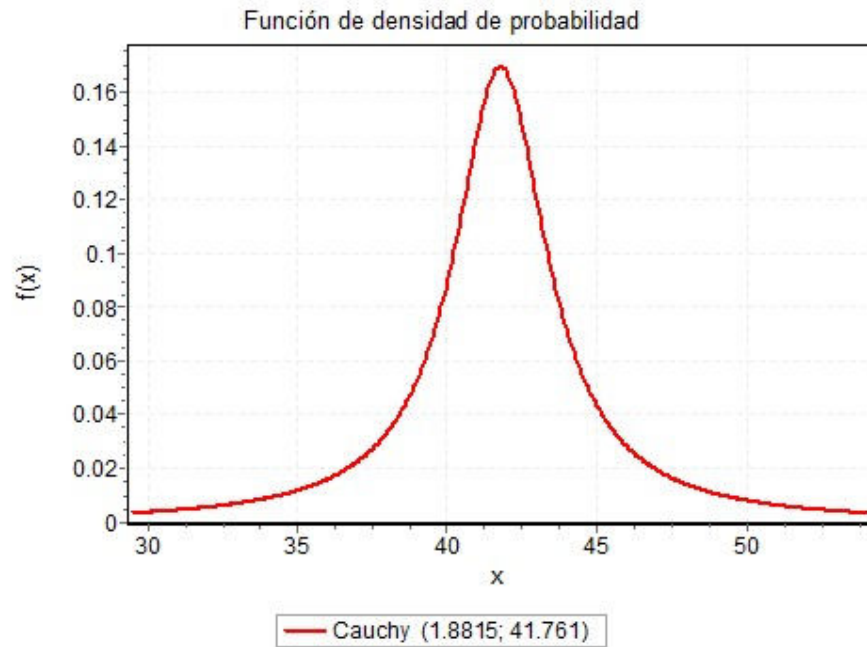
**Figura 23**

*Se obtiene la función de distribución que se ajusta Cauchy*



**Figura 24**

*Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Cauchy*



Parámetros de distribuciones que domina Cauchy

$\sigma$  - parámetro de escala continua  $\sigma > 0$

$\mu$  - parámetro de ubicación continua

*menor infinito < x < mas infinito*

La distribución Cauchy está definida por la función cuantil. Función de densidad de probabilidad

$$f(x) = \left( \pi \sigma \left( 1 + \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right) \right)^{-1}$$

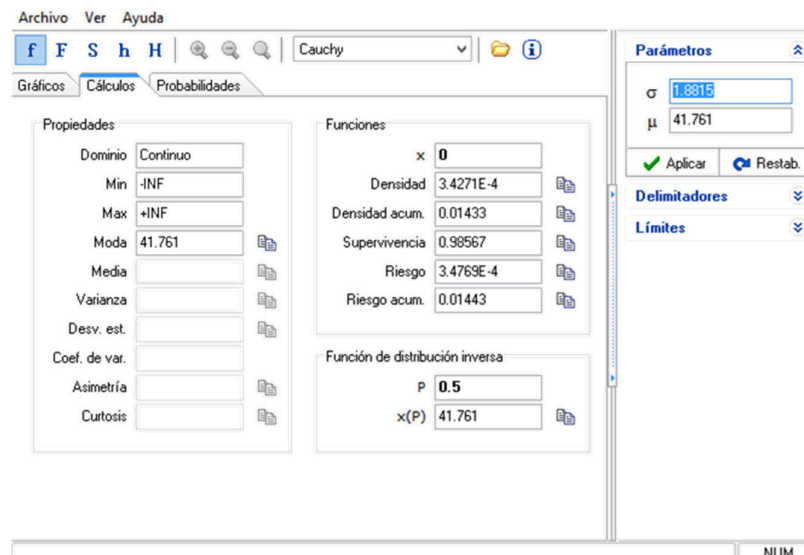
Función de distribución acumulativa

$$f(x) = \frac{1}{\pi} \arctan \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) + 0.5$$

$\sigma = 1.8815$  y  $\mu = 41.761$

**Figura 25**

*Se obtiene los resultados Cauchy*



*Nota:* La imagen representa los cálculos obtenidos en el software estadístico Easyfit, para el grupo de datos obtenidos en las vigas del segundo nivel.

Dato obtenido de la función de distribución inversa

P = 50%

$$X(P) = 41.761$$

Analisis al 50% según Cauchy 41.761 valor de rebote R adimensional, con angulo de impacto  $\alpha = 0^\circ$  resultado obtenido 377.610 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 15**

*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, vigas 3er nivel*

Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura				
	Ensayo de área: Vigas 3er nivel				
	PTO 20	PTO 28	PTO 30	PTO 34	PTO 35
	4 - E	4 - 5, D	2-3,D	4 - 5, B	C - D, 4
1	32	35	40	40	31
2	38	37	38	45	34
3	44	40	40	37	35
4	32	36	44	44	30
5	38	36	42	42	34
6	40	35	44	45	38
7	45	32	40	44	33
8	45	36	44	40	36
9	44	35	43	45	34
10	42	35	36	43	32
11	37	32	38	43	34
12	36	40	40	44	30
13	37	42	41	38	29
14	42	41	37	36	29
15	44	40	42	46	34
16	38	41	44	36	33
<b>PROMEDIO</b>	<b>39.625</b>	<b>37.0625</b>	<b>40.8125</b>	<b>41.75</b>	<b>32.875</b>

**Tabla 16**

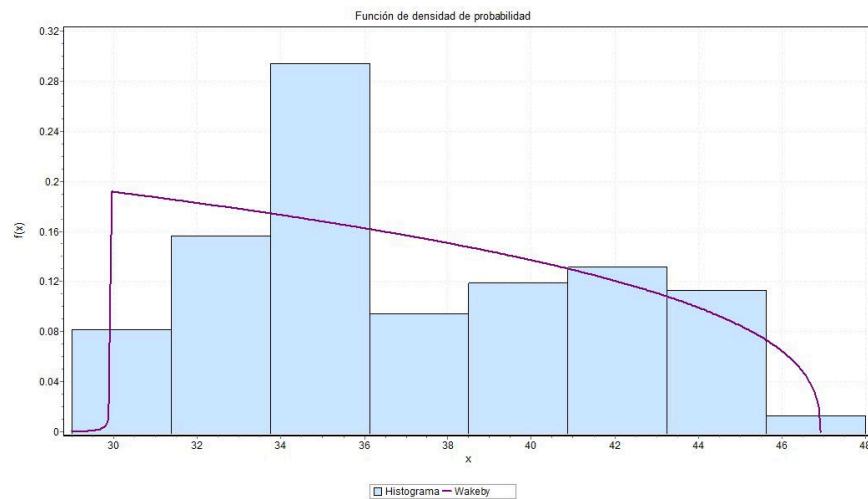
*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, vigas 3er nivel*

Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura				
	Ensayo de área: Vigas 3er nivel				
	PTO 36	PTO 37	PTO 38	PTO 39	PTO 40
	4 - 5,C	A - B, 4	4 - 5, B	A -B, 3	3 - 4, B
1	44	35	34	32	30
2	42	30	33	34	35
3	43	33	36	38	35
4	44	33	34	35	35
5	41	35	34	32	32
6	40	32	32	34	35
7	40	32	32	33	35
8	43	36	34	33	32

9	43	40	36	34	34
10	44	40	34	34	39
11	48	35	34	40	32
12	43	35	32	30	33
13	40	40	34	30	39
14	41	36	42	32	30
15	42	37	34	29	29
16	34	32	38	34	31
<b>PROMEDIO</b>	<b>42</b>	<b>35.0625</b>	<b>34.5625</b>	<b>33.375</b>	<b>33.5</b>

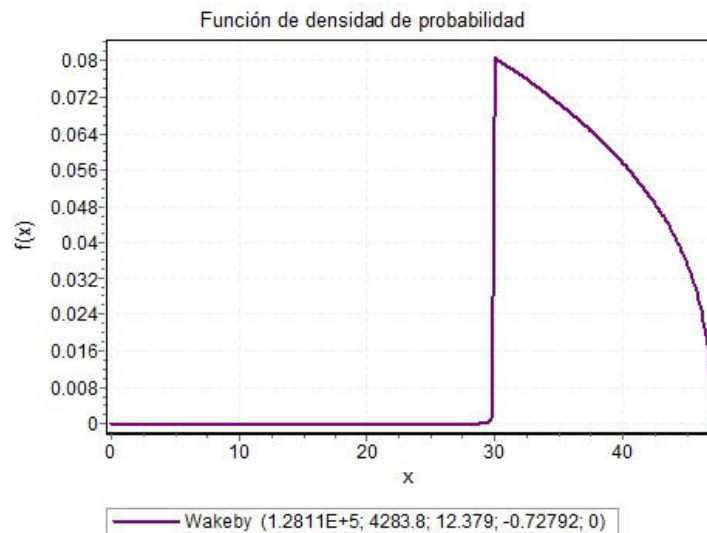
**Figura 26**

*Se obtiene la función de distribución que se ajusta Wakeby*



**Figura 27**

*Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Wakeby*



La distribución Wakeby está definida por la función cuantil.

$$x(F) = \zeta + \frac{\alpha}{\beta}(1 - (1 - F)^\beta) - \frac{\gamma}{\delta}(1 - (1 - F)^{-\delta})$$

Parámetros

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \xi$  (todo continuo)

Se imponen las siguientes condiciones:

$$\alpha \neq 0 \text{ o } \gamma \neq 0$$

$$\beta + \delta > 0 \text{ o } \beta = \gamma = \delta = 0$$

$$\text{si } \alpha = 0 \text{ entonces } \beta = 0$$

$$\text{si } \gamma = 0 \text{ entonces } \delta = 0$$

$$\delta \geq 0 \text{ y } \alpha + \gamma \geq 0$$

Dominio

$$\zeta \leq \alpha < \text{Mas infinito si } \delta > 0 \text{ y } \gamma > 0$$

$$\zeta \leq \alpha \leq \zeta + \frac{\alpha}{\beta} - \frac{\gamma}{\delta} \text{ si } \delta < 0 \text{ o } \gamma = 0$$

Parámetros de distribuciones que domina Wakeby

$$\alpha = 1.2811 \times 10^5; \beta = 4283.8; \gamma = 12.379; \delta = -0.72792 \text{ y } \xi = 0$$

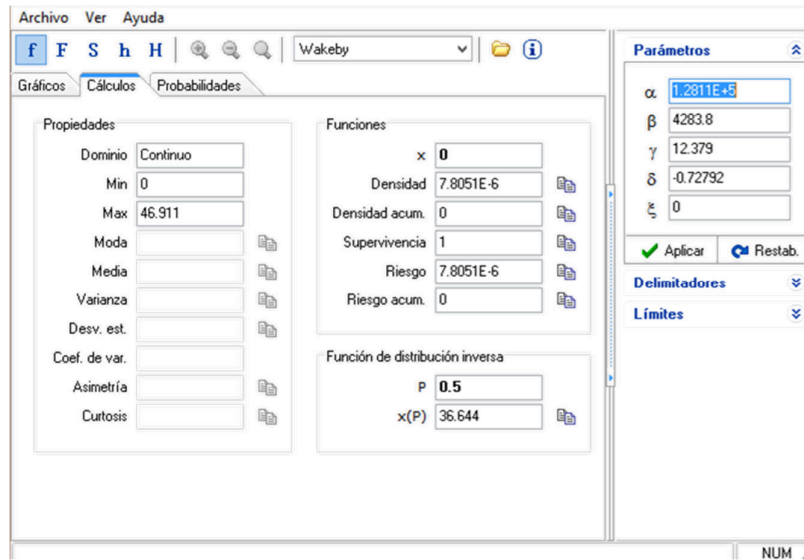
Dato obtenido de la función de distribución inversa

$$P = 50\%$$

$$X(P) = 36.644$$

**Figura 28**

*Se obtiene los resultados Wakeby*



*Nota:* La imagen representa los cálculos obtenidos en el software estadístico Easyfit, para el grupo de datos obtenidos en las vigas del tercer nivel.

Analisis al 50% según Wakeby 36.644 valor de rebote R adimensional, con ángulo de impacto  $\alpha = 0^\circ$  resultado obtenido 302.880 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 17**

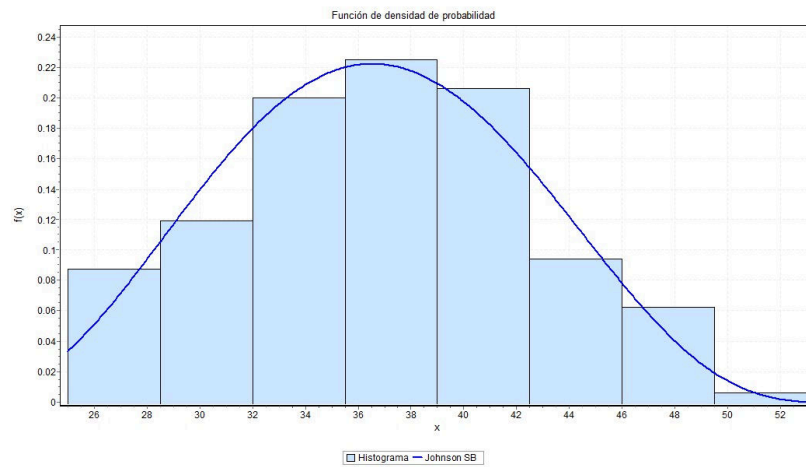
*Datos obtenidos en campo utilizando el esclerómetro, vigas 4to nivel*

Rebotes N°16 disparos	Resultados tomados de la galería de las Américas de la Estructura									
	Ensayo de área: Viga 4° to nivel									
	PTO	PTO	PTO	PTO	PTO	PTO	PTO	PTO	PTO	PTO
	31	33	53	54	55	56	57	58	59	60
	3 - 4,	2 - 3,	2 - 3,	2 -3, 4	A -B,	4 - 5,	4 - 5,	D - E,	4 - 5,	3 - 4,
	D	D	E		5	B	C	5	D	E
1	33	34	26	35	40	40	40	35	40	40
2	36	30	27	30	42	37	45	36	43	40
3	26	34	32	32	45	35	41	34	41	40
4	26	40	30	30	47	36	53	38	35	34
5	40	34	28	28	40	46	38	29	36	43
6	38	38	27	33	41	37	46	36	42	42
7	29	32	28	36	38	42	45	35	41	44

8	30	38	33	34	40	38	36	31	43	42
9	32	34	27	28	37	46	47	35	38	38
10	37	25	26	33	38	47	33	44	39	45
11	32	31	30	30	45	43	39	36	36	40
12	30	29	34	33	43	47	43	36	38	38
13	27	36	32	29	37	46	37	35	43	44
14	30	32	30	35	42	39	46	41	39	42
15	26	38	30	32	46	37	40	38	38	37
16	29	34	31	34	37	39	40	37	42	42
<b>PROMED</b>	<b>31.31</b>	<b>33.68</b>	<b>29.43</b>	<b>32</b>	<b>41.12</b>	<b>40.93</b>	<b>41.81</b>	<b>36</b>	<b>39.62</b>	<b>40.68</b>
<b>IO</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

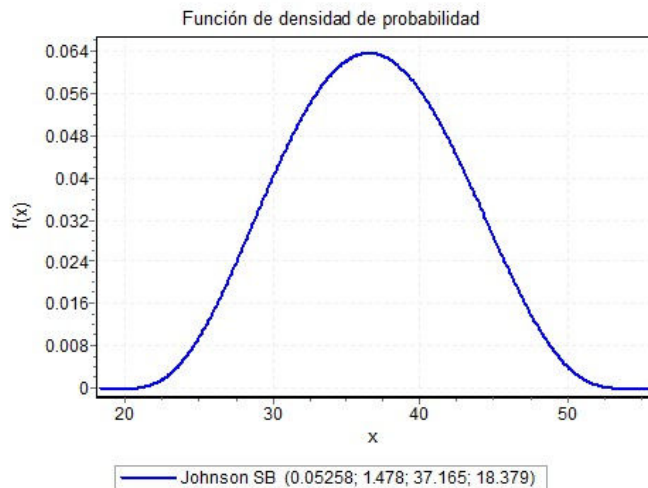
**Figura 29**

*Se obtiene la función de distribución que se ajusta Johnson SB*



**Figura 30**

*Se obtiene la curva de la función que se ajusta a Johnson SB*





Parámetros de distribuciones que domina Johnson SB

$\gamma$  - parámetro de forma continua

$\delta$  - parámetro de forma continua  $\sigma > 0$

$\lambda$  - parámetro de escala continua  $\lambda > 0$

$\xi$  - parámetro de ubicación continua

Dominio

$\xi$  menor igual x menor igual  $\xi + \lambda$

La distribución Johnson SB está definida por la función cuantil.

$$f(x) = \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi z(1-z)}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right)$$

Función de distribución acumulativa

$$F(x) = \Phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)$$

Donde  $z \equiv \frac{x-\xi}{\lambda}$  y es la integral de Laplace

$\gamma=0.05258$ ;  $\delta=1.478$ ;  $\lambda=37.165$  y  $\xi=18.379$

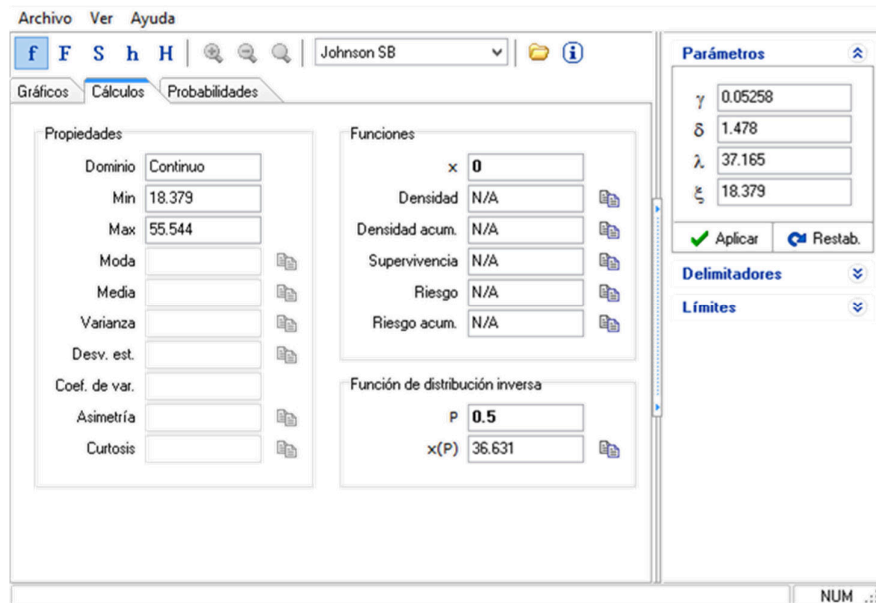
Dato obtenido de la función de distribución inversa

P = 50%

X(P) = 36.631

**Figura 31**

*Se obtiene los resultados Johnson SB*



*Nota:* La imagen representa los cálculos obtenidos en el software estadístico Easyfit, para el grupo de datos obtenidos en las vigas del cuarto nivel.

Análisis al 50% según Johnson SB 36.631 valor de rebote R adimensional, con ángulo de impacto  $\alpha = 0^\circ$  resultado obtenido 302.620 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 18**

*Cuadro de resumen de los elementos estructurales en las vigas*

Descripción	2do nivel vigas Cauchy (50%)	3er nivel vigas Wakeby (50%)	4to nivel vigas Johnson SB (50%)
<b>Dimensión del elemento estructural</b>			
<b>Adimensional</b>	41.761	36.644	36.631
<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	377.610	302.88	302.62

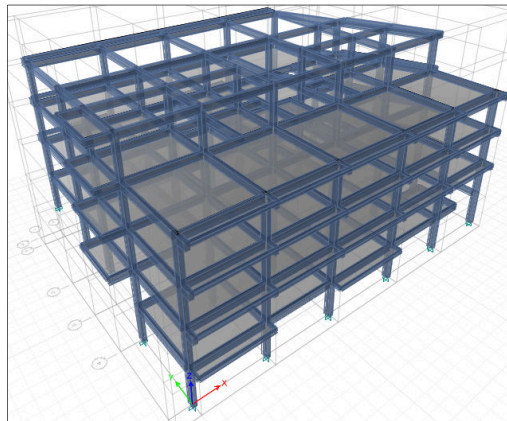
*Nota:* Cuadro resumen de las equivalencias de los resultados de campo obtenidas con esclerómetro para la edificación en análisis.

#### 4.1.4 Resultados del comportamiento estructural

Para el siguiente ítem se procedió a hacer un análisis lineal, según lo contemplado en el RNE en su capítulo E.030, de acuerdo a los datos extraídos mediante ensayos como el estudio geotécnico, estudio de variación de la resistencia de concreto (esclerometría), escáner para ver la disposición de los aceros, e inspecciones visuales, teniendo con todo ello un backup para el armado de un modelo matemático de la edificación.

**Figura 32**

*Configuración del modelo estructural*



*Nota:* La Imagen presenta el modelo tridimensional extruido de la edificación a analizar.

**Figura 33**

*Disposición de los elementos estructurales*



*Nota:* La Imagen presenta las secciones típicas de los elementos estructurales de la edificación a analizar.

Los modelos estructurales tridimensionales para el análisis y diseño, se realizó con el programa comercial CSI Etabs versión 19.1.0. en el cual se simularán los diferentes escenarios de carga a los que está sometida la estructura según la normativa técnica correspondiente, así como su comportamiento frente a sismos, esto permitirá de manera rápida y precisa, determinar los esfuerzos internos de cada uno de los elementos estructurales

**Configuración Estructural.** - Se tiene la propuesta de un edificio de 04 niveles y con techo de losa aligerada, para uso de galería comercial. Tiene una configuración irregular en planta y altura, los elementos estructurales verticales (columnas y muros), se diseñaron sin cambio de sección en todos los niveles. Las escaleras están construidas de concreto armado, teniendo apoyos fijos en vigas, por tanto, no aportarán rigidez sólo cargas distribuidas.

**Sistema Estructural.** - Para la edificación de 04 niveles se tiene un sistema Estructural de **pórticos** en las direcciones de análisis Y-Y y X-X, (columnas  $\geq$  80% del esfuerzo cortante en la base de la estructura actúa en las columnas).

La ubicación de los tabiques de albañilería, se consideran mediante cargas distribuidas linealmente en las vigas de acuerdo la distribución en planta de arquitectura. Los cerramientos en fachadas son en base muros de bloquetas de concreto de 0.20x0.40x0.12m de sección, con aparejo de soga.

Se tienen las siguientes propiedades para los elementos estructurales. En esta fase se evalúan las condiciones del cálculo como material utilizado, secciones transversales, tipos de carga, combinaciones de carga, análisis de carga y condiciones de diseño estructural. Para lo cual se trabajaron según los resultados obtenido de los ensayos realizados en campo.

Se realizó el diseño ante cargas sísmicas y gravitacionales, considerando un análisis por fuerza lateral equivalente (FLE) y un análisis modal de respuesta espectral de la estructura (AMRE), conocidos como diseño basado en fuerzas.

La definición del material, un componente esencial del modelado de la estructura ya que determina el comportamiento ante la deformación de todos y cada uno de los elementos estructurales y además proporciona el peso propio de los mismos.

A continuación, se describen la calidad de los materiales utilizados en la evaluación de la edificación.

El valor del módulo de elasticidad para concretos de densidad normal se puede tomar (E – 060 / ACI 318 14/19.2.2):

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

**El concreto a usado en la infraestructura:** columnas, muros estructurales, vigas, losas aligeradas (nervadas), escaleras, tiene las siguientes propiedades:

- ✓ Peso Específico : 2400 Kgf/m<sup>3</sup>.
- ✓ Resistencia a la Compresión : 267-313 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Elasticidad : 245,102.12 Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Corte :  $G = E_c / 2.3 = 106566.09$  Kgf/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Módulo de Poisson : 0.15

**El acero a 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 34**

*Definición de materiales de diseño, concreto  $f'c=267\text{kgf/cm}^2$*

Material Property Data

General Data

Material Name: 19C f'c=267kgf/cm2 esperada

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Picker]

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Material Weight and Mass

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kg/m³

Mass per Unit Volume: 2400 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2451.02 kgf/mm²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.000099 1/C

Shear Modulus, G: 1065.66 kgf/mm²

Design Property Data

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

Advanced Material Property Data

[Nonlinear Material Data...]

[Material Damping Properties...]

[Time Dependent Properties...]

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

[OK] [Cancel]

*Nota: La Imagen presenta las propiedades para el concreto.*

**Figura 35**

*Definición de material de acero G60  $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$*

Material Property Data

General Data

Material Name: AG#60 fy=4200kgf/cm^2

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: [Color Picker]

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Material Weight and Mass

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7850 kg/m³

Mass per Unit Volume: 7850 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20394.32 kgf/mm²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

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

Advanced Material Property Data

[Nonlinear Material Data...]

[Material Damping Properties...]

[Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

*Nota: La Imagen presenta las propiedades para el concreto.*

### Columna C-01 (Rectangular)

- ✓ Niveles : Todos los niveles.
- ✓ Peralte bruto : 40 cm.
- ✓ Ancho : 30 cm.
- ✓ Recubrimiento : 40mm.
- ✓ 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 36**

### *Definición de la sección de columna C1*

The screenshot shows the 'Frame Section Property Data' dialog box. The 'General Data' section includes:
 

- Property Name: C1-30x40v'anil
- Material: Concreto f'c=210kgf/cm<sup>2</sup>
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Display Color: Change...
- Notes: Modify/Show Notes...

 The 'Shape' section shows 'Section Shape' as 'Concrete Rectangular'. The 'Section Property Source' is 'User Defined'. The 'Section Dimensions' are:
 

- Depth: 300 mm
- Width: 500 mm

 A central diagram shows a rectangular cross-section with dimensions 300 mm (depth) and 500 mm (width). The 'Properties' table on the right lists various properties and their values:

Item	Value
Area, mm <sup>2</sup>	150000
AS2, mm <sup>2</sup>	125000
AS3, mm <sup>2</sup>	125000
I33, mm <sup>4</sup>	1125000000
I22, mm <sup>4</sup>	3125000000
S33Pos, mm <sup>3</sup>	7500000
S33Neg, mm <sup>3</sup>	7500000
S22Pos, mm <sup>3</sup>	125000000
S22Neg, mm <sup>3</sup>	125000000
R33, mm	86.6
R22, mm	144.3
Z33, mm <sup>3</sup>	112500000
Z22, mm <sup>3</sup>	18750000
J, mm <sup>4</sup>	2817370800
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 columna C1.

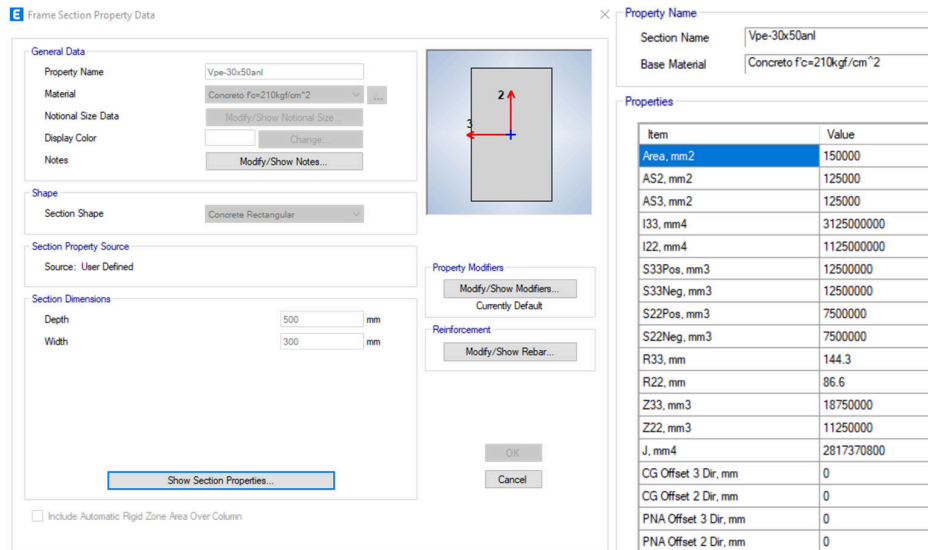
### Viga Principal Vp-01 (30x50)

- ✓ Niveles : Todos los niveles.

- ✓ Peralte bruto : 50 cm.
- ✓ Ancho : 30 cm.
- ✓ Recubrimiento + estribo +centroide varillas: 50 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 37**

*Definición de la sección de viga VP-1*



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

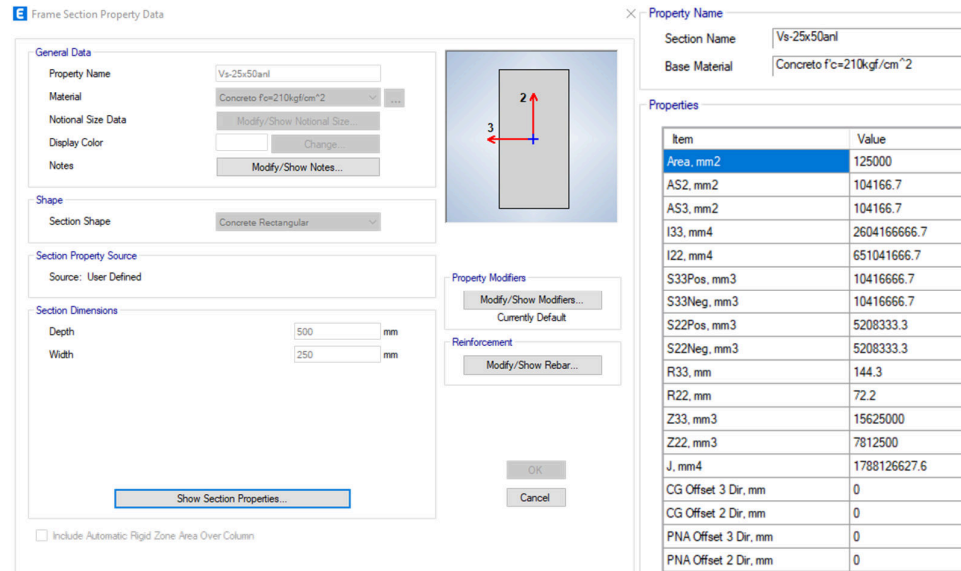
Viga secundaria Vs-01 (25x50)

- ✓ Niveles : Todos los niveles.
- ✓ Peralte bruto : 50 cm.
- ✓ Ancho : 25 cm.
- ✓ Recubrimiento + estribo +centroide varillas: 50 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 38**

*Definición de la sección de viga VS-1*

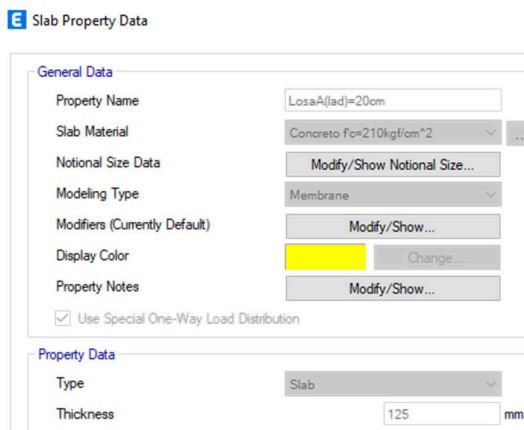


*Nota:* La Imagen presenta las propiedades para la viga Vs-1.

Se tienen 02 tipos de losas, aligeradas en una dirección y macizas, con peralte 20 cm para los entrepisos, se observó del 1er al último nivel losa rellena de bloques de arcilla.

**Figura 39**

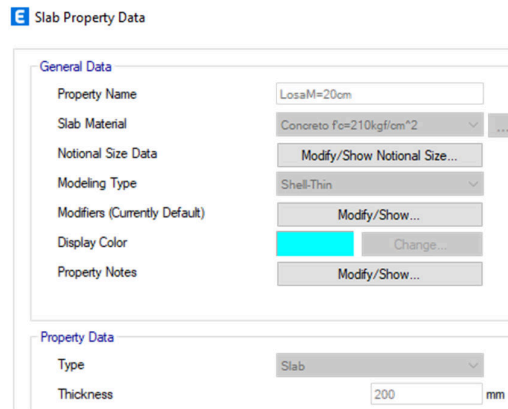
*Definición de la sección de losa aligerada rellena con ladrillo*



*Nota:* La Imagen presenta las propiedades para la losa aligerada.

**Figura 40**

*Definición de la sección de losa maciza*



*Nota:* La Imagen presenta las propiedades para la losa maciza.

La clasificación de la estructura está en función de parámetros vigentes con la norma de diseño sismo resistente E.030 (2019), está definida completamente por la información obtenida por parte del Estudio Geotécnico correspondiente. A continuación, se describen algunos de los parámetros definidos:

Para el caso del análisis sísmico dinámico se ha utilizado un espectro inelástico de pseudos- aceleraciones definido por el Art. 29 de la Norma para el caso de elementos de concreto reforzado según el siguiente cuadro:

- ✓  $Z = 0.25$  Factor de zona (Tabla 01)
- ✓  $U = 1.30$  Categoría de edificación "B" (tabla 05)
- ✓  $T_P(s) = 0.60$  parámetro de suelo (tabla 04)
- ✓  $T_L(s) = 2.00$  parámetro de suelo (tabla 04)
- ✓  $C = 1.344$  y  $1.913$  Factor de amplificación sísmica (Artículo 14)
- ✓  $S = 1.20$  parámetro de suelo (tabla 03)
- ✓  $R = 8.00$  Coeficiente de reducción (tabla 07)
- ✓  $I_P = (x=0.75) (y=0.75)$  Irregularidad en planta
- ✓  $I_A = (x=1) (y=0.75)$  Irregularidad en altura

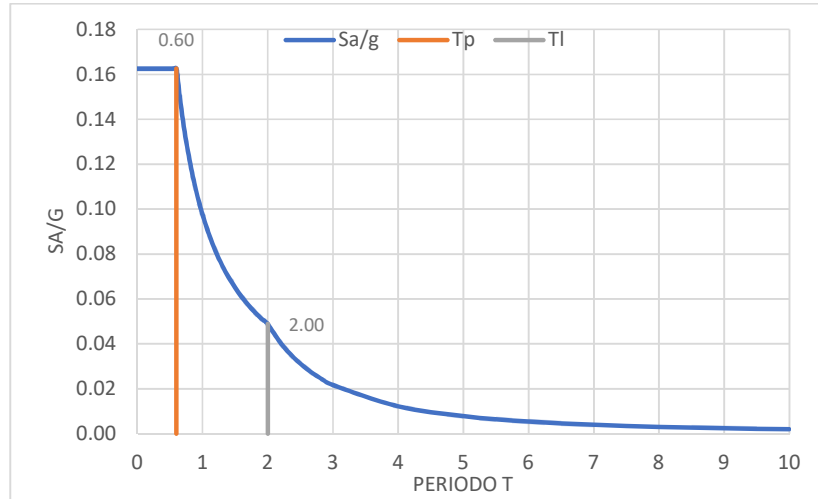
**Tabla 19***Datos del espectro en X, de aceleración, velocidad y desplazamiento*

<i>C</i>	<i>T (s)</i>	<i>Sa/g</i>	<i>Sv (m/s)</i>	<i>Sd (m)</i>
2.50	0.00	0.1625	0.0000	0.0000
2.50	0.02	0.1625	0.0051	0.0000
2.50	0.04	0.1625	0.0101	0.0001
2.50	0.06	0.1625	0.0152	0.0001
2.50	0.08	0.1625	0.0203	0.0003
2.50	0.10	0.1625	0.0254	0.0004
2.50	0.12	0.1625	0.0304	0.0006
2.50	0.14	0.1625	0.0355	0.0008
2.50	0.16	0.1625	0.0406	0.0010
2.50	0.18	0.1625	0.0457	0.0013
2.50	0.20	0.1625	0.0507	0.0016
2.50	0.25	0.1625	0.0634	0.0025
2.50	0.30	0.1625	0.0761	0.0036
2.50	0.35	0.1625	0.0888	0.0049
2.50	0.40	0.1625	0.1015	0.0065
2.50	0.45	0.1625	0.1142	0.0082
2.50	0.50	0.1625	0.1269	0.0101
2.50	0.55	0.1625	0.1395	0.0122
2.50	0.60	0.1625	0.1522	0.0145
2.31	0.65	0.1500	0.1522	0.0157
2.14	0.70	0.1393	0.1522	0.0170
2.00	0.75	0.1300	0.1522	0.0182
1.88	0.80	0.1219	0.1522	0.0194
1.76	0.85	0.1147	0.1522	0.0206
1.67	0.90	0.1083	0.1522	0.0218
1.58	0.95	0.1026	0.1522	0.0230
1.50	1.00	0.0975	0.1522	0.0242
1.36	1.10	0.0886	0.1522	0.0267
1.25	1.20	0.0813	0.1522	0.0291
1.15	1.30	0.0750	0.1522	0.0315
1.07	1.40	0.0696	0.1522	0.0339
1.00	1.50	0.0650	0.1522	0.0363
0.94	1.60	0.0609	0.1522	0.0388
0.88	1.70	0.0574	0.1522	0.0412
0.83	1.80	0.0542	0.1522	0.0436
0.79	1.90	0.0513	0.1522	0.0460
0.75	2.00	0.0488	0.1522	0.0485
0.62	2.20	0.0403	0.1384	0.0485
0.52	2.40	0.0339	0.1269	0.0485
0.44	2.60	0.0288	0.1171	0.0485
0.38	2.80	0.0249	0.1087	0.0485
0.33	3.00	0.0217	0.1015	0.0485
0.19	4.00	0.0122	0.0761	0.0485
0.12	5.00	0.0078	0.0609	0.0485
0.08	6.00	0.0054	0.0507	0.0485
0.06	7.00	0.0040	0.0435	0.0485
0.05	8.00	0.0030	0.0381	0.0485
0.04	9.00	0.0024	0.0338	0.0485

0.03	10.00	0.0020	0.0304	0.0485
------	-------	--------	--------	--------

**Figura 40**

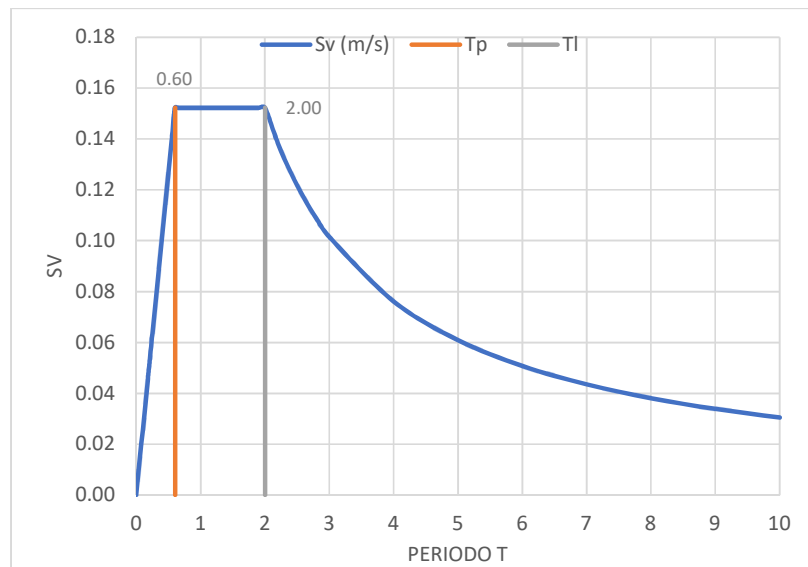
*Espectro de sismo de diseño para la dirección X Sa/g*



Nota: el gráfico representa los valores de aceleración para los periodos que cuenta una edificación.

**Figura 41**

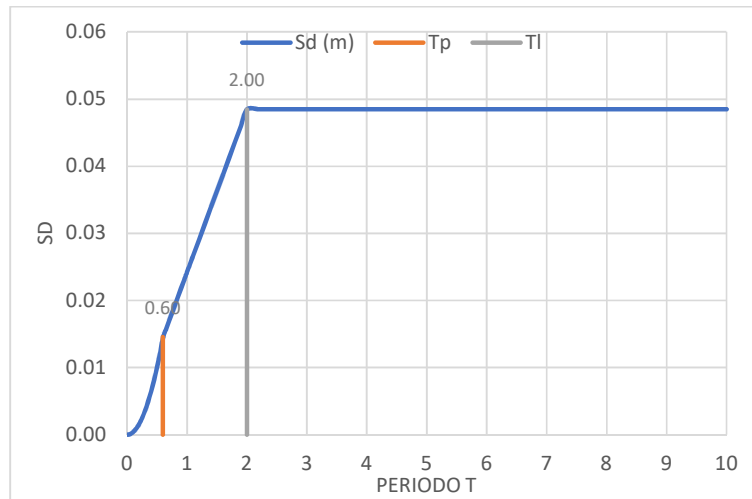
*Espectro de velocidades para la dirección X*



Nota: el gráfico representa los valores de velocidad para los periodos que cuenta una edificación.

**Figura 42**

*Espectro de desplazamiento para la dirección X*



Nota: el gráfico representa los valores de desplazamiento para los periodos que cuenta una edificación.

**Tabla 20**

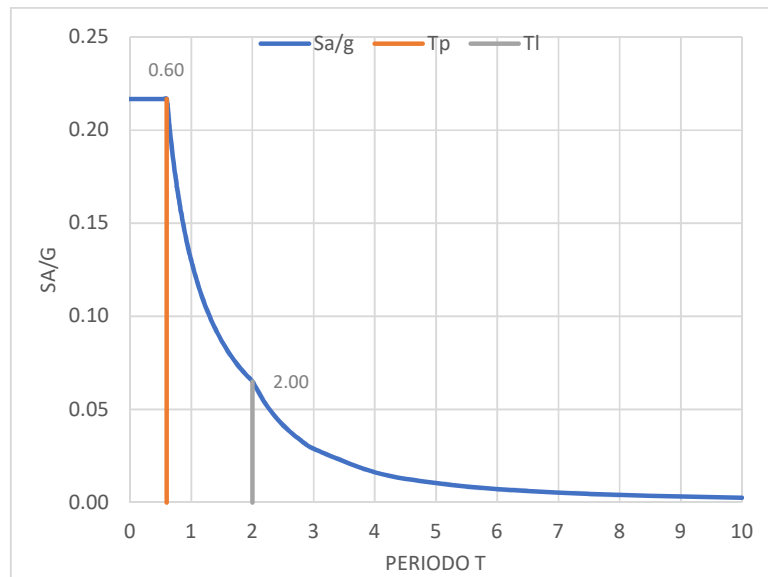
*Datos del espectro en Y, de aceleración, velocidad y desplazamiento*

C	T (s)	Sa/g	Sv (m/s)	Sd (m)
2.50	0.00	0.2167	0.0000	0.0000
2.50	0.02	0.2167	0.0068	0.0000
2.50	0.04	0.2167	0.0135	0.0001
2.50	0.06	0.2167	0.0203	0.0002
2.50	0.08	0.2167	0.0271	0.0003
2.50	0.10	0.2167	0.0338	0.0005
2.50	0.12	0.2167	0.0406	0.0008
2.50	0.14	0.2167	0.0474	0.0011
2.50	0.16	0.2167	0.0541	0.0014
2.50	0.18	0.2167	0.0609	0.0017
2.50	0.20	0.2167	0.0677	0.0022
2.50	0.25	0.2167	0.0846	0.0034
2.50	0.30	0.2167	0.1015	0.0048
2.50	0.35	0.2167	0.1184	0.0066
2.50	0.40	0.2167	0.1353	0.0086
2.50	0.45	0.2167	0.1522	0.0109
2.50	0.50	0.2167	0.1691	0.0135
2.50	0.55	0.2167	0.1861	0.0163
2.50	0.60	0.2167	0.2030	0.0194
2.31	0.65	0.2000	0.2030	0.0210
2.14	0.70	0.1857	0.2030	0.0226
2.00	0.75	0.1733	0.2030	0.0242
1.91	0.79	0.1652	0.2030	0.0254
1.76	0.85	0.1529	0.2030	0.0275
1.67	0.90	0.1444	0.2030	0.0291
1.58	0.95	0.1368	0.2030	0.0307
1.50	1.00	0.1300	0.2030	0.0323

1.36	1.10	0.1182	0.2030	0.0355
1.25	1.20	0.1083	0.2030	0.0388
1.15	1.30	0.1000	0.2030	0.0420
1.07	1.40	0.0929	0.2030	0.0452
1.00	1.50	0.0867	0.2030	0.0485
0.94	1.60	0.0813	0.2030	0.0517
0.88	1.70	0.0765	0.2030	0.0549
0.83	1.80	0.0722	0.2030	0.0581
0.79	1.90	0.0684	0.2030	0.0614
0.75	2.00	0.0650	0.2030	0.0646
0.62	2.20	0.0537	0.1845	0.0646
0.52	2.40	0.0451	0.1691	0.0646
0.44	2.60	0.0385	0.1561	0.0646
0.38	2.80	0.0332	0.1450	0.0646
0.33	3.00	0.0289	0.1353	0.0646
0.19	4.00	0.0163	0.1015	0.0646
0.12	5.00	0.0104	0.0812	0.0646
0.08	6.00	0.0072	0.0677	0.0646
0.06	7.00	0.0053	0.0580	0.0646
0.05	8.00	0.0041	0.0507	0.0646
0.04	9.00	0.0032	0.0451	0.0646
0.03	10.00	0.0026	0.0406	0.0646

**Figura 43**

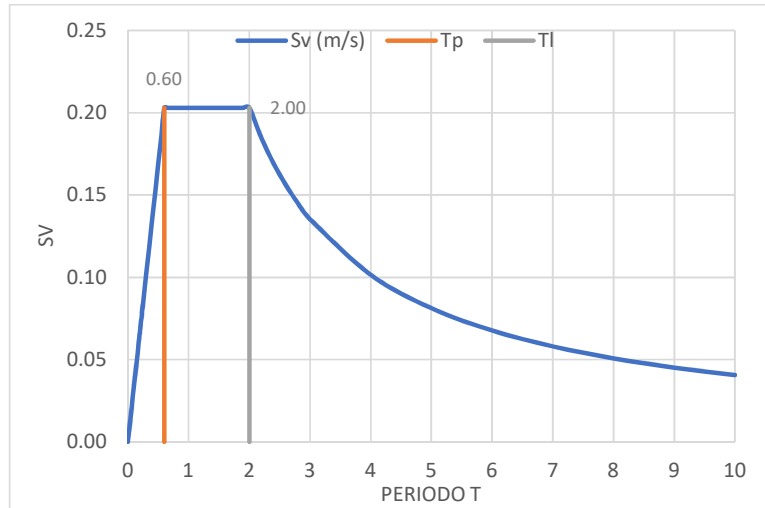
*Espectro de sismo de diseño para la dirección Y Sa/g*



*Nota: el gráfico representa los valores de aceleración para los periodos que cuenta una edificación.*

**Figura 44**

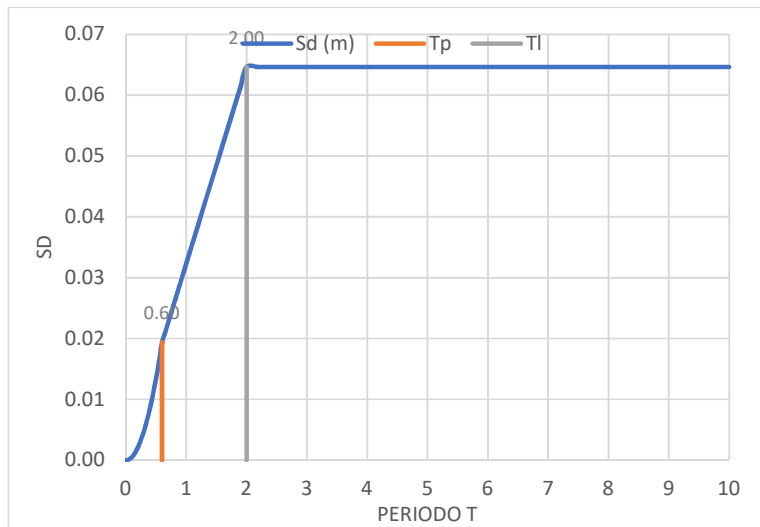
*Espectro de velocidades para la dirección Y*



Nota: el gráfico representa los valores de velocidad para los periodos que cuenta una edificación.

**Figura 45**

*Espectro de desplazamiento para la dirección Y*



Nota: el gráfico representa los valores de desplazamiento para los periodos que cuenta una edificación.

El espectro de sismo en la figura 40 y 43 muestran la gráfica “aceleración/g vs periodo” el cual se calculó de forma manual, así mismo también mediante el programa Etabs v.19.1.0 en el cual viene incluido para la generación del espectro de respuesta espectral de acuerdo con el RNE norma E.030.

En base a la irregularidad que presenta la estructura se ha dispuesto de un factor de reducción de respuesta  $R=6$  para la dirección X, y  $R=4.5$  para la dirección Y, a fin de diseñar la misma para una mayor demanda elástica, disminuyendo conservadoramente la necesidad de incursión inelástica.

El espectro de sismo inelástico se calculó con un factor de reducción sísmica de 8 ( $R_0=8$ ), que corresponde a un sistema de pórticos de concreto armado (Vigas y columnas); definido que las cortantes que toman las columnas son mayores al 80% de la fuerza cortante en la base.

### **Casos de carga**

La cuantificación de cargas se llevó a cabo en base a pesos por metro cúbico establecidos en las normas de la E020, considerándose las cargas del peso propio de cada elemento estructural, peso de los tarrajes, peso de los acabados (cielo raso, acabados en contra pisos). Adicional al metrado se consideran las cargas vivas según las normas de diseño sísmico, contemplan una asignación de cargas vivas teniéndose para esta edificación lo siguiente:

Las cargas vivas de entresijos para la edificación en análisis, vienen dadas según tabla 01 de la E.020.

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

### **Determinación de peso**

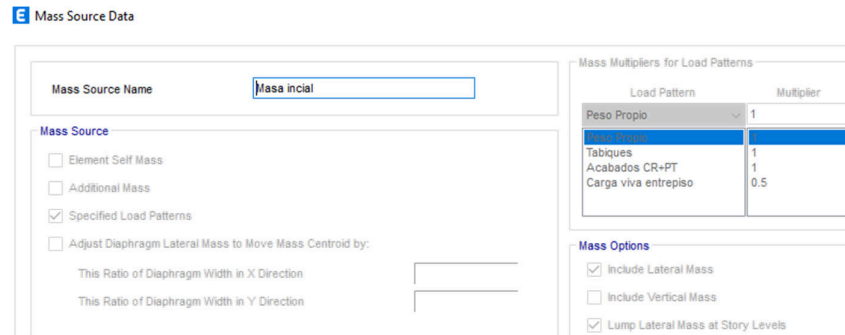
Según el artículo 26 de la E030, se obtiene la estimación del peso de acuerdo al tipo de edificación, se considerará la participación del 100% del peso propio y cargas



mueras, el 50% de las sobrecargas o cargas vivas en los entrepisos y el 25% de las sobrecargas en las coberturas (techos).

**Figura 46**

*Estimación del peso configuración en software del Etabs*



*Nota:* la imagen nos muestra los coeficientes para la estimación del peso de la edificación.

### **Combinaciones de Solicitaciones**

Las estructuras y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus secciones resistentes de diseño ( $\phi R_n$ ) por lo menos iguales a las resistencias requeridas ( $R_u$ ), calculadas para cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en la norma E.030. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:  $\phi R_n \geq R_u$ .

Para calcular la resistencia requerida, o cargas últimas de diseño, se usarán las siguientes combinaciones de carga, según la Norma E-060 (capítulo 9) diseño de concreto Armado.

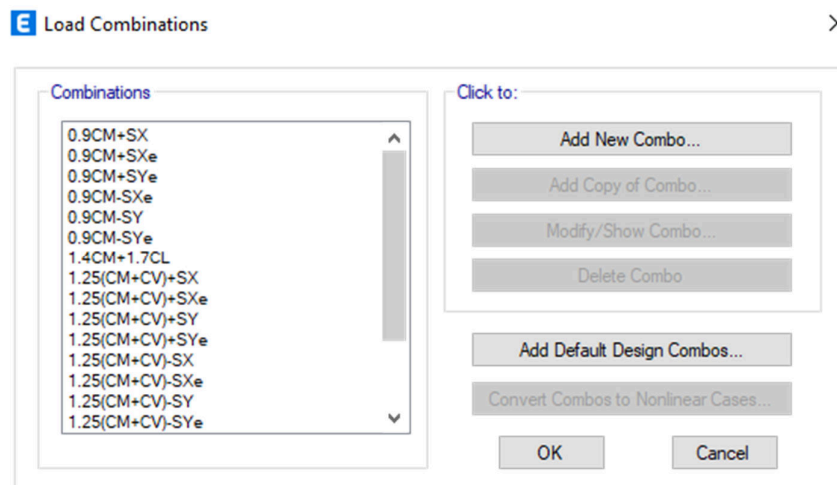
- ✓ 1.4CM + 1.7CV
- ✓ 1.25CM + 1.25CV ± 1.00SX
- ✓ 1.25CM + 1.25CV ± 1.00SY
- ✓ 0.9CM ± 1.00SX
- ✓ 0.9CM ± 1.00SY
- ✓ 0.9CM + 1.7CE

**Donde:**

- ✓ CM : Carga muerta (Dead)
- ✓ CV : Carga viva (Live)
- ✓ CE : Empuje Lateral
- ✓  $S_x, S_y$  : Cargas de sismo dinámico en dirección X e Y, respectivamente
- ✓  $S_{xe}, S_{ye}$ : Cargas de sismo estático en dirección X e Y, respectivamente

**Figura 47**

*Combinaciones de carga para diseño de los elementos estructurales*



*Nota:* el gráfico presenta las combinaciones creadas en base a los patrones de carga muertas y vivas y de sismos.

Considerando las discusiones de diseño establecidas por la E.030 diseño sismo resistente (2019), se establece el uso de análisis dinámicos espectrales, para las acciones sísmicas lineales para las acciones de cargas gravitacionales y de viento, así como también la realización de un análisis modal capítulos 28 y 29 de la E.030.

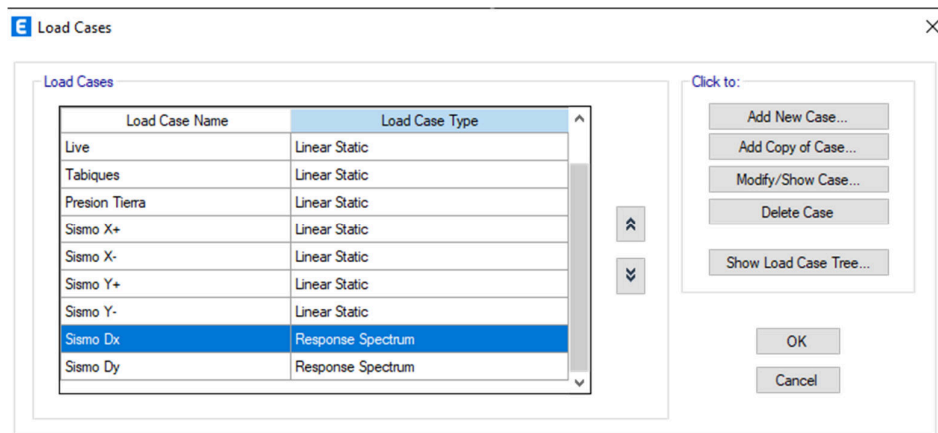
El software Etabs, requiere que se definan la naturaleza de las cargas que se utilizan en los modelos; ya que estas establecen su utilización en las distintas

combinaciones automáticas del Software siguiendo la normativa de diseño, en este caso la norma E.030 Diseño sismo resistente

Estas cargas pueden ser del tipo estático, espectral o dinámico, según el tipo de análisis:

**Figura 48**

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



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

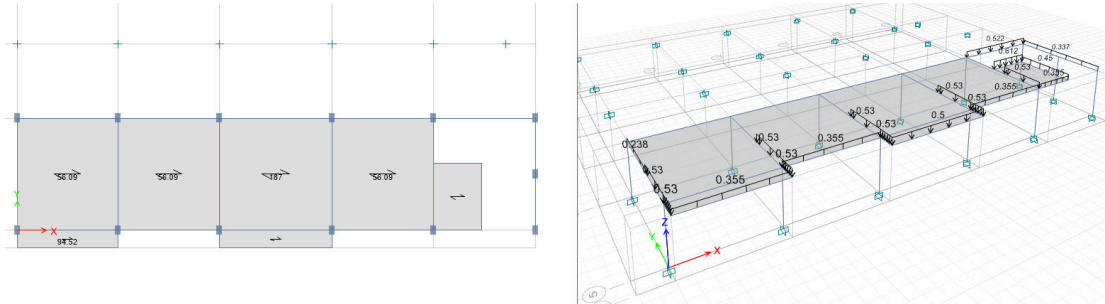
El análisis estructural del proyecto ha tenido cuatro partes, la primera, la recolección de datos in situ propios de la edificación, segundo el planteamiento del modelo estructural, tercero el metrado de cargas y cuarto la determinación de las fuerzas internas y las deformaciones para diseño.

Para el desarrollo de la investigación se parte de los planos del proyecto de arquitectura, así como también se complementa con el informe de la geotecnia, Estudio de Mecánica de Suelos (EMS).

#### 4.1.4.1 Asignación de cargas de tabiques (metrado de cargas)

**Figura 49**

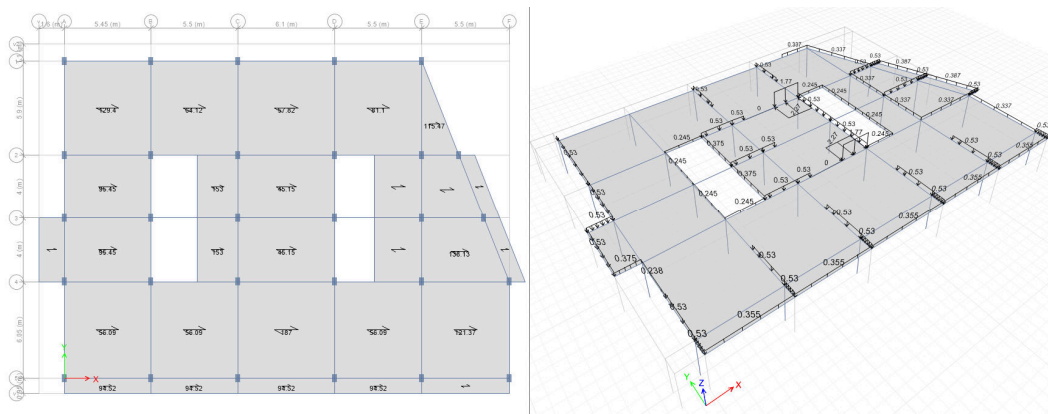
*Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 0*



*Nota: el gráfico presenta la asignación de cargas permanentes (tabiques).*

**Figura 50**

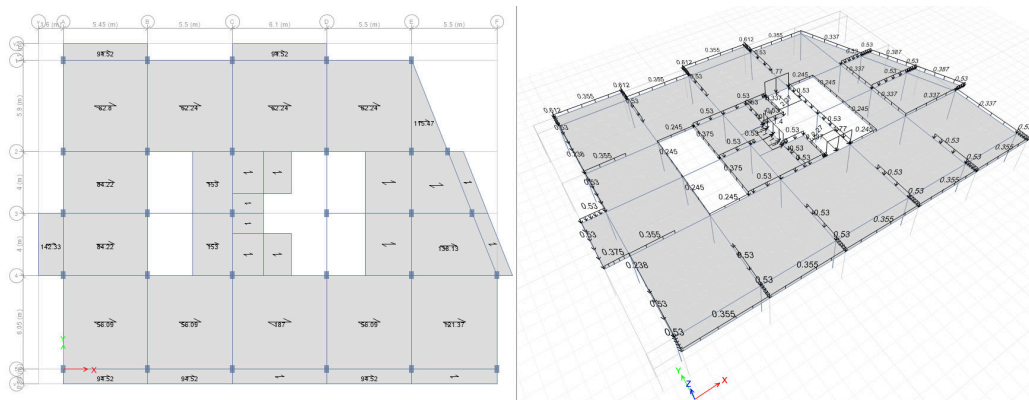
*Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 1*



*Nota: el gráfico presenta la asignación de cargas permanentes (tabiques).*

**Figura 51**

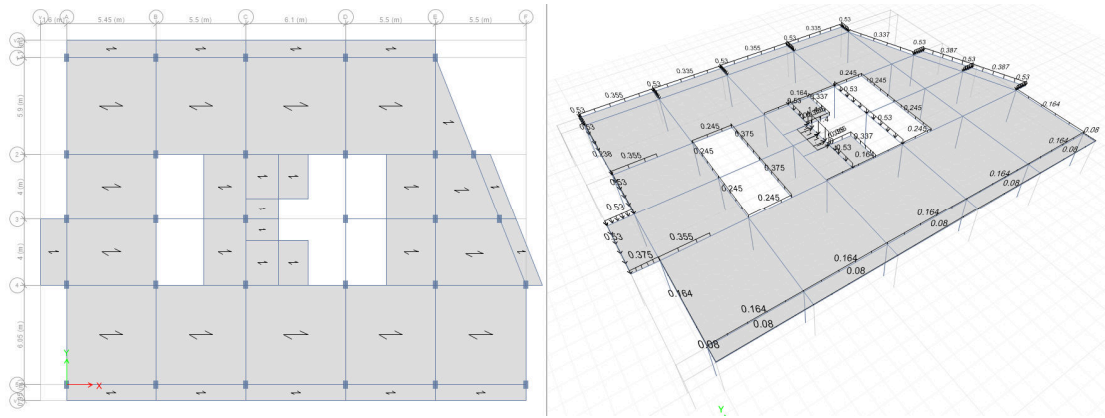
*Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 2*



*Nota: el gráfico presenta la asignación de cargas permanentes (tabiques).*

**Figura 52**

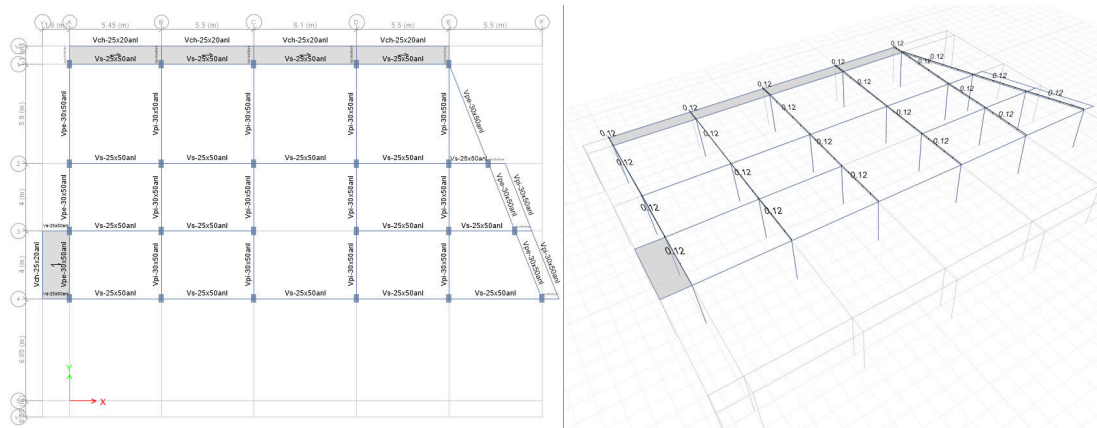
*Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 3*



*Nota: el gráfico presenta la asignación de cargas permanentes (tabiques).*

**Figura 53**

*Distribución de las cargas de tabiquería para el nivel 4*



*Nota: el gráfico presenta la asignación de cargas permanentes (tabiques).*

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

- Irregularidad de rigidez o piso blando, se da cuando se tiene:

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

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

**Tabla 21**

*Cálculo de la irregularidad de rigidez en dirección X*

Piso	Load Case	VX	UX	$\Delta_{CM(i)}$	$K_i$	$0.70 * K_{i+1}A$	ESTRUCTUR	$K_i$	$0.8 * \frac{1}{3}(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$	ESTRUCTURA
		tonf	mm	mm	X					
Piso 4	Sismo X	-17.97	45.120	3.92	4.581			4.581		
Piso 3	Sismo X	-85.16	41.197	9.88	8.620	3.207	<b>REGULAR</b>	8.620		
Piso 2	Sismo X	-	31.318	14.59	9.842	6.034	<b>REGULAR</b>	9.842		
		143.57								
Piso 1	Sismo X	-	16.730	9.94	17.826	6.889	<b>REGULAR</b>	17.826	6.145	<b>REGULAR</b>
		177.12								
Sótano	Sismo X	-35.91	6.794	6.79	5.286	12.478	<b>IRREGULAR</b>	5.286	9.677	<b>IRREGULAR</b>
						<b>F.I. (X)</b>	<b>0.75</b>		<b>F.I. (X)</b>	<b>0.75</b>

**Tabla 22**

*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 4	Sismo Y	-30.77	41.883	3.86	7.963			7.963		
Piso 3	Sismo Y	-149.64	38.019	9.70	15.425	5.574	<b>REGULAR</b>	15.425		
Piso 2	Sismo Y	-257.48	28.318	14.03	18.351	10.798	<b>REGULAR</b>	18.351		
Piso 1	Sismo Y	-323.23	14.287	9.45	34.189	12.846	<b>REGULAR</b>	34.189	11.130	<b>REGULAR</b>
Sótano	Sismo Y	-48.82	4.833	4.83	10.101	23.933	<b>IRREGULAR</b>	10.101	18.124	<b>IRREGULAR</b>

Y	F.I. (Y)	0.75	F.I. (Y)	0.75
---	----------	------	----------	------

- Irregularidad de resistencia, se da cuando se tiene:

$$\sum Vc_i < 0.80 * \sum Vc_{(i+1)} \vee \sum (bw * d)_i < 0.8 * \sum (bw * d)_{(i+1)}$$

**Tabla 23**

*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 4	3.45	0	3.45		
Piso 3	4.35	0	4.35	2.76	REGULAR
Piso 2	4.35	0	4.35	3.48	REGULAR
Piso 1	4.35	6.765	11.115	3.48	REGULAR
Sótano	1.95	8.415	10.365	8.892	REGULAR
				<b>F.I.</b>	<b>1</b>

- Irregularidad de masa o peso, se da cuando se tiene:

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

**Tabla 24**

*Cálculo de la irregularidad de masa.*

Piso	M <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	1.5 * W <sub>i+1</sub>	ESTRUCTURA	W <sub>i</sub>	1.5 * W <sub>i-1</sub>	ESTRUCTURA
------	----------------	----------------	------------------------	------------	----------------	------------------------	------------

	<b>Kgf</b>	<b>Kgf</b>	<b>Kgf</b>		<b>Kgf</b>	<b>Kgf</b>		
Piso 4	98941.92	98941.92			98941.92	740019.555	REGULAR	
Piso 3	493346.4	493346.37	148412.9	IRREGULAR	493346.37	932846.64	REGULAR	
Piso 2	621897.8	621897.76	740019.6	REGULAR	621897.76	904206.615	REGULAR	
Piso 1	602804.4	602804.41	932846.6	REGULAR	602804.41	298634.52	IRREGULAR	
Sótano	199089.7	199089.68	904206.6	REGULAR	199089.68			
			<b>F.I.</b>	<b>0.9</b>			<b>F.I.</b>	<b>0.9</b>

- Irregularidad de geometría vertical, se da cuando se tiene:

$$L_1 > 130\%L_2$$

**Tabla 25**

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

<b>Piso</b>	<b>Dirección en X (m)</b>			<b>ESTRUCTURA</b>	<b>L<sub>i-1</sub></b>		<b>ESTRUCTURA</b>	
	<b>L<sub>i</sub></b>	<b>L<sub>i+1</sub></b>	<b>1.3 * L<sub>i+1</sub></b>		<b>L<sub>i-1</sub></b>	<b>1.3 * L<sub>i-1</sub></b>		
Piso 4	28				22.5	29.25	<b>REGULAR</b>	
Piso 3	22.5	28	36.4	<b>REGULAR</b>	22.5	29.25	<b>REGULAR</b>	
Piso 2	22.5	22.5	29.25	<b>REGULAR</b>	22.5	29.25	<b>REGULAR</b>	
Piso 1	22.5	22.5	29.25	<b>REGULAR</b>	28	36.4	<b>REGULAR</b>	
Sótano	28	22.5	29.25	<b>REGULAR</b>				
			<b>F.I. (X)</b>	<b>1</b>			<b>F.I. (X)</b>	<b>1</b>

**Tabla 26**

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

<b>Piso</b>	<b>Dirección en Y (m)</b>			<b>ESTRUCTURA</b>	<b>L<sub>i-1</sub></b>		<b>ESTRUCTURA</b>
	<b>L<sub>i</sub></b>	<b>L<sub>i+1</sub></b>	<b>1.3 * L<sub>i+1</sub></b>		<b>L<sub>i-1</sub></b>	<b>1.3 * L<sub>i-1</sub></b>	



Piso 4	20				20	26		<b>REGULAR</b>
Piso 3	20	20	26	<b>REGULAR</b>	20	26		<b>REGULAR</b>
Piso 2	20	20	26	<b>REGULAR</b>	20	26		<b>REGULAR</b>
Piso 1	20	20	26	<b>REGULAR</b>	20	26		<b>REGULAR</b>
Sótano	20	20	26	<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 da cuando se tiene:

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

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

**Tabla 27**

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

Piso	Load Case	Item	Max Drift	PROM	Ratio	Max Z	Loc	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTUR A	Max Drift I	Drift Lim.
						m				X	X
Piso 4	Sismo X	Diaph D1 X	0.001287	0.001237	1.040	15.3		0.001237	1.040	REGULAR	0.0066
Piso 3	Sismo X	Diaph D1 X	0.003466	0.00323	1.073	12.24		0.00323	1.073	REGULAR	0.0177

Piso 2	Sismo X	Diaph D1 X	0.00499	0.00478	1.044	9.18	0.00478	1.044	REGULAR	0.0254
Piso 1	Sismo X	Diaph D1 X	0.005439	0.004404	1.235	6.12	0.004404	1.235	REGULAR	0.0277
Sótano	Sismo X	Diaph D1 X	0.002253	0.002215	1.017	3.06	0.002215	1.017	REGULAR	0.0115
<b>F.I.</b>								<b>1</b>		

**Tabla 28**

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

Piso	Load Case	Item	Max Drift	PROM	Ratio	Max	Relación	ESTRUCTURA	Max Drift I	Drift Lim.
						Loc Z				
						m			Y	Y
Piso 4	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.001531	0.001295	1.182	15.3	0.001295	1.182	REGULAR	0.0078
Piso 3	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.003719	0.003221	1.155	12.24	0.003221	1.155	REGULAR	0.0190
Piso 2	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.005388	0.004644	1.160	9.18	0.004644	1.160	REGULAR	0.0275
Piso 1	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.005485	0.003939	1.392	6.12	0.003939	1.392	IRREGULAR	0.0280
Sótano	Sismo Y	Diaph D1 Y	0.001745	0.001592	1.096	3.06	0.001592	1.096	REGULAR	0.0089
<b>F.I.</b>								<b>0.75</b>		

**Tabla 29***Cálculo de la irregularidad torsional - espectro de respuesta en X.*

Piso	Load Case	Item	Max Drift	PROM	Ratio	Max Z	Loc	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTURA	Drift I	Drift Lim.
						m					
Piso 4	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.001085	0.001024	1.060	15.3		0.001024	1.060	REGULAR	0.0055
Piso 3	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.003042	0.002849	1.068	12.24		0.002849	1.068	REGULAR	0.0155
Piso 2	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.004504	0.004167	1.081	9.18		0.004167	1.081	REGULAR	0.0230
Piso 1	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.004689	0.003869	1.212	6.12		0.003869	1.212	REGULAR	0.0239
Sótano	SDX [Diseño]	Diaph D1 X	0.002312	0.002197	1.052	3.06		0.002197	1.052	REGULAR	0.0118
<b>F.I.</b>									<b>1</b>		

**Tabla 30***Cálculo de la irregularidad torsional - espectro de respuesta en Y.*

Piso	Load Case	Item	Max Drift	PROM	Ratio	Max Z	Loc	Relación Max Drift/Prom	ESTRUCTURA	Drift I	Drift Lim.
						m					
Piso 4	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.001432	0.001279	1.120	15.3		0.001279	1.120	REGULAR	0.0073032
Piso 3	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.003464	0.003128	1.107	12.24		0.003128	1.107	REGULAR	0.0176664

Piso 2	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.00494	0.004453	1.109	9.18	0.004453	1.109	REGULAR	0.025194
Piso 1	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.005066	0.003802	1.332	6.12	0.003802	1.332	IRREGULAR	0.0258366
Sótano	SDY [Diseño]	Diaph D1 Y	0.002099	0.001773	1.184	3.06	0.001773	1.184	REGULAR	0.0107049
								<b>F.I.</b>	<b>0.75</b>	

- Irregularidad por esquinas entrantes, se da cuando se tiene:

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

**Tabla 31**

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

Piso	Dirección en X (m)			ESTRUCTURA	Dirección en Y (m)			ESTRUCTURA	
	L <sub>X</sub> (mayor)	L <sub>esq</sub> (menor)	0.20*L <sub>X</sub>		L <sub>Y</sub> (mayor)	L <sub>esq</sub> (menor)	0.20*L <sub>Y</sub>		
Piso 4	28	0	5.6	<b>REGULAR</b>	20	0	4	<b>REGULAR</b>	
Piso 3	28	0	5.6	<b>REGULAR</b>	20	0	4	<b>REGULAR</b>	
Piso 2	28	0	5.6	<b>REGULAR</b>	20	0	4	<b>REGULAR</b>	
Piso 1	28	0	5.6	<b>REGULAR</b>	20	0	4	<b>REGULAR</b>	
Sótano	28	0	5.6	<b>REGULAR</b>	20	0	4	<b>REGULAR</b>	
				<b>F.I.</b>	<b>1</b>			<b>F.I.</b>	<b>1</b>

- Irregularidad por discontinuidad del diafragma, se da cuando se tiene:

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

**Tabla 32**

*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>
$A_{\text{abertura}}$	46.88	m <sup>2</sup>	$S_{\text{resistente}} = 4.9$	m <sup>2</sup>
ESTRUCTURA REGULAR		∴ ESTRUCTURA REGULAR		
F.I.	1	F.I.	1	

Se resume en que tenemos irregularidad de rigidez para las direcciones X e Y, además también se tiene irregularidad en planta (torsional) para la dirección Y, resumiéndose en  $R_x = (I_p \times I_a \times R_0 = 0.75 \times 1 \times 8 = 6)$  y  $R_y = (I_p \times I_a \times R_0 = 0.75 \times 0.75 \times 8 = 4.5)$ .

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

Según lo contemplado en la RNE.030 Diseño sismo resistente se debe de hallar el sismo estático para ser comparado posteriormente con el sismo dinámico de tal manera de poder escalar el sismo dinámico con respecto al sismo estático en porcentajes estipulados en el artículo 29.4, para esta edificación se halla dicha cortante sísmica en base a coeficientes de la siguiente manera:

Análisis estático usando coeficiente: **Dirección X**

Coeficiente basal:  $ZxUxSxC/R = 0.0901$

Cortante:  $0.0901 \times \text{Peso} \times 90\%$

**Figura 54**

*Definición del coeficiente sísmico estático en X*

The screenshot shows a dialog box titled "Seismic Load Pattern - User Defined". It is divided into three main sections: "Direction and Eccentricity", "Factors", and "Story Range".

- Direction and Eccentricity:** Contains checkboxes for "X Dir", "Y Dir", "X Dir + Eccentricity" (checked), "Y Dir + Eccentricity", "X Dir - Eccentricity", and "Y Dir - Eccentricity". Below these is a text input for "Ecc. Ratio (All Diaph.)" set to "0.05" and an "Overwrite Eccentricities" button.
- Factors:** Contains two text inputs: "Base Shear Coefficient, C" set to "0.0901" and "Building Height Exp., K" set to "1.291".
- Story Range:** Contains two dropdown menus: "Top Story" set to "Piso 5" and "Bottom Story" set to "Base".

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

*Nota:* el gráfico presenta la asignación del coeficiente sísmico estático en X.

Análisis estático usando coeficiente: **Dirección Y**

Coeficiente basal:  $ZxUxSxC/R = 0.1652$

Cortante:  $0.1652 \times \text{Peso} \times 90\%$

**Figura 55**

*Definición del coeficiente sísmico estático en Y*

The screenshot shows a dialog box titled "Seismic Load Pattern - User Defined". It is divided into three main sections: "Direction and Eccentricity", "Factors", and "Story Range".

- Direction and Eccentricity:** Contains checkboxes for "X Dir", "Y Dir", "X Dir + Eccentricity", "Y Dir + Eccentricity", "X Dir - Eccentricity", and "Y Dir - Eccentricity" (checked). Below these is a text input for "Ecc. Ratio (All Diaph.)" set to "0.05" and an "Overwrite Eccentricities" button.
- Factors:** Contains two text inputs: "Base Shear Coefficient, C" set to "0.1652" and "Building Height Exp., K" set to "1.1435".
- Story Range:** Contains two dropdown menus: "Top Story" set to "Piso 5" and "Bottom Story" set to "Base".

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

*Nota:* el gráfico presenta la asignación del coeficiente sísmico estático en Y.

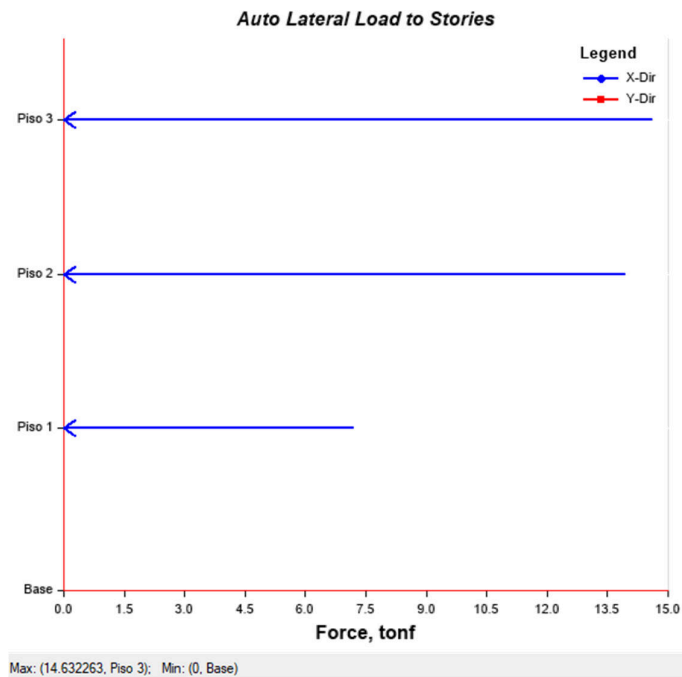
**Tabla 33**

*Fuerzas laterales correspondiente al sismo estático X.*

Piso	Elevación	Posición	X-Dir	Y-Dir
	m		tonf	tonf
Piso 4	8.54	Top	14.6323	0
Piso 3	5.74	Top	13.9569	0
Piso 2	2.94	Top	7.2206	0
Piso 1	0	Top	0	0

**Figura 56**

*Gráfico de fuerzas laterales sísmicas dirección X*



*Nota: el gráfico presenta las fuerzas en toneladas para cada nivel.*

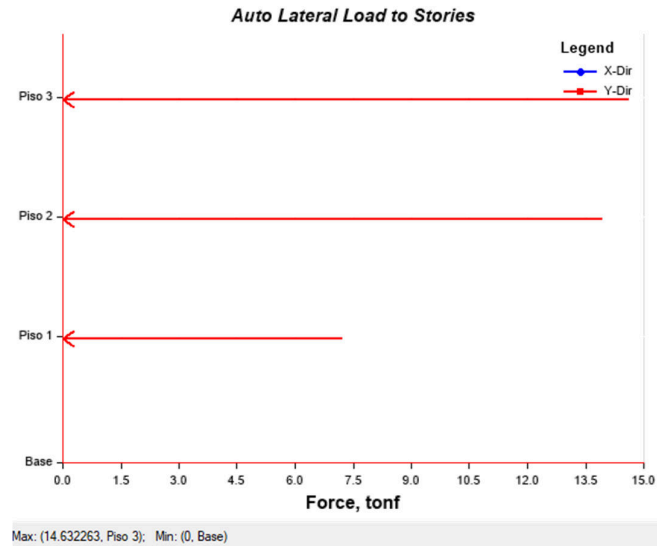
**Tabla 34**

*Fuerzas laterales correspondiente al sismo estático Y.*

Piso	Elevación	Posición	X-Dir	Y-Dir
	m		tonf	tonf
Piso 4	8.54	Top	0	14.6323
Piso 3	5.74	Top	0	13.9569
Piso 2	2.94	Top	0	7.2206
Piso 1	0	Top	0	0

**Figura 57**

*Gráfico de fuerzas laterales sísmicas dirección Y*



*Nota:* el gráfico presenta las fuerzas en toneladas para cada nivel.

### **Análisis Dinámico modal espectral**

Tomando como referencia el capítulo 29 de la RNE.030, Análisis dinámico modal espectral, nos dice que cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados del análisis dinámico por combinación modal espectral.

#### **Criterio de Combinación:**

La respuesta máxima elástica esperada ( $r$ ) correspondiente al efecto conjunto de los modos de vibración empleados ( $r_i$ ) podrá determinarse usando la combinación cuadrática completa (CQC) de los valores calculados para cada modo.

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

Donde ( $r$ ) representa las respuestas modales, desplazamientos o fuerzas. Del mismo modo el tipo de combinación direccional optado para el análisis sísmico del espectro de pseudos aceleraciones será la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados



(SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5% de amortiguamiento.

**Figura 58**

*Definición para el espectro de respuesta para la dirección X*

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box for 'Sismo DX'. The 'General' section includes 'Load Case Name' (Sismo DX), 'Load Case Type' (Response Spectrum), 'Mass Source' (Previous (Masa Original)), and 'Analysis Model' (Default). The 'Loads Applied' table lists one load: Acceleration (U1) with function 'Espectro X' and scale factor '9806.65'. The 'Other Parameters' section is configured with 'Modal Load Case' (Modal), 'Modal Combination Method' (CQC), 'Include Rigid Response' (unchecked), 'Directional Combination Type' (SRSS), 'Modal Damping' (Constant at 0.05), and 'Diaphragm Eccentricity' (0.05 for All Diaphragms).

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espectro X	9806.65

*Nota: el gráfico presenta la configuración para el espectro de respuesta.*

**Figura 59**

*Definición para el espectro de respuesta para la dirección Y*

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box for 'Sismo DY'. The 'General' section includes 'Load Case Name' (Sismo DY), 'Load Case Type' (Response Spectrum), 'Mass Source' (Previous (Masa inicial)), and 'Analysis Model' (Default). The 'Loads Applied' table lists one load: Acceleration (U2) with function 'Espectro Y' and scale factor '9806.65'. The 'Other Parameters' section is configured with 'Modal Load Case' (Modal), 'Modal Combination Method' (CQC), 'Include Rigid Response' (unchecked), 'Directional Combination Type' (SRSS), 'Modal Damping' (Constant at 0.05), and 'Diaphragm Eccentricity' (0.05 for All Diaphragms).

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Espectro Y	9806.65

*Nota: el gráfico presenta la configuración para el espectro de respuesta.*

## Modos y participación modal

El primer modo de vibración, corresponde a un modo traslacional en el sentido “X”, el segundo modo es rotacional y el tercer modo es traslacional en el sentido “Y”. Esta secuencia se repite en los modos inferiores de vibración. Se Puede observar que no necesariamente se debe considerar 3 modos por nivel para lograr una participación de masa mayor al 90%. Tal como exige la norma E-030.

Forma de modo (Periodo fundamental) = 1.116 seg.

**Tabla 35**

*Tabla de ratios de masa de participación modal.*

Case	Mod o	Period o	UX	UY	SumU X	SumU Y	SumU Z	RZ
		sec						
Modal	1	1.116	0.8425	0.0007	0.8425	0.0007	0	0.0038
Modal	2	0.827	0.0038	0.0553	0.8463	0.056	0	0.7743
Modal	3	0.784	0.0023	0.766	0.8486	0.8221	0	0.0549
Modal	4	0.375	0.1127	0.0001	0.9612	0.8222	0	0.0009
Modal	5	0.273	0.0008	0.0036	0.9621	0.8257	0	0.1118
Modal	6	0.256	5.533E-07	0.1232	0.9621	0.9489	0	0.0026
Modal	7	0.228	0.0354	0.0008	0.9975	0.949	0	0.0016
Modal	8	0.187	0.0008	0.0001	0.9982	0.9491	0	0.0135
Modal	9	0.159	0.0005	0.0212	0.9987	0.9703	0	0.0079
Modal	10	0.155	1.94E-05	0.0166	0.9987	0.9869	0	0.0003
Modal	11	0.149	0.0012	0.0096	0.9999	0.9965	0	0.0189
Modal	12	0.123	2.04E-05	0.0004	0.9999	0.9969	0	0.001

## Resultados de la distorsión de entrepiso

Según el reglamento nacional de edificaciones en la E-030 Tabla 11: Desplazamientos Laterales Permisibles: El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el Artículo 32, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso: Concreto Armado 0,007.

En el análisis de cálculo se muestran los máximos desplazamientos relativos de entrepiso cuyos valores corregidos por 0.85R para la dirección X y de 0.85R para la dirección Y son:

Revisando las derivas de piso calculadas en el software Etabs, vemos en consecuencia, los valores obtenidos están fuera del rango permitido o del valor máximo.

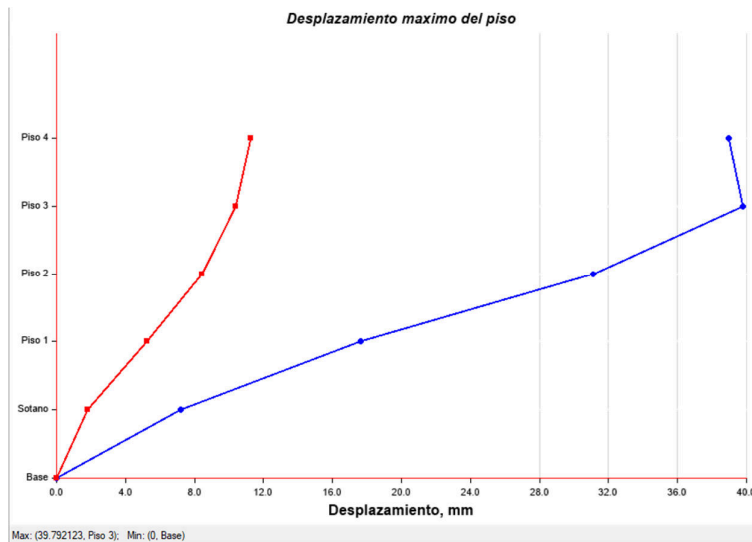
**Tabla 36**

*Tabla de derivas de entrepiso amplificado por 0.85R.*

Piso	Caso de salida	Dirección	Drift	X	Y	Z
				m	m	m
Piso 4	Distorsión $\leq 0.007$	X	0.004152	29.05	6.05	15.3
Piso 4	Distorsión $\leq 0.007$	Y	0.005479	29.05	6.05	15.3
Piso 3	Distorsión $\leq 0.007$	X	0.011637	28.05	-0.95	12.24
Piso 3	Distorsión $\leq 0.007$	Y	0.013249	28.05	-0.95	12.24
Piso 2	Distorsión $\leq 0.007$	X	0.017227	28.05	-0.95	9.18
Piso 2	Distorsión $\leq 0.007$	Y	0.018896	28.05	-0.95	9.18
Piso 1	Distorsión $\leq 0.007$	X	0.017936	26.4673	10.05	6.12
Piso 1	Distorsión $\leq 0.007$	Y	0.019379	26.4673	10.05	6.12
Sótano	Distorsión $\leq 0.007$	X	0.008842	28.05	0	3.06
Sótano	Distorsión $\leq 0.007$	Y	0.008029	0	6.05	3.06

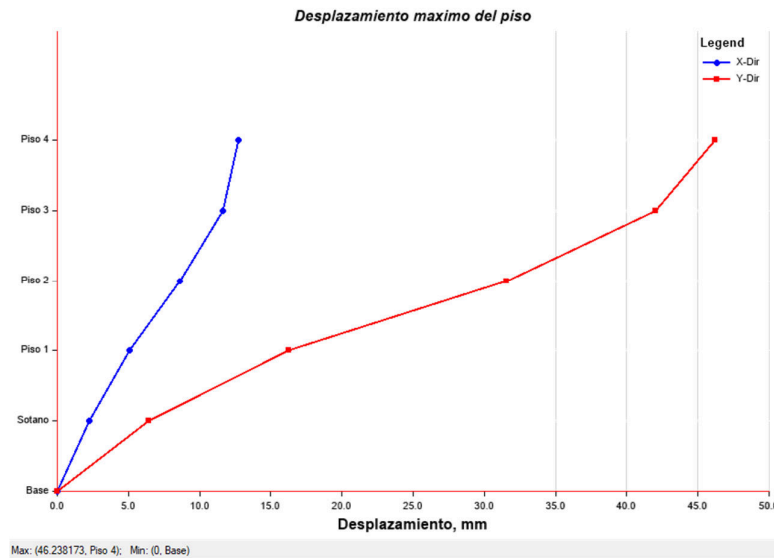
**Figura 60**

*Gráfico de los desplazamientos absolutos para la dirección X*



**Figura 61**

*Gráfico de los desplazamientos absolutos para la dirección Y*



**Tabla 37**

*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	189726.08	189726.08	12.88	2.57	14.45	5.05	1.57	2.48
Piso 1	602804.41	602804.41	13.40	8.99	13.30	12.36	-0.10	3.37
Piso 2	621897.76	621897.76	13.18	9.34	13.33	11.26	0.15	1.91
Piso 3	493346.37	493346.37	13.04	10.23	13.33	10.90	0.29	0.68
Piso 4	98941.92	98941.92	12.92	13.29	13.29	11.35	0.37	-1.95

#### 4.2.4.1 Resultados del cálculo de la cortante Basal (FLE)

**Tabla 38**

*Valores de la fuerza sísmica usando los ZUCS/R.*

Nombre	Ecc Ratio	Techo piso	Base piso	C	K	Peso	Base Cortante
						tonf	tonf
Sismo X-	0.05	Piso 4	Sótano	0.0901	1.291	2016.08	181.65
Sismo X+	0.05	Piso 4	Sótano	0.0901	1.291	2016.08	181.65
Sismo Y-	0.05	Piso 4	Sótano	0.1652	1.143	2016.08	333.06
Sismo Y+	0.05	Piso 4	Sótano	0.1652	1.143	2016.08	333.06

**Tabla 39**

*Escalado de la fuerza sísmica dinámica en relación a la estática.*

TABLE: Fuerzas por piso

Piso	Caso salida	de Tipo caso	de Ubicación	VX tonf	VY tonf
Piso 1	Sismo X+	LinStatic	Base	-177.12	0.00
Piso 1	Sismo Y+	LinStatic	Base	0.00	-323.23
Piso 1	Sismo DX-esc	LinRespSpec	Base	159.41	9.65
Piso 1	Sismo DY-esc	LinRespSpec	Base	13.29	290.90
Sótano	Sismo X+	LinStatic	Base	-35.91	-0.96
Sótano	Sismo Y+	LinStatic	Base	-3.75	-48.82
Sótano	Sismo DX-esc	LinRespSpec	Base	39.73	3.69
Sótano	Sismo DY-esc	LinRespSpec	Base	8.58	47.76

Revisando si se cumple con la cortante mínima en la base, se concluye que para realizar el diseño de las secciones considerando apoyos fijos y sin efectos de interacción suelo-estructura, los casos sísmicos dinámicos requieren ser escalados, la fuerza cortante en la dirección “X” y en la dirección “Y” ya que no cumple con la cortante mínima de 90% para estructuras irregulares.

**Tabla 40**

*Tabla de comparación de la fuerza sísmica estática y dinámica.*

DIRECCION ANALISIS	DE	V Dinámico(tonf)	V estático(tonf)	%
Dirección XX		163.49	181.65	90.00
Dirección YY		299.75	333.06	80.00

Según los resultados se obtuvieron valores del periodo de vibración fundamental del orden de 1.116 seg. Este valor está fuera de los límites de aceptación, debido a que de acuerdo al cálculo de periodo fundamental de la estructura realizado en el análisis estático ( $T=hn/ct=0.431$ ), difiere del calculado en el modelo matemático significando que la edificación es bastante flexible, según la norma técnica de edificaciones NTE-030 diseño sismoresistente, se estipula que la distorsión máxima permitida para estructuras

de concreto armado dúctiles es del orden de 7/1000 teniendo para la presente edificación en el orden de 17/1000 y 19/1000 para “x” e “y” respectivamente.

De lo expuesto anteriormente, se puede concluir que la edificación tiene un comportamiento bastante flexible ante la ocurrencia de sismos, se puede notar que, en los primeros niveles, debido a la presencia de un sótano para la parte sur, existen deformaciones, lo cual indica que es una zona de alta concentración de esfuerzos. En los niveles siguientes, se puede notar que las distorsiones son las mayores de 17/1000 y 19/1000, lo cual nuevamente vuelve a indicar una alta concentración de esfuerzos. Si tomamos en cuenta que durante un proceso de sismo la edificación debe liberar energía en forma de deformaciones, podemos concluir que la edificación al ser muy flexible, concentra sus esfuerzos los pisos intermedios, principalmente en esquinas donde existe un cambio de material (encuentro de muros de albañilería con la estructura propiamente dicha). Esto es comprobado con el registro fotográfico que se presenta como anexo de la presente investigación, donde las fisuras que se observan se presentan en su gran mayoría en estos encuentros.

De los valores obtenidos a través del análisis estático y análisis modal espectral para los calculados en el modelo matemático, concluimos que la edificación está insuficientemente preparada para resistir combinaciones de fuerzas sísmicas, las aceleraciones espectrales que fueron utilizadas para el análisis sísmico, obtenidas del espectro de la norma para la dirección Y, están en la zona plana del espectro, valor máximo y para la dirección X están en la pendiente de la curva.

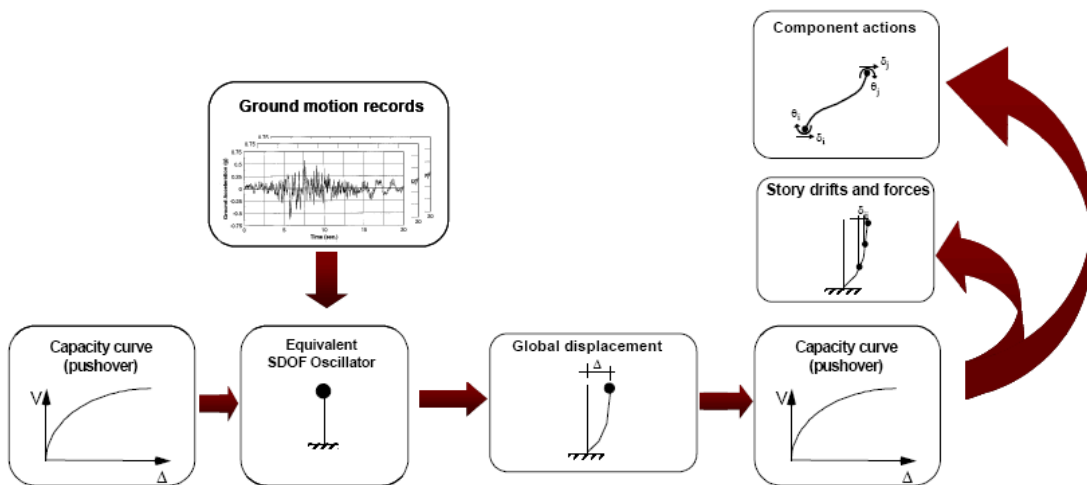
#### **4.1.5 Resultados de la vulnerabilidad según el método del ATC-40**

Para el siguiente ítem se procedió a realizar un análisis no lineal para lo cual se empleó el método del espectro de capacidad contemplada en el ATC-40, que consiste el monitorear el desplazamiento de la estructura debido a fuerzas laterales equivalentes, así mismo el diseño basado en desempeño se trata de predecir el comportamiento del

edificio frente a diferentes niveles de sismo, clasificados como: sismos frecuentes a sismos con periodos de retorno de 43 años con probabilidad de excedencia del 50% en 30 años, sismo ocasionales, sismos con periodos de retorno de 72 años con probabilidad de excedencia del 50% en 50 años, sismos raros, sismos con periodos de retorno de 475 años con probabilidad de excedencia del 10% en 50 años, y sismos muy raros, sismos con periodos de retorno de 970 años con probabilidad de excedencia del 10% en 100 años, generando así para esta última parte la curva de capacidad y los espectros de diseño y espectros de demanda, para su posterior análisis y clasificación.

**Figura 62**

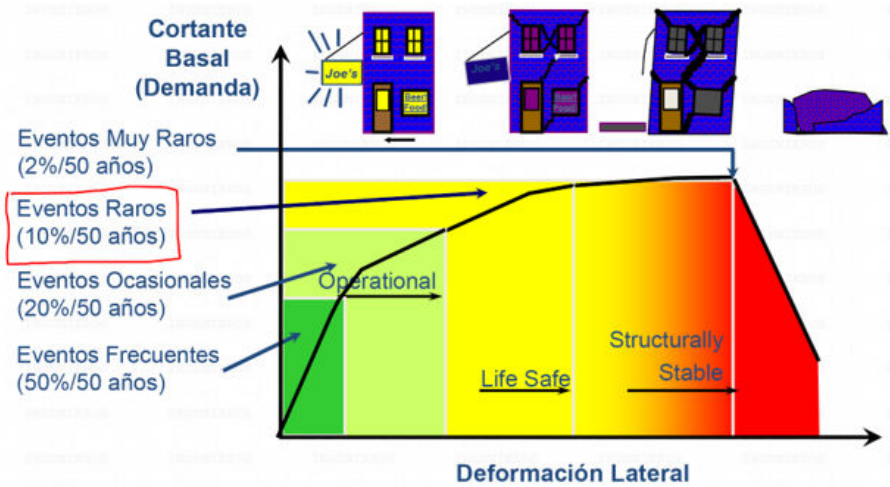
*Diagrama de flujo del análisis no lineal*



*Nota:* Diagrama de flujo que representa el proceso de análisis no lineal SDOF simplificado, las acciones de los componentes son estimado a partir de la demanda de desplazamiento global utilizando la curva pushover. Imagen adaptada del FEMA 440-2005-Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures (Department of Homeland Security, 2005).

**Figura 63**

*Niveles de desempeño esperado para casos de sismos*



*Nota:* Gráfica que representa los diferentes niveles de desempeño obtenidas del análisis no lineal y el daño esperado en la edificación para los diferentes niveles de sismo desde los frecuentes hasta los muy raros. Imagen adaptada del FEMA 440-2005-Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures (Department of Homeland Security, 2005).

**Figura 64**

*Estado de daño esperado y niveles de desempeño para casos de sismos*

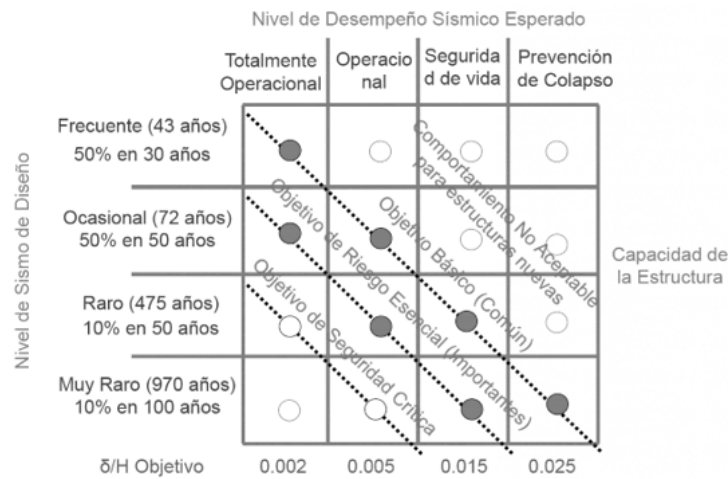
Estado de Daño	Niveles de Desempeño	Características Principales
Despreciable	Totalmente Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Ligero	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Moderado	Seguridad de Vida	Daños moderados. La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos estructurales pueden dañarse.
Severo	Prevención de Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
Completo	Colapso	Colapso estructural. X

*Nota:* el cuadro representa los estados de daño para los diferentes niveles de desempeño y las características principales en las edificaciones. Extraído de VISION 2000 (SEAC, 1995).



**Figura 65**

*Niveles de desempeño para casos de sismos según Visión 2000*



*Nota:* El cuadro presenta los estados de daño esperados para los diferentes niveles de desempeño según los niveles de sismo. Extraído de VISION 2000 (SEAO, 1995).

**Figura 66**

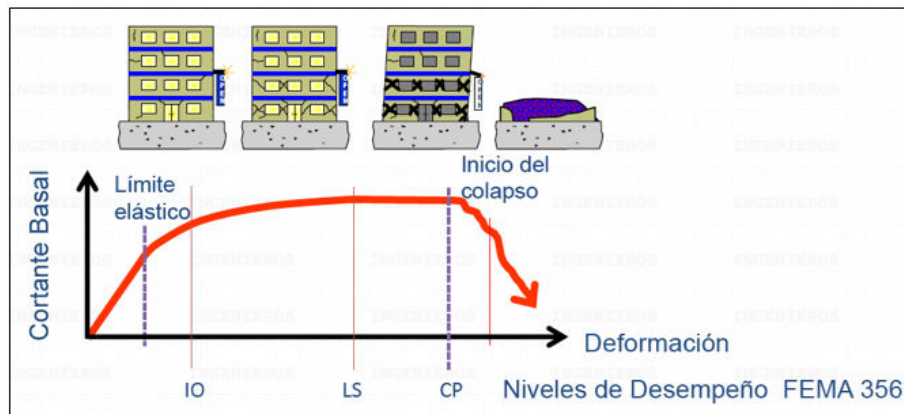
*Derivas objetivas para diferentes niveles de desempeño según HAZUS*

Estado de Daño	Descripción	Distorsión límite
Leve	Puede observarse grietas de flexión y/o corte cerca de las uniones de algunas vigas y columnas.	0.0033
Moderado	La mayoría de las vigas y columnas presentan agrietamiento. Algunos elementos (vigas) han alcanzado fluencia. Se evidencia largas grietas de flexión, y en algunos lugares el concreto de recubrimiento se ha desprendido.	0.0058
Extenso	Algunos pórticos han alcanzado su capacidad última. Se evidencian largas grietas de flexión, concreto desprendido y refuerzo principal y transversal deformado. Resulta un colapso parcial.	0.0156
Completo	La estructura ha colapsado o está en peligro inminente de colapso debido a falla frágil, agotamiento de la ductilidad o pérdida de estabilidad del sistema.	0.0400

*Nota:* El cuadro presenta las exigencias del HAZUS en términos de distorsiones y nivel de desempeño esperado de un edificio de pórticos de mediana altura y para un código moderado de nivel de exigencia. Extraído de VISION 2000 (SEAO, 1995).

**Figura 67**

*Niveles de desempeño en función a la curva de capacidad*



Nota: El gráfico presenta los diferentes niveles de desempeño según FEMA 356. Imagen adaptada del (FEMA 356, 2000).

**Figura 68**

*Niveles de desempeño según ATC-40, 1996*

	SP-1 Ocupación Inmediata	SP-2 Daño Controlado (rango)	SP-3 Seguridad de Vida	SP-4 Seguridad Limitada (rango)	SP-5 Estabilidad Estructural	SP-6 No considerado
NP-A Operacional	<b>1-A Operacional</b>	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B Ocupación Inmediata	<b>1-B Inmediata Ocupación</b>	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C Seguridad	1-C	2-C	<b>3-C Seguridad</b>	4-C	5-C	6-C
NP-D Amenaza	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E No considerado	NR	NR	3-E	4-E	<b>5-E Prevención de Colapso</b>	No Aplicable

**Figura 69**

*Valores para definición de rótulas plásticas en vigas según ASCE 41-17*

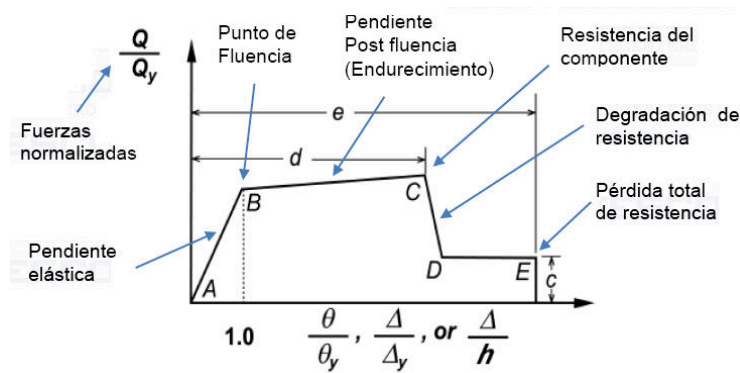
Table 10-7. Modeling Parameters and Numerical Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Reinforced Concrete Beams

Conditions	Modeling Parameters <sup>a</sup>			Acceptance Criteria <sup>a</sup>		
	Plastic Rotation Angle (radians)		Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle (radians)		
	a	b		Performance Level		
				IO	LS	CP
Condition i. Beams controlled by flexure <sup>b</sup>						
$\frac{e-e'}{h_{sw}}$	Transverse reinforcement <sup>c</sup>	$\frac{v^d}{b_w d \sqrt{f_c E}}$				
$\leq 0.0$	C	$\leq 3$ (0.25)	0.025	0.05	0.2	0.010 0.025 0.05
$\leq 0.0$	C	$\geq 6$ (0.5)	0.02	0.04	0.2	0.005 0.02 0.04
$\geq 0.5$	C	$\leq 3$ (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005 0.02 0.03
$\geq 0.5$	C	$\geq 6$ (0.5)	0.015	0.02	0.2	0.005 0.015 0.02
$\leq 0.0$	NC	$\leq 3$ (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005 0.02 0.03
$\leq 0.0$	NC	$\geq 6$ (0.5)	0.01	0.015	0.2	0.0015 0.01 0.015
$\geq 0.5$	NC	$\leq 3$ (0.25)	0.01	0.015	0.2	0.005 0.01 0.015
$\geq 0.5$	NC	$\geq 6$ (0.5)	0.005	0.01	0.2	0.0015 0.005 0.01
Condition ii. Beams controlled by shear <sup>b</sup>						
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.2	0.0015 0.01 0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.2	0.0015 0.005 0.01
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span <sup>b</sup>						
Stirrup spacing $\leq d/2$			0.0030	0.02	0.0	0.0015 0.01 0.02
Stirrup spacing $> d/2$			0.0030	0.01	0.0	0.0015 0.005 0.01
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint <sup>b</sup>						
			0.015	0.03	0.2	0.01 0.02 0.03

Nota: El gráfico presenta una tabla de valores para ser tomados en la definición de rótulas plásticas en vigas según el ASCE 41-17. Imagen adaptada del (ASCE/SEI 41-17, 2017)

**Figura 70**

*Definición de rótulas plásticas en vigas según FEMA 356*



Nota: El gráfico presenta los diferentes puntos para la curvatura rotación en vigas según FEMA 356. Imagen adaptada del (FEMA 356, 2000).

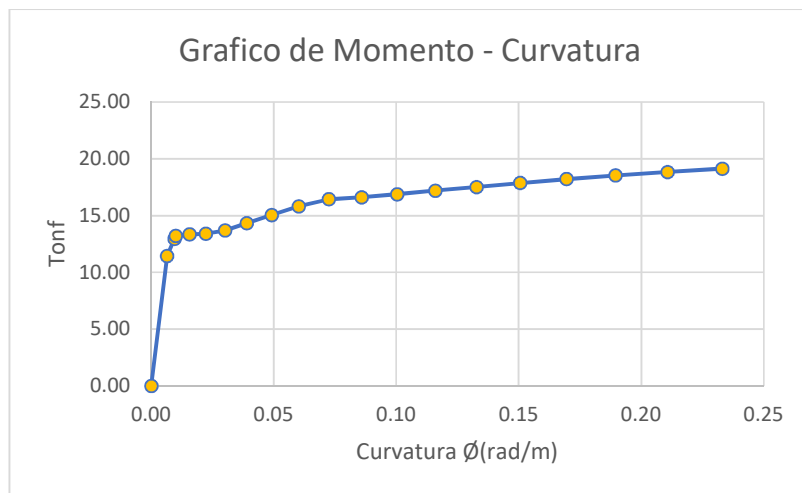
**Tabla 41**

*Valores para el gráfico de momento – curvatura para la viga secundaria.*

$\emptyset$ rad/m	Momento Tnf
0.00	0.00
0.01	11.45
0.01	12.94
0.01	13.22
0.02	13.34
0.02	13.40
0.03	13.69
0.04	14.34
0.05	15.05
0.06	15.82
0.07	16.44
0.09	16.61
0.10	16.88
0.12	17.19
0.13	17.51
0.15	17.87
0.17	18.22
0.19	18.54
0.21	18.84
0.23	19.13

**Figura 80**

*Gráfico de momento curvatura para la viga secundaria*



*Nota:* Gráfico que representa el momento curvatura para la viga secundaria de 0.25x0.50m donde se observa la parte elástica y parte inelástica para dicho elemento estructural.

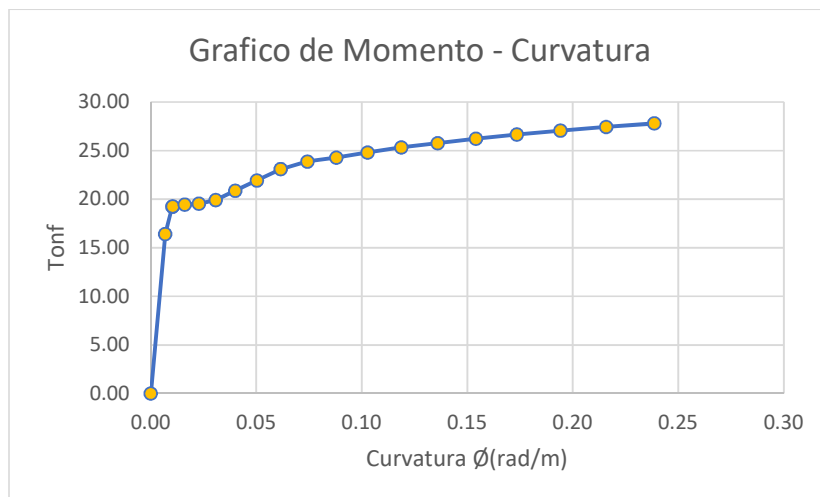
**Tabla 42**

*Valores para el gráfico de momento – curvatura para la viga principal 1.*

$\emptyset$ rad/m	Momento Tnf
0.00	0.00
0.01	16.42
0.01	19.23
0.01	19.28
0.02	19.45
0.02	19.54
0.03	19.93
0.04	20.88
0.05	21.94
0.06	23.10
0.07	23.89
0.09	24.29
0.10	24.81
0.12	25.35
0.14	25.77
0.15	26.24
0.17	26.66
0.19	27.06
0.22	27.44
0.24	27.80

**Figura 81**

*Gráfico de momento curvatura para la viga principal en exteriores*



*Nota:* Gráfico que representa el momento curvatura para la viga principal exteriores de 0.30x0.50m donde se observa la elástica y parte inelástica para dicho elemento estructural.

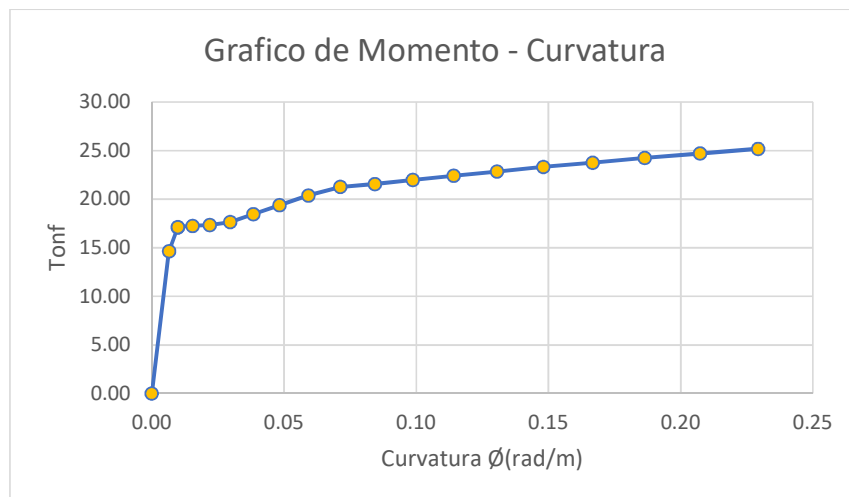
**Tabla 43**

*Valores para el gráfico de momento – curvatura para la viga principal 2.*

$\emptyset$ rad/m	Momento Tnf
0.00	0.00
0.01	14.65
0.01	17.09
0.01	17.14
0.02	17.27
0.02	17.34
0.03	17.65
0.04	18.48
0.05	19.39
0.06	20.38
0.07	21.26
0.08	21.57
0.10	21.98
0.11	22.42
0.13	22.85
0.15	23.33
0.17	23.76
0.19	24.25
0.21	24.71
0.23	25.19

**Figura 82**

*Gráfico de momento curvatura para la viga principal en interiores*



*Nota:* Gráfico que representa el momento curvatura para la viga principal en interiores de 0.30x0.50m donde se observa la parte elástica y parte inelástica para dicho elemento estructural.

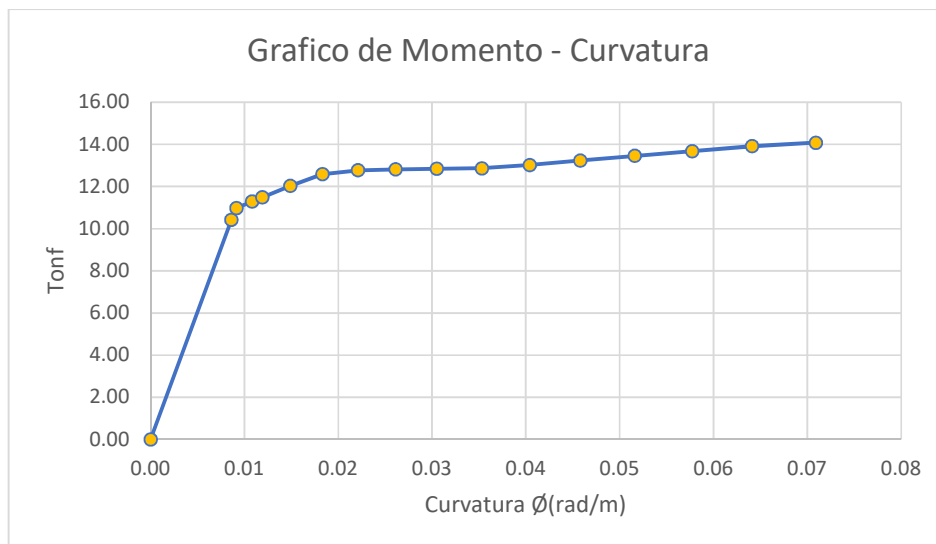
**Tabla 44**

*Valores para el gráfico de momento – curvatura para la columna típica.*

$\emptyset$ rad/m	Momento Tnf
0.00	0.00
0.01	10.43
0.01	10.98
0.01	11.29
0.01	11.49
0.01	12.03
0.02	12.59
0.02	12.78
0.03	12.82
0.03	12.85
0.04	12.87
0.04	13.03
0.05	13.24
0.05	13.46
0.06	13.68
0.06	13.92
0.07	14.08

**Figura 83**

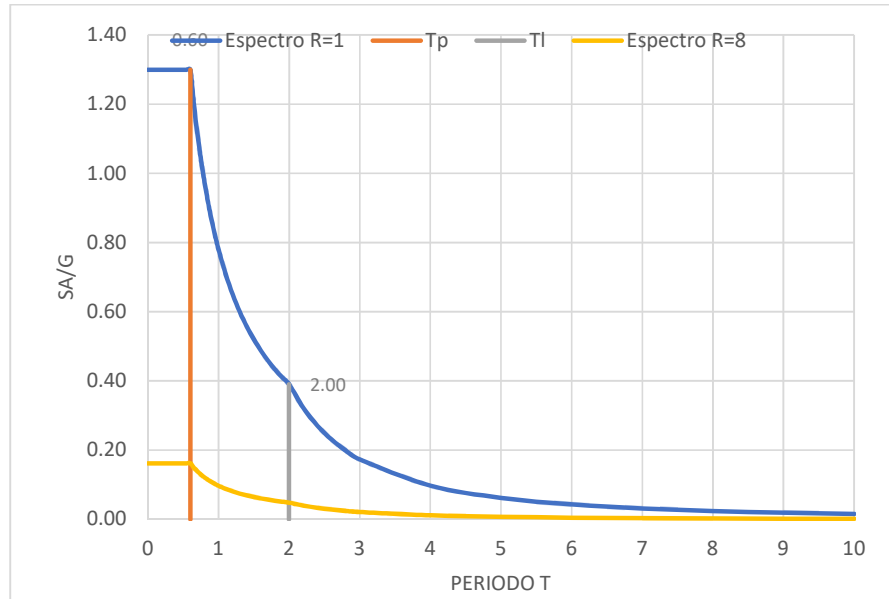
*Gráfico de momento curvatura para la viga principal en interiores*



*Nota:* Gráfico que representa el momento curvatura para la columna típica de 0.30x0.40m donde se observa la parte elástica y parte inelástica para dicho elemento estructural.

**Figura 84**

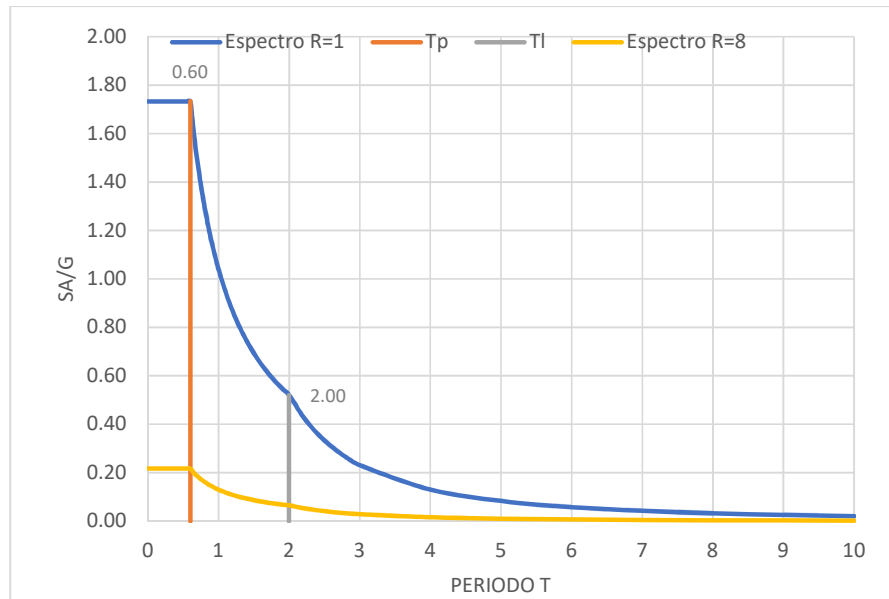
*Gráfico de espectros de respuesta para R=1 y para R=8 para la dirección X*



*Nota:* Gráfico que representa el espectro de diseño y espectro de diseño reducido de la norma Peruana E.030, representa la acción sísmica de la zona de estudio, para la dirección X.

**Figura 85**

*Gráfico de espectros de respuesta para R=1 y para R=8 para la dirección Y*

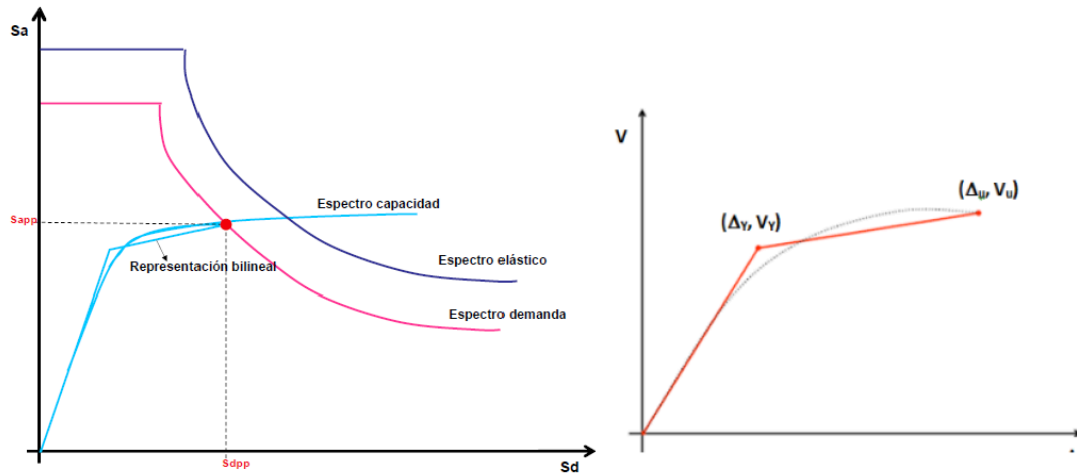


*Nota:* Gráfico que representa el espectro de diseño y espectro de diseño reducido de la norma Peruana E.030, representa la acción sísmica de la zona de estudio, para la dirección Y.



**Figura 86**

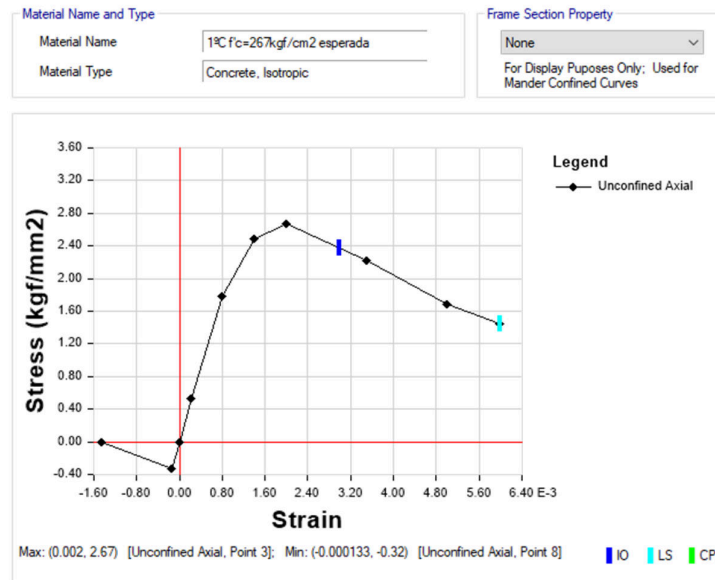
*Gráfico de espectro de capacidad y demanda y puntos de desempeño*



*Nota:* Gráfico de izquierda según FEMA 440, representa puntos de desempeño de la edificación, gráfico de la derecha según ASCE 41-13 representa la curva de capacidad linealizada a la curva bilineal adaptado de: (Calcina Peña, 2017)

**Figura 87**

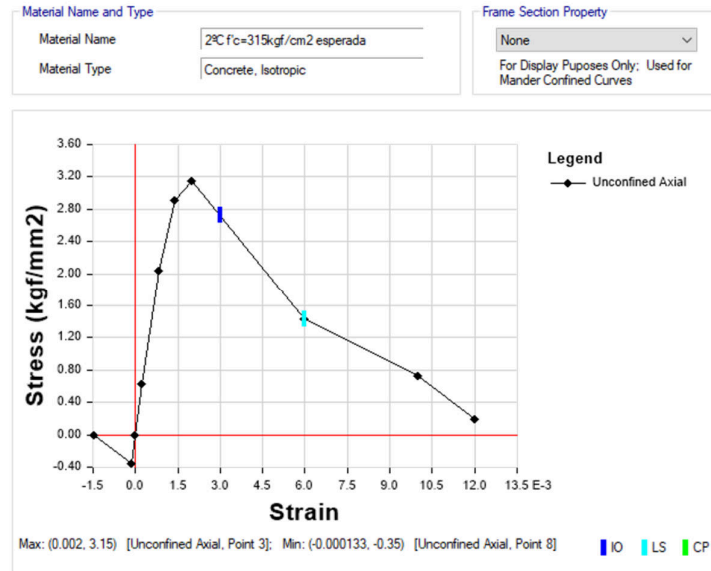
*Gráfico de diagrama de esfuerzo deformación del concreto sin confinar 1*



*Nota:* Gráfico que representa esfuerzo deformación para el concreto sin confinar de las columnas del nivel 1

**Figura 88**

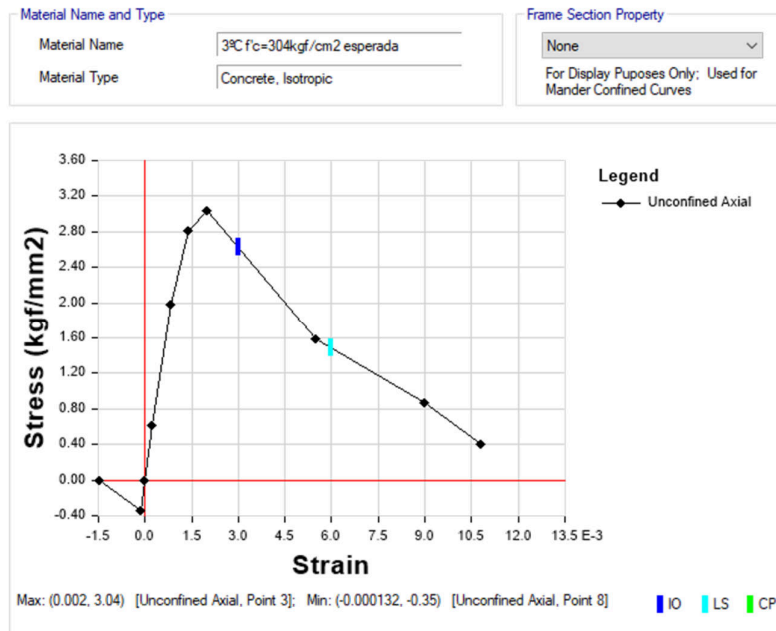
*Gráfico de diagrama de esfuerzo deformación del concreto sin confinar 2*



*Nota:* Gráfico que representa esfuerzo deformación para el concreto sin confinar de las columnas del nivel 2

**Figura 89**

*Gráfico de diagrama de esfuerzo deformación del concreto sin confinar 3*



*Nota:* Gráfico que representa esfuerzo deformación para el concreto sin confinar de las columnas del nivel 3.

Como se puede apreciar en las figuras 87, 88 y 89 se utilizó la gráfica de esfuerzo - deformación del concreto estipulada por Mander. Que son indispensables para medir el comportamiento del concreto en función de las deformaciones y los cambios de rigidez en agrietamiento por medio de una función exponencial de la deformación.

**Figura 90**

*Gráfico de las propiedades no lineales del acero grado 60*

**Material Name and Type**

Material Name:

Material Type:

**Miscellaneous Parameters**

Hysteresis Type:

**Acceptance Criteria Strains**

	Tension	Compression	mm/mm
IO	<input type="text" value="0.01"/>	<input type="text" value="-0.005"/>	mm/mm
LS	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="-0.01"/>	mm/mm
CP	<input type="text" value="0.05"/>	<input type="text" value="-0.02"/>	mm/mm

**Stress Strain Curve Definition Options**

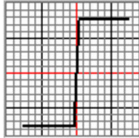
Parametric

User Defined

**User Stress-Strain Curve Data**

Number of Points in Stress-Strain Curve:

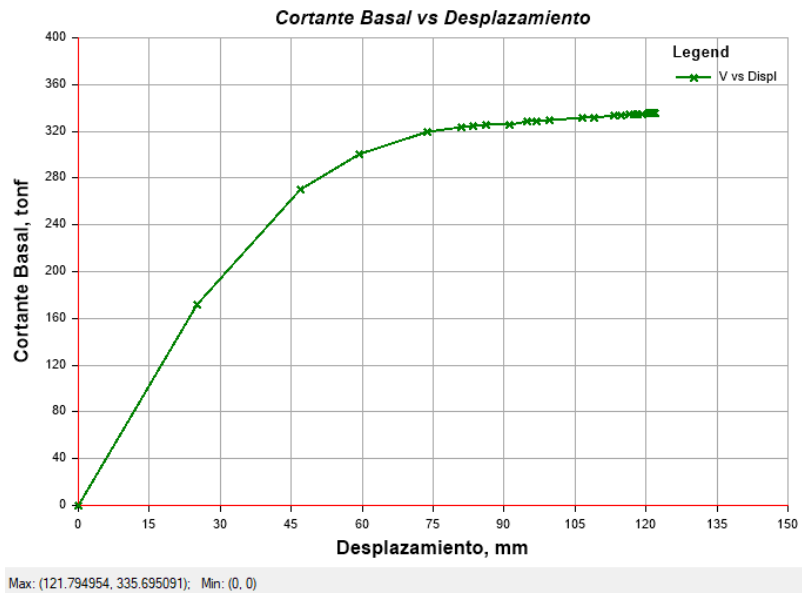
Point Number	Strain	Stress (kgf/mm2)	Point ID
1	-0.048	-42.18	
2	-0.04	-42.18	-E
3	-0.023333	-42.18	-D
4	-0.013333	-42.18	-C
5	-0.002276	-42.18	-B
6	0	0	A
7	0.002276	42.18	B
8	0.013333	42.18	C
9	0.023333	42.18	D



*Nota:* Gráfico que representa las propiedades no lineales asignadas al software para el análisis no lineal.

**Figura 91**

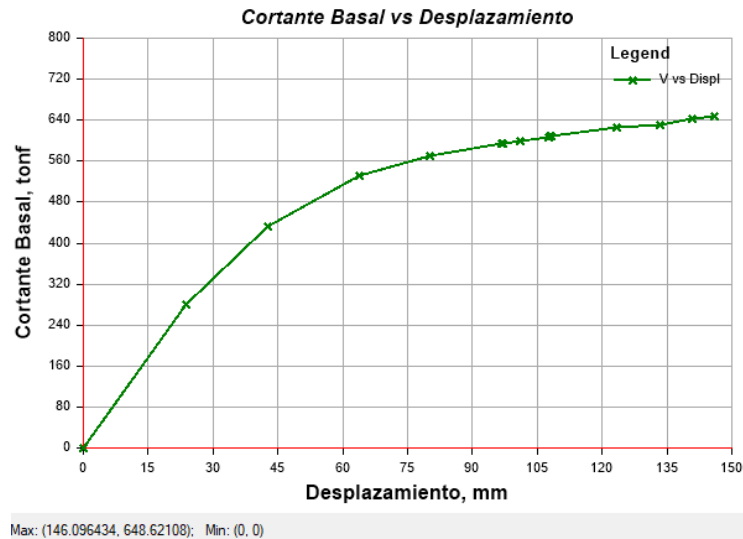
*Gráfico de la curva de capacidad para la dirección X*



*Nota:* Gráfico que representa la curva de capacidad para la aplicación de cargas en el eje X, para la edificación de la galería comercial.

**Figura 92**

*Gráfico de la curva de capacidad para la dirección Y*



*Nota:* Gráfico que representa la curva de capacidad para la aplicación de cargas en el eje Y, para la edificación de la galería comercial.

**Tabla 45**

Valores para la generación de las curvas bilineales con  $R=1$ .

caso	Periodo	espectro R=1	peso	irregular	cortante tonf	tipo
Sx	0.79	0.9911	2024.13	0.90	1805.50	Elástico
Sy	0.56	1.7330	2024.13	0.90	3157.04	Elástico

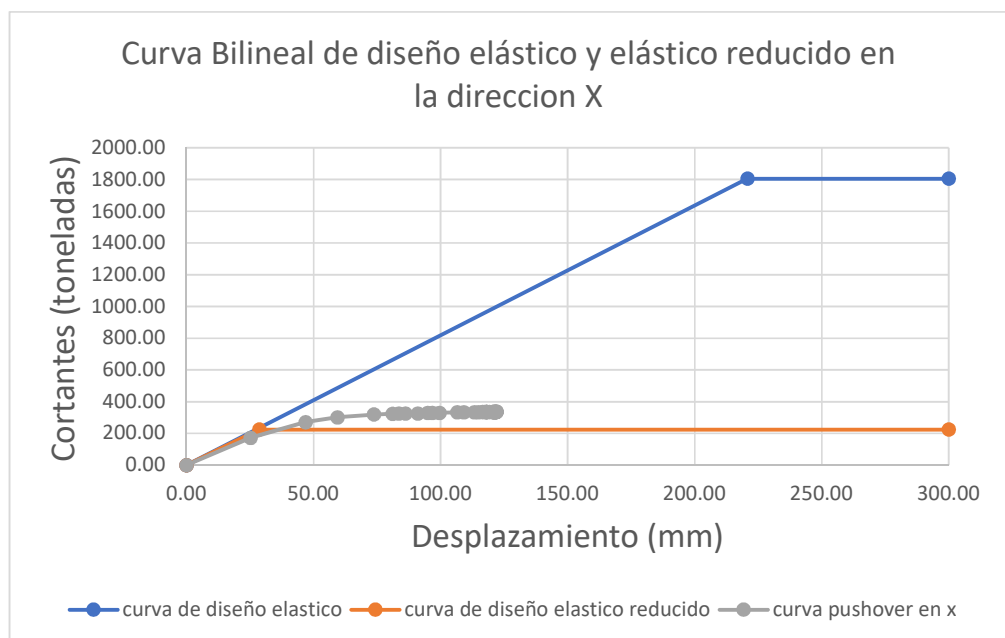
**Tabla 46**

Valores para la generación de las curvas bilineales con  $R=8$ .

caso	Periodo	espectro R=1	peso	irregular	cortante tonf	tipo
Sx	0.79	0.1231	2024.13	0.90	224.25	Elástico reducido
Sy	0.56	0.2167	2024.13	0.90	394.77	Elástico reducido

**Figura 93**

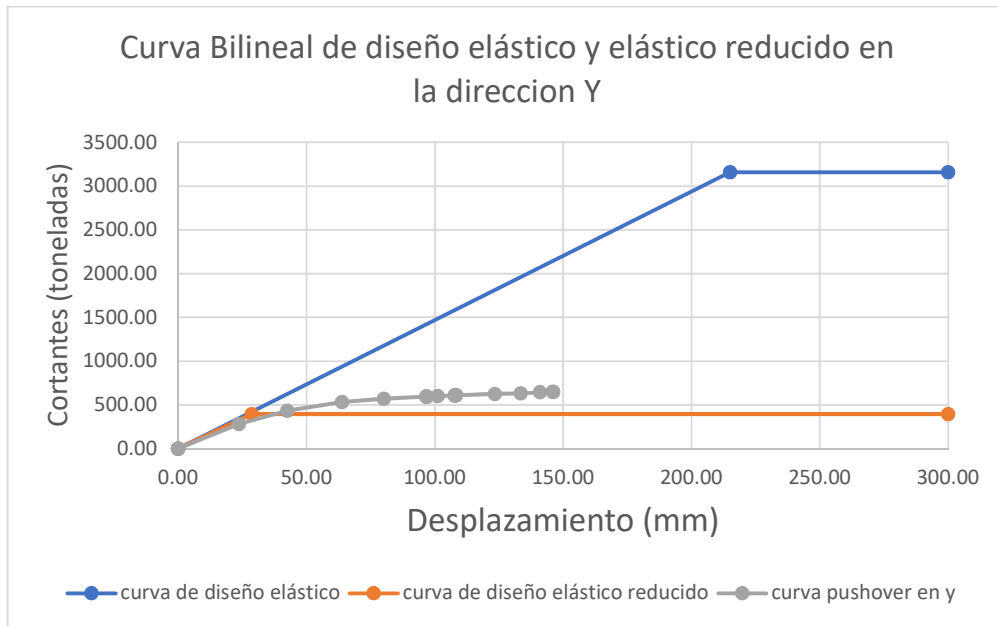
Gráfico de la curva bilineal del diseño elástico y elástico reducido para X



Nota: Gráfico que representa la curva Pushover para las cargas en dirección X dentro de las curvas bilineales para el espectro elástico y para el espectro elástico reducido observándose que la edificación cuenta con una ductilidad reducida no llegando al desarrollarse en la parte inelástica.

**Figura 94**

*Gráfico de la curva bilineal del diseño elástico y elástico reducido para Y*



*Nota:* Gráfico que representa la curva Pushover para las cargas en dirección Y dentro de las curvas bilineales para el espectro elástico y para el espectro elástico reducido observándose que la edificación cuenta con una ductilidad reducida no llegando al desarrollarse en la parte inelástica.

**Tabla 47**

*Cortante Basal vs desplazamiento en X según los criterios de aceptación*

Step	Displ mm	Vs tonf	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	940	0	0	0	940
1	25.188	171.7292	940	0	0	0	940
<b>2</b>	<b>46.873</b>	<b>270.3147</b>	<b>938</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	940
3	59.416	300.9429	932	6	0	2	940
4	73.7	319.1847	892	44	0	4	940
5	81.078	323.5675	872	62	0	6	940
6	83.56	324.3179	872	62	0	6	940
7	86.173	325.6403	872	62	0	6	940
8	91.033	325.8389	872	62	0	6	940
9	94.926	328.3666	862	72	0	6	940
10	96.736	329.0034	860	74	0	6	940
11	99.552	329.4184	852	82	0	6	940
12	106.512	331.9031	849	85	0	6	940
13	109.145	332.0703	842	92	0	6	940
14	113.222	333.5929	838	96	0	6	940
15	114.809	333.7664	838	96	0	6	940

16	116.422	334.4088	835	99	0	6	940
17	117.443	334.6658	835	99	0	6	940
18	117.953	334.7395	835	99	0	6	940
19	118.049	334.8556	835	99	0	6	940
20	118.065	334.7707	835	99	0	6	940
21	118.107	334.8243	835	99	0	6	940
22	119.239	334.8895	833	101	0	6	940
23	120.394	335.3084	833	101	0	6	940
24	120.535	335.3291	833	101	0	6	940
25	120.677	335.3644	833	101	0	6	940
26	120.818	335.3801	833	101	0	6	940
27	120.96	335.4203	833	101	0	6	940
28	121.101	335.4318	833	101	0	6	940
29	121.243	335.4708	833	101	0	6	940
30	121.384	335.4885	831	103	0	6	940
31	121.526	335.5299	831	103	0	6	940
32	121.667	335.5412	831	103	0	6	940
33	121.795	335.6951	831	103	0	6	940
34	121.795	335.5744	831	103	0	6	940
35	121.83	335.5918	831	103	0	6	940
36	121.904	335.679	831	103	0	6	940
37	121.904	335.5996	831	103	0	6	940
38	121.984	335.6949	831	103	0	6	940

**Tabla 48**

*Cortante Basal vs desplazamiento en X según los criterios de aceptación para las bisagras o rótulas.*

Step	Displ mm	Vs tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	Total
0	0	0	940	0	0	0	940
1	25.188	171.7292	936	4	0	0	940
<b>2</b>	<b>46.873</b>	<b>270.3147</b>	<b>874</b>	<b>66</b>	0	0	940
3	59.416	300.9429	842	98	0	0	940
4	73.7	319.1847	820	120	0	0	940
5	81.078	323.5675	801	139	0	0	940
6	83.56	324.3179	797	143	0	0	940
7	86.173	325.6403	792	148	0	0	940
8	91.033	325.8389	791	149	0	0	940
9	94.926	328.3666	785	155	0	0	940
10	96.736	329.0034	785	155	0	0	940
11	99.552	329.4184	784	156	0	0	940
12	106.512	331.9031	781	159	0	0	940
13	109.145	332.0703	779	161	0	0	940
14	113.222	333.5929	779	161	0	0	940

15	114.809	333.7664	778	162	0	0	940
16	116.422	334.4088	776	164	0	0	940
17	117.443	334.6658	776	164	0	0	940
18	117.953	334.7395	775	165	0	0	940
19	118.049	334.8556	775	165	0	0	940
20	118.065	334.7707	775	165	0	0	940
21	118.107	334.8243	775	165	0	0	940
22	119.239	334.8895	771	169	0	0	940
23	120.394	335.3084	770	170	0	0	940
24	120.535	335.3291	770	170	0	0	940
25	120.677	335.3644	770	170	0	0	940
26	120.818	335.3801	770	170	0	0	940
27	120.96	335.4203	770	170	0	0	940
28	121.101	335.4318	770	170	0	0	940
29	121.243	335.4708	770	170	0	0	940
30	121.384	335.4885	770	170	0	0	940
31	121.526	335.5299	770	170	0	0	940
32	121.667	335.5412	770	170	0	0	940
33	121.795	335.6951	770	170	0	0	940
34	121.795	335.5744	770	170	0	0	940
35	121.83	335.5918	770	170	0	0	940
36	121.904	335.679	770	170	0	0	940
37	121.904	335.5996	770	170	0	0	940
38	121.984	335.6949	770	170	0	0	940

**Tabla 49**

*Cortante Basal vs desplazamiento en Y según los criterios de aceptación*

Step	Displ mm	Vs tonf	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	940	0	0	0	940
1	23.670	281.193	940	0	0	0	940
2	<b>42.515</b>	<b>432.681</b>	938	0	0	<b>2</b>	940
3	63.793	531.506	926	6	0	8	940
4	80.141	569.239	912	20	0	8	940
5	96.624	594.045	896	34	0	10	940
6	96.799	594.461	896	34	0	10	940
7	96.814	594.351	896	34	0	10	940
8	96.911	594.590	896	34	0	10	940
9	101.123	598.716	892	38	0	10	940
10	107.675	607.676	884	46	0	10	940
11	107.777	607.923	884	46	0	10	940
12	107.879	608.018	884	46	0	10	940
13	108.038	608.403	884	46	0	10	940
14	108.045	608.272	884	46	0	10	940



15	108.239	608.742	884	46	0	10	940
16	108.278	608.692	884	46	0	10	940
17	123.390	624.950	875	55	0	10	940
18	133.412	631.612	866	64	0	10	940
19	140.929	643.502	855	75	0	10	940
20	145.940	648.380	855	75	0	10	940
21	146.096	648.621	855	75	0	10	940

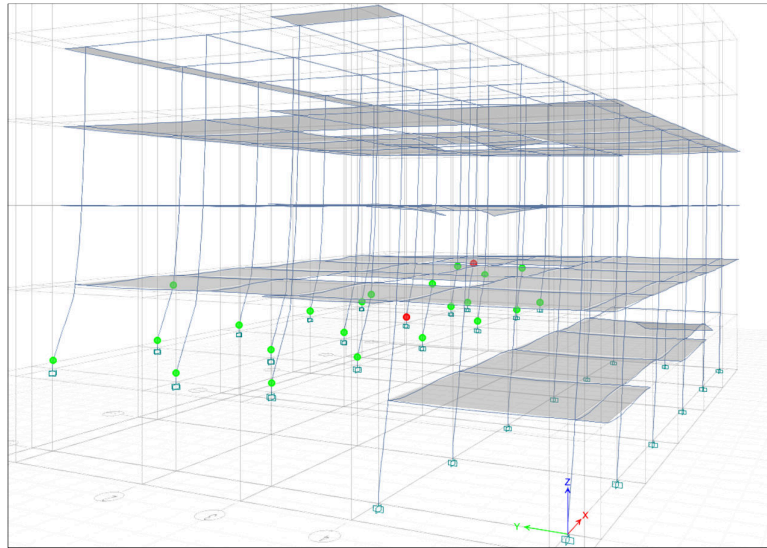
**Tabla 50**

*Cortante Basal vs desplazamiento en Y según los criterios de aceptación para las bisagras o rótulas*

Step	Displ mm	Vs tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	Total
0	0	0	940	0	0	0	940
1	23.670	281.193	936	4	0	0	940
<b>2</b>	<b>42.515</b>	<b>432.681</b>	<b>892</b>	<b>48</b>	0	0	940
3	63.793	531.506	868	72	0	0	940
4	80.141	569.239	829	111	0	0	940
5	96.624	594.045	804	136	0	0	940
6	96.799	594.461	804	136	0	0	940
7	96.814	594.351	804	136	0	0	940
8	96.911	594.590	804	136	0	0	940
9	101.123	598.716	800	140	0	0	940
10	107.675	607.676	793	147	0	0	940
11	107.777	607.923	793	147	0	0	940
12	107.879	608.018	793	147	0	0	940
13	108.038	608.403	793	147	0	0	940
14	108.045	608.272	793	147	0	0	940
15	108.239	608.742	793	147	0	0	940
16	108.278	608.692	793	147	0	0	940
17	123.390	624.950	782	158	0	0	940
18	133.412	631.612	778	162	0	0	940
19	140.929	643.502	764	176	0	0	940
20	145.940	648.380	758	182	0	0	940
21	146.096	648.621	758	182	0	0	940

**Figura 95**

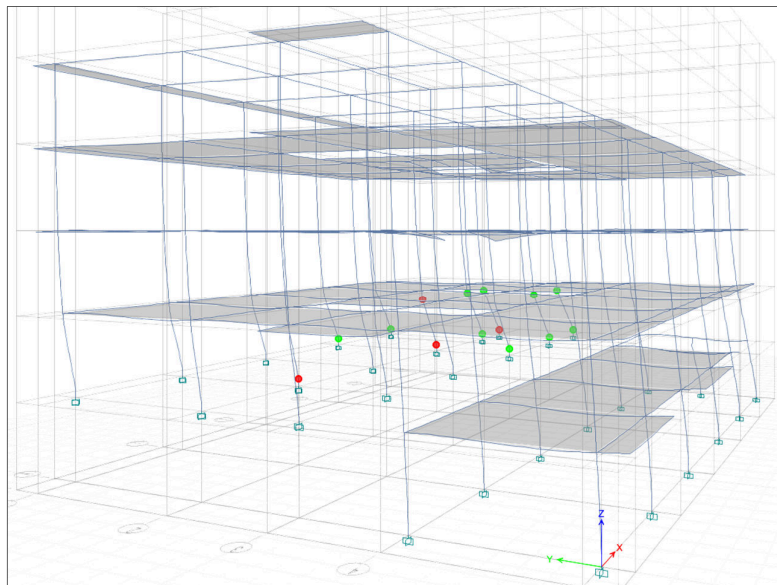
*Gráfico donde se muestra la aparición de rótulas plásticas para el Pushover X*



*Nota:* Gráfico que muestra la formación de rótulas plásticas (paso 2) o la aparición de una incapacidad que va a tener dichos elementos estructurales de resistir momentos.

**Figura 96**

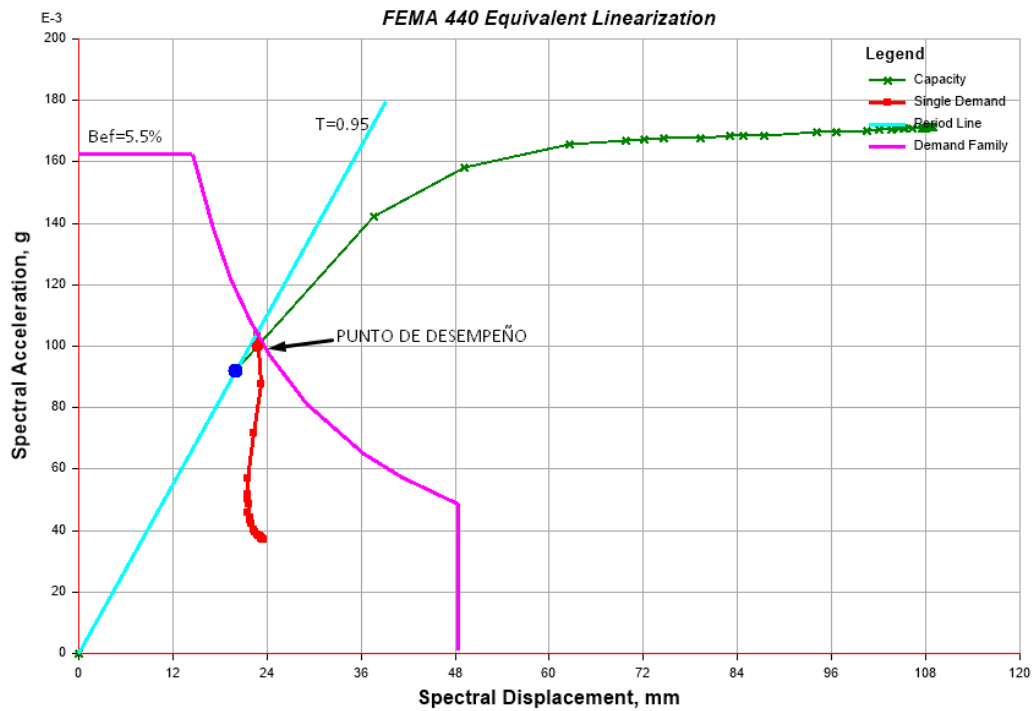
*Gráfico donde se muestra la aparición de rótulas plásticas para el Pushover Y*



*Nota:* Gráfico que muestra la formación de rótulas plásticas (paso 2) o la aparición de una incapacidad que va a tener dichos elementos estructurales de resistir momentos.

**Figura 97**

*Gráfico donde se muestra el espectro de capacidad en dirección X*

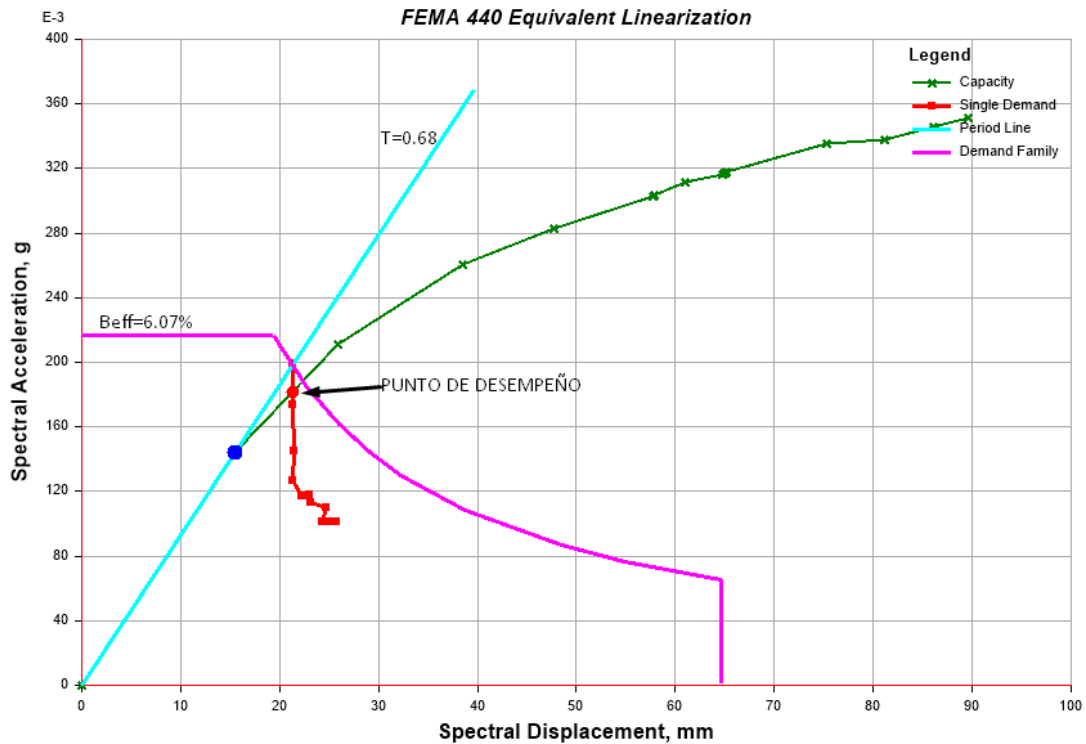


*Nota:* Gráfico del punto de desempeño para la dirección X con  $R=8$ , cuando  $R=1$  la curva no llega a intersectarse.

En esta metodología es necesario transformar la curva de capacidad a un espectro de capacidad para proceder a calcular el punto de desempeño. En la figura 97 se observa que el punto de capacidad tiene un periodo efectivo de 0.95 seg., con una ductilidad de 1.14, y con un amortiguamiento de 5.49%.

**Figura 98**

Gráfico donde se muestra el espectro y la curva de capacidad en dirección Y



Nota: Gráfico del punto de desempeño para la dirección Y con R=8, cuando R=1 la curva no llega a intersectarse.

En esta metodología es necesario transformar la curva de capacidad a un espectro de capacidad para proceder a calcular el punto de desempeño. En la figura 98 se observa que el punto de capacidad tiene un periodo efectivo de 0.68 seg., con una ductilidad de 1.38, y con un amortiguamiento de 6.07%.

#### 4.2 Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos según el objetivo general, se llegaron a resultados de, la evaluación estructural determina que la edificación es de vulnerabilidad alta para sismos con periodos de retorno largos como son los sismos raros de 475 años o muy raros de 970 años, pero se vio que la edificación tiene una curva de capacidad por encima de la curva bilineal con el espectro de diseño elástico reducido, interpretándose según el ATC-40 como; la edificación se mantendrá en su rango lineal plástico para sismos frecuentes

mas no así para los demás niveles de demanda sísmica, cabe mencionar según FEMA 440 en la curvas de capacidad vs espectro de diseño reducido, figuras 97 y 98 se puede observar la intersección de la curva de capacidad con la curva del espectro de diseño elástico reducido, intersección conocida como el punto de desempeño, que no es más que el instante durante el cual la estructura va estar en toda capacidad de resistir el espectro de respuesta, se encuentra en el inicio del rango inelástico no lineal, según el visión 2000 FEMA 356 esta edificación se clasifica como importante por el tipo de uso de la misma, entonces debería ser capaz de resistir sismos muy raros en el rango de seguridad de vida (LS) o inicio de prevención de colapso (CP) figura 65, según la evaluación realizada esta edificación no es capaz de llegar a dicho rango, concluyéndose de manera descriptiva que la evaluación estructural indicará de manera cuantitativa según valores absolutos la vulnerabilidad a acciones sísmicas en medida a sus clasificaciones.

Los resultados obtenidos en función al primer objetivo específico, las pruebas hechas al estrato de apoyo de la cimentación, se llegó a determinar que dicho suelo está clasificado como suelo  $S_2$  suelo intermedio, por ende este tipo de suelo tiene propiedades regulares a buenas teniendo según la E.030 velocidades de onda de 180m/s a 500m/s, un suelo capaz de disipar y amplificar ligeramente las ondas sísmicas, esto se traduce que el emplazamiento del suelo donde se hizo la investigación tiene un riesgo medio, ya que peligro medio multiplicado por vulnerabilidad nos da un riesgo medio alto, así mismo del punto de desempeño también se obtiene la aceleración a la cual la edificación entraría en resonancia de ser el caso que coincida con la aceleración del suelo, arrojándonos los siguientes resultados para la dirección "X" igual a 0.10g, y para la dirección "Y" igual a 0.18g

Los resultados obtenidos en función al segundo objetivo específico, según el análisis lineal efectuado de acuerdo a parámetros descritos en la norma E.030 Diseño sismo resistente, se puede concluir que para los estándares mínimos de solicitud de

diseño actuales para el tipo de edificación se encuentra con una insuficiente capacidad de resistir cargas mayoradas tanto gravitacionales como sísmicas o laterales, por lo que basándonos estrictamente en esta norma, la edificación estaría fuera de los parámetros aceptables para considerarse seguro, cabe mencionar que la edificación analizada tiene irregularidades tanto en planta como elevación y esto merma en el comportamiento óptimo para resistir fuerzas laterales, teniendo valores de distorsiones de 17/1000 para valores en la dirección X y de 19/1000 para la dirección Y, cuando la normativa lo limita a 7/1000 para este tipo de edificación. Las columnas planteadas en el proyecto no cumplen con los requisitos establecidos en la NTP E.030, para cumplir con los desplazamientos laterales permisibles, los aceros longitudinales en vigas y columnas para un método basado en el diseño de fuerzas últimas, los aceros planteados no cumplen los ratios de demanda capacidad, arrojando valores muy por encima de la unidad traduciéndose según esta norma a aumentar la vulnerabilidad de dicha edificación, por lo que la edificación tiene que ser reforzada a tal punto de llegar a cumplir los rangos establecidos según las normas vigentes, las características de la estructura aportan a clasificar la edificación en un rango de vulnerabilidad media para sismos frecuentes y vulnerabilidad alta para sismos raros y muy raros.

Los resultados obtenidos en función al tercer objetivo específico, como se vé en la parte de anexos panel fotográfico, se pudo identificar diferentes patologías constructivas como son: las columnas cortas ya que no se llegaron a identificar la correcta separación de los elementos estructurales de los no estructurales, como son los elementos de las columnetas y viguetas que confinen los elementos de división (tabiques), así mismo se llegó a identificar la patología o irregularidad de piso blando, del mismo modo se llegó a observar fisuras en algunos elementos estructurales y no estructurales, por lo mencionado en función al objetivo planteado se concluye, que las características encontradas aportan significativamente a incrementar la vulnerabilidad de la misma, debido a que aportan distribuciones no uniformes de los esfuerzos en elementos

estructurales y esto, sumado a las irregularidades, al ser analizadas modifican el comportamiento general aportando torsión a esta.

Los resultados obtenidos en función al cuarto objetivo específico, según los parámetros presentes en el ATC-40 y FEMA 440, la edificación no llega a tener la suficiente ductilidad y rigidez para llegar a estar dentro del rango de seguridad de vida (LS), entrando en el rango de colapso mucho antes de esta, presentando rótulas plásticas en las columnas que colapsarían mucho antes que en las vigas condenando así a la estructura, llegando a la siguiente categorización, la edificación es altamente vulnerable para sismos raros y sismos muy raros, es de media a alta vulnerable para sismos ocasionales y de media a baja vulnerabilidad para sismos frecuentes.

Los resultados obtenidos en función al quinto objetivo específico, para esta parte de los objetivos según los resultados obtenidos y haciendo mención al HAZUS, ATC-40 y FEMA 440, el daño estructural que presentará la edificación para sismos frecuentes es el daño esperado siendo de leve a moderado, pudiendo presentarse fisuras de flexión y de corte en los elementos estructurales como se vio en las figuras 95 y 96, del mismo modo HAZUS clasifica según la distorsión de la edificación para el caso en estudio se tiene valores de 0.0156 por lo que la edificación sufriría daños extensos para rangos obtenidos según la evaluación realizada, del mismo modo cabe mencionar que para sismos ocasionales en adelante (sismos raros y muy raros) la edificación incursiona en el rango inelástico presentando grietas en columnas y vigas, daños irreparables, ver figuras 95 y 96, la edificación presentan rótulas plásticas en primer lugar en las columnas, cuando lo esperado es que se presenten primero en las vigas luego en las columnas en ese orden, para sismos raros y muy raros la estructura sufrirá daños irreparables ya que la curva de capacidad no es capaz de desarrollarse hasta tal rango, teniéndose valores de ductilidad de la edificación baja.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas según el objetivo general, se llegó a determinar por medio de la evaluación estructural que la edificación es de vulnerabilidad alta para sismos con periodos de retorno largos como son los sismos raros de 475 años o muy raros de 970 años, pero se vio que la edificación tiene un curva de capacidad por encima de la curva bilineal (ver figuras 93 y 94) con respecto al espectro de diseño elástico reducido, interpretándose según el ATC-40 como; la edificación se mantendrá en su rango lineal plástico para sismos frecuentes mas no así para los demás niveles de demanda sísmica, cabe mencionar según FEMA 440 en el espectro de capacidad vs espectro de diseño reducido, figuras 97 y 98 se puede observar la intersección conocida como el punto de desempeño, que no es más que el instante durante el cual la estructura va estar en toda capacidad de resistir el espectro de respuesta, se encuentra en el inicio del rango inelástico no lineal, según el visión 2000 FEMA 356, E.030 esta edificación se clasifica por el tipo de uso como importante, entonces correspondería ser capaz de resistir sismos muy raros en el rango de seguridad de vida (LS) o inicio de prevención de colapso (CP) figura 65, según la evaluación realizada esta edificación no es capaz de llegar a dicho rango, concluyéndose de manera descriptiva, cuantitativa según valores obtenidos una vulnerabilidad alta a acciones sísmicas.

- a) Las conclusiones obtenidas según el objetivo específico 1, todos los espectros de respuesta de los códigos se arman en base a características del suelo mención por la cual se presenta relación directa entre características del suelo y la vulnerabilidad sísmica, teniéndose resultados de laboratorio, la edificación cuenta con un estrato en su cimentación clasificado como suelo GC-GM con un perfil  $S_2$  (suelo intermedio), con velocidades de onda de 180m/s a 500m/s, un suelo capaz de disipar y amplificar medianamente las ondas sísmicas según la E.030, por ende en este sentido se llega a determinar que la edificación presenta vulnerabilidad baja debido a la presencia de un suelo semi rígido o intermedio, a menor peligro, menor riesgo, del mismo modo se



sabe que los parámetros indicadores de daño en un estructura son el desplazamiento y la aceleración en el suelo, del punto de desempeño (ver figuras 97 y 98) también se obtiene la aceleración a la cual la edificación sufriría daños, arrojándonos los siguientes resultados, para la dirección "X" igual a 0.10g con  $T=0.95$  seg, y para la dirección "Y" igual a 0.18g con  $T=0.68$  seg.

- b) Las conclusiones obtenidas según el objetivo específico 2, del comportamiento estructural según análisis lineal indicada en la NTP E.030, se llegó a determinar que la edificación presenta irregularidades en altura y en planta, teniéndose valores para el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas  $R_x=8 \times 1 \times 0.75=6$  y  $R_y=8 \times 0.75 \times 0.75=4.5$ , como se vio en las tablas N°21 al N°32, arrojando un periodo fundamental de 1.116 seg. tabla 35, tomando referencia la norma E.030 debería estar en el orden de 0.40 seg. clasificándose como una edificación flexible por ende se tiene desplazamientos laterales del orden de hasta 17/1000 cuando la E.030 establece como máximo 7/1000, de todo lo mencionado se concluye que la edificación no cumple con la resistencia mínima necesaria en los elementos estructurales para resistir los esfuerzos generados por las acciones sísmicas, relacionándose directamente con una alta vulnerabilidad a acciones sísmicas, así mismo se identificó que los aceros longitudinales en vigas y columnas, para un método basado en el diseño de fuerzas últimas no cumplen con el ratio de demanda capacidad debajo de la unidad, aportando así a aumentar la vulnerabilidad de esta.
- c) Las conclusiones obtenidas según el objetivo específico 3, de la evaluación hecha a la estructura se observó que no existe un correcto aislamiento o elemento separador del sistema estructural del no estructural (ver anexo panel fotográfico), por ende se pudo identificar en la estructura las columnas cortas, también se observó piso blando ver tablas 21 y 22 y figuras 60 y 61, así

también se evidenció algunas fisuras presentes en elementos no estructurales aportando estos en mayor medida a convertir la edificación en susceptible a causar daño a los ocupantes ante un eventual evento sísmico, estas patologías de columnas cortas, piso blando, identificados en los cálculos reconfiguran el comportamiento general de la estructura, aumentando la vulnerabilidad de la misma, por último también se tiene elementos estructurales sin continuidad como son las vigas de la parte central en la ubicación de la escalera que no conectan con el pórtico consiguiente.

- d) Las conclusiones obtenidas según el objetivo específico 4, La categorización del nivel de vulnerabilidad se estima según el espectro de diseño sísmico con el cual se hace la evaluación, para el presente proyecto según los parámetros identificados se procedió a generar el espectro de diseño arrojándonos los siguientes resultados, la edificación se tipifica de media a baja vulnerable para sismo frecuentes y altamente vulnerable para sismo raros y muy raros, como se observó en las figuras 93 y 94, así mismo en las figuras 97 y 98 de los espectros de capacidad vs el espectro de demanda, la intersección de estas define el punto de desempeño, teniendo estas solo para el espectro de diseño elástico reducido y no llegando a intersectarse con el espectro de diseño elástico.
- e) Las conclusiones obtenidas según el objetivo específico 5, El análisis no lineal sirvió para determinar la magnitud del daño, mediante el control de los desplazamientos (indicador de daño), para así poder calificarlos según parámetros establecidos en el ATC-40, Visión 2000, FEMA 440, donde se identifica que los daños que pueden ser aceptables o no, obteniéndose para la presente edificación, el daño estructural que presentaría para sismos frecuentes es el daño esperado siendo de leve a moderado, pudiendo presentarse grietas de flexión y de corte en los elementos estructurales, del mismo modo cabe mencionar que para sismos ocasionales en adelante

(sismos raros y muy raros) la edificación incursiona en el rango inelástico o plástico presentando grietas en columnas y vigas, daños irreparables o colapso. Por otro lado, HAZUS clasifica según la distorsión de la edificación, para el caso en estudio se tiene valores mayores a 0.0156 por lo que la edificación sufriría daños extensos, como se vio en las figuras 95 y 96, la edificación presenta rótulas plásticas en primer lugar en las columnas del nivel inferior y no en vigas que es lo esperado.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar métodos avanzados para plantear alternativas de solución a la edificación existente, de tal manera de bajar el nivel de vulnerabilidad y sea así menos susceptible de sufrir daño ante la ocurrencia de un eventual evento sísmico.

- a) Se recomienda para futuras evaluaciones con respecto al estrato de apoyo realizar ensayos de microtremor de refracción (ReMi), para generar un perfil detallado de velocidad de onda de corte a diferentes profundidades.
- b) Se recomienda para mejorar el comportamiento de la edificación a acciones sísmicas, plantear soluciones de tal manera que minimicen o quiten del todo las irregularidades aquí presentes como pudieran ser la incorporación de fibras de vidrio, encamisado de columnas, etc.
- c) Se recomienda separar los elementos no estructurales de los estructurales como son, tabiques de las columnas y vigas correctamente, debiendo para ello contar con elementos de confinamiento como son columnetas y viguetas para confinar los muros divisores.
- d) Se recomienda para bajar el nivel de vulnerabilidad, no sobre cargar la edificación debido a que está actualmente arroja resultados fuera de rangos mínimos permisibles en la normativa peruana E.030, como se vio en el desarrollo de la investigación teniendo cuantías de acero por debajo de las demandas solicitadas por dichas normas.
- e) Se recomienda para minimizar el daño estructural su reforzamiento y/o reparación y de ser el caso sea efectuada por personal capacitado desde la planificación hasta la ejecución debiendo contar con equipos de protección individual y colectiva para prevenir accidentes.
- f) Se recomienda que la Universidad Tecnológica de los Andes envíe una copia a la asociación con fines de poner en conocimiento sobre las condiciones en la que se llegó a determinar su vulnerabilidad a acciones sísmicas.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Galvez, G. A. (2021). Vulnerabilidad estructural y diseño simo resistente 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). Evaluación estructural mediante el FEMA 154 del NEC y propuesta de reforzamiento de la institución 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 sísmica aplicando el método Hiroswa en la institución educativa Elvira García y García - Chiclayo - Perú. *[Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres]*. Repositorio Institucional USMP. Chiclayo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5958>
- Alvarado Mejía, L. Y., & Palomino Benites, S. A. (2015). Determinación del esfuerzo de preconsolidación para el cálculo de asentamientos de suelos finos de la zona de Asari - Cuzco. *[Tesis de pregrado, Universidad Ricardo 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, Perú. doi:<http://doi.org/10.19083/tesis/648665>

- Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigacion* (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>
- ASCE/SEI 41-17. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Virginia .
- Barrera Ramos, O. E., & Nieves Corredor, O. D. (2015). Determinacion 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, Bolivar, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2069/TESIS%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>
- 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 Martín de Porres]. Repositorio Institucional USMP. Lima, Perú. 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>

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>

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). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Quito - Ecuador y riesgo de pérdida*. [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>

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-](https://ceaingenieria.blogspot.com/2017/01/comportamiento-estructural.html#:~:text=El%20comportamiento%20estructural%20es%20la,son%20conocidas%20usualmente%20como%20relaciones)

[estructural.html#:~:text=El%20comportamiento%20estructural%20es%20la,son%](https://ceaingenieria.blogspot.com/2017/01/comportamiento-estructural.html#:~:text=El%20comportamiento%20estructural%20es%20la,son%20conocidas%20usualmente%20como%20relaciones)

[20conocidas%20usualmente%20como%20relaciones](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,](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)

[el%20progreso%20de%20la%20sociedad.](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)

Espinoza Cotrina, G. (2020). Vulnerabilidad sismica a traves del metodo Misaya

Hirosawa 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.
- Fundacion Venezolana de Investigaciones Sismologicas. (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 sismica en viviendas de uno y dos pisos de mamposteria 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*. Bogota. Obtenido de  
<http://hdl.handle.net/10654/16248>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodologia de la investigacion* (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>
- 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 Tecnologica de los Andes*]. *Repositorio Institucional UTEA*. Abancay, Apurimac, Peru. Obtenido de <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/51>
- Instituto Geofisico 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 Catolica del Perú*]. Repositorio institucional PUCP. Lima, Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4967>
- López, O. A., & Del Re Ruiz, G. (2008). *Evaluacion de los metodos de analisis estico no-lineal para determinar la demanda sismica en estructuras aporticadas 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). *Indice de priorizacion para la gestion del riesgo sismico en edificaciones existentes*. Caracas. Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v29n4/art10.pdf>
- Malhaber Montenegro, M. A. (2020). Evaluacion de vulnerabilidad sismica utilizando los metodos 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 Politecnica 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 Hirosawa. *[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]*. Repositorio Institucional UNI. Satipo - Junin, Peru. 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 Manabi]*. Repositorio Institucional UNI. Jipijapa - Manabi, 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/disen-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 sismico en la edificaciones de la facultad de ingenieria - Universidad Nacional de Cajamarca. *[Tesis de prosgrado, 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 sismorresistente. 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://arquitexto.com/2011/06/la-vulnerabilidad-el-riesgo-sismico/>

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>

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). Aplicacion del metodo Italiano del indice de Vulnerabilidad sismica en viviendas del asentamiento humani "El Altillo" en el distrito del Rimac. [*Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingenieria*]. *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 albañileria 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>
- 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%20tesis%20universitaria.pdf>
- 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%20VIOLETA%20RAMOS%2C%20ROBERTH%20ANGEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/3855/T030_76304108_T%20%20VIOLETA%20RAMOS%2C%20ROBERTH%20ANGEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villarreal Castro, G. (2009). *Interaccion sismico suelo - estructura 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>
- Vizconde 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=RvRJg1tqlZ8>
- [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>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos se encuentran resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes.