

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



TESIS:

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESPUESTA
ESTRUCTURAL AL CONSIDERAR LA NORMATIVA
SISMORESISTENTE E030 2003, 2016 Y 2018 PARA LA
EDIFICACIÓN DE LA GALERÍA COMERCIAL “LEGUIA” EN
LA CIUDAD DE CAJAMARCA”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. Oscar Enrique Orrillo Vega

ASESOR:

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno

CAJAMARCA- PERÚ

2023

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida y por ser la luz y guía a largo de todo este camino recorrido hasta hoy.

A mis padres y hermano, por su apoyo y amor incondicional en todo momento, tanto para mi formación personal como profesional.

A mi asesor de tesis, Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno, por el apoyo continuo e incondicional durante el desarrollo de la presente investigación.

A los docentes de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, por compartir sus conocimientos y experiencia para contribuir con mi formación profesional.

DEDICATORIA

A mis padres Lidia y Roger, quienes a lo largo de mi vida me brindaron valores y sobre todo amor para poder seguir adelante.

A mi hermano Roger, por su cariño incondicional en los buenos y malos momentos, además de todas sus enseñanzas desde que tengo uso de razón.

A mi abuelita Chabela, por todo el inmenso amor recibido y ser mi motivación constante para poder realizarme como ingeniero civil, un abrazo hasta el cielo.

2.2.2.	Parámetros sísmicos.....	29
2.2.2.1.	Factor de zona “Z”	29
2.2.2.2.	Factor de uso “U”	31
2.2.2.3.	Factor de sitio “S”.....	35
2.2.2.4.	Factor de amplificación sísmica “C”	38
2.2.2.5.	Sistemas estructurales.....	38
2.2.2.6.	Coefficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas “R ₀ ”	40
2.2.2.7.	Configuración estructural	40
2.2.2.8.	Factores de irregularidad	41
2.2.2.9.	Restricciones a la irregularidad	46
2.2.2.10.	Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”	47
2.2.3.	Análisis sísmico	47
2.2.3.1.	Estimación del peso	48
2.2.3.2.	Análisis estático o de fuerzas equivalentes.....	48
2.2.3.3.	Análisis dinámico modal espectral	52
2.2.4.	Desplazamientos laterales relativos	55
2.2.4.1.	Desplazamientos laterales relativos permisibles	56
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	57
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		59
3.1.	Ubicación	59
3.1.1.	Ubicación de la investigación	59
3.2.	Época de la investigación.....	59
3.3.	Metodología de la investigación	59
3.3.1.	Tipo de investigación.....	59
3.3.2.	Nivel y diseño de investigación	60
3.3.3.	Método de investigación.....	60

3.3.4.	Población de estudio	60
3.3.5.	Muestra	60
3.3.6.	Unidad de análisis	60
3.3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	60
3.3.7.1.	Técnicas	60
3.3.7.2.	Instrumentos	61
3.4.	Procedimiento de la investigación.....	61
3.4.1.	Estructuración de la edificación.....	61
3.4.2.	Predimensionamiento de los elementos estructurales.....	64
3.4.2.1.	Predimensionamiento de vigas	64
3.4.2.2.	Predimensionamiento de losas aligeradas	66
3.4.2.3.	Predimensionamiento de losas macizas.....	69
3.4.2.4.	Predimensionamiento de columnas	70
3.4.2.5.	Predimensionamiento de placas.....	71
3.4.2.6.	Predimensionamiento de escaleras	71
3.4.3.	Metrado de cargas	72
3.4.4.	Modelamiento estructural	73
3.4.4.1.	Geometría de la edificación.....	73
3.4.4.2.	Asignación de cargas	76
3.4.4.3.	Consideraciones adicionales.....	77
3.4.5.	Análisis sísmico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018	78
3.4.5.1.	Parámetros sísmicos	78
3.4.5.2.	Espectro inelástico de pseudo aceleraciones	81
3.4.5.3.	Análisis dinámico	82
3.4.5.4.	Comprobación del análisis dinámico.....	86

3.4.5.5.	Comprobación de fuerza cortante mínima.....	90
3.4.6.	Análisis sísmico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016	93
3.4.6.1.	Parámetros sísmicos	93
3.4.6.2.	Espectro inelástico de pseudo aceleraciones	95
3.4.6.3.	Análisis dinámico	96
3.4.6.4.	Comprobación del análisis dinámico.....	98
3.4.6.5.	Comprobación de fuerza cortante mínima.....	110
3.4.7.	Análisis sísmico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003	113
3.4.7.1.	Parámetros sísmicos	113
3.4.7.2.	Espectro inelástico de pseudo aceleraciones	114
3.4.7.3.	Análisis dinámico	115
3.4.7.4.	Comprobación del análisis dinámico.....	118
3.4.7.5.	Comprobación de fuerza cortante mínima.....	120
3.5.	Presentación de resultados	123
3.5.1.	Parámetros sísmicos.....	123
3.5.2.	Derivas de entrepiso.....	124
3.5.3.	Desplazamientos laterales máximos	126
3.5.4.	Fuerzas cortantes de entrepiso	128
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		130
4.1.	Parámetros sísmicos	130
4.1.1.	Dirección en “X”	130
4.1.2.	Dirección en “Y”	131
4.2.	Derivas de entrepiso máxima	131
4.2.1.	Dirección en “X”	131
4.2.2.	Dirección en “Y”	131

4.3.	Desplazamientos laterales máximos.....	131
4.3.1.	Dirección en “X”	131
4.3.2.	Dirección en “Y”	132
4.4.	Fuerzas cortantes de entrepiso.....	132
4.4.1.	Dirección en “X”	132
4.4.2.	Dirección en “Y”	132
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		133
5.1.	Conclusiones	133
5.2.	Recomendaciones.....	134
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		135
ANEXOS		137

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01.	Factores de zona “Z”	30
Tabla N° 02.	Factores de zona “Z”	31
Tabla N° 03.	Categoría de las edificaciones y factor “U”	31
Tabla N° 04.	Categoría de las edificaciones y factor “U”	32
Tabla N° 05.	Categoría de las edificaciones y factor “U”	34
Tabla N° 06.	Parámetros de suelo.....	36
Tabla N° 07.	Factor de suelo “S”.....	37
Tabla N° 08.	Períodos “T _P ” y “T _L ”.....	37
Tabla N° 09.	Coeficientes básicos de reducción para sistemas estructurales de concreto armado.	40
Tabla N° 10.	Factores de irregularidad en altura.....	43
Tabla N° 11.	Factores de irregularidad en planta	46
Tabla N° 12.	Categoría y estructura de las edificaciones	46
Tabla N° 13.	Categoría y regularidad de las edificaciones.....	47
Tabla N° 14.	Límites para la distorsión del entrepiso.....	56
Tabla N° 15.	Espesores mínimos para vigas no pre esforzadas o losas reforzadas en una dirección.....	65
Tabla N° 16.	Peralte de losas aligeradas por criterio de sobrecargas	66
Tabla N° 17.	Cargas para comprobación por cortante en losas aligeradas.....	67
Tabla N° 18.	Predimensionamiento de columnas.....	70
Tabla N° 19.	Cargas muertas en la edificación.....	72
Tabla N° 20.	Cargas vivas en la edificación	72
Tabla N° 21.	Propiedades físicas y mecánicas consideradas para el concreto armado	73
Tabla N° 22.	Tipos de elementos estructurales considerados en ETABS v19.	74
Tabla N° 23.	Parámetros sísmicos con la Norma Técnica E.030 del 2018.	78

Tabla N° 24.	Irregularidad de masa o peso con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.....	79
Tabla N° 25.	Desplazamientos relativos máximos calculados para el modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	86
Tabla N° 26.	Desplazamientos relativos máximos calculados para el modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	86
Tabla N° 27.	Comprobación del sistema estructural del modelado de la edificación de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	87
Tabla N° 28.	Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.....	88
Tabla N° 29.	Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.....	88
Tabla N° 30.	Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	88
Tabla N° 31.	Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	89
Tabla N° 32.	Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	89
Tabla N° 33.	Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	90
Tabla N° 34.	Factor escala del sismo dinámico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.....	91
Tabla N° 35.	Parámetros sísmicos con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	93
Tabla N° 36.	Desplazamientos relativos máximos calculados con el espectro inicial para el modelado en dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	98

Tabla N° 37.	Desplazamientos relativos máximos calculados con el espectro inicial para el modelado en dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	98
Tabla N° 38.	Comprobación del sistema estructural del modelado de la edificación de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	99
Tabla N° 39.	Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	99
Tabla N° 40.	Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	100
Tabla N° 41.	Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	100
Tabla N° 42.	Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	101
Tabla N° 43.	Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	101
Tabla N° 44.	Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	102
Tabla N° 45.	Desplazamientos relativos máximos calculados con el espectro de pseudo aceleración corregido para el modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	106
Tabla N° 46.	Desplazamientos relativos máximos calculados con el espectro de pseudo aceleración corregido para el modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	106
Tabla N° 47.	Comprobación del sistema estructural del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido con la versión de la norma Técnica E.030 del 2016.....	107
Tabla N° 48.	Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	107

Tabla N° 49.	Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	108
Tabla N° 50.	Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	108
Tabla N° 51.	Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	109
Tabla N° 52.	Irregularidad de Torsión del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	109
Tabla N° 53.	Irregularidad de Torsión del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	110
Tabla N° 54.	Factor escala del sismo dinámico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.....	112
Tabla N° 55.	Parámetros sísmicos con la versión de la Norma E.030 del 2003....	113
Tabla N° 56.	Desplazamientos relativos máximos calculados para el modelado en dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.	118
Tabla N° 57.	Desplazamientos relativos máximos calculados para el modelado en dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.	118
Tabla N° 58.	Comprobación del sistema estructural del modelado de la edificación de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003..	119
Tabla N° 59.	Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.....	119
Tabla N° 60.	Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.....	120

Tabla N° 61.	Factor escala del sismo dinámico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.....	121
Tabla N° 62.	Parámetros sísmicos considerados por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “X” de análisis	123
Tabla N° 63.	Parámetros sísmicos considerados por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis	123
Tabla N° 64.	Derivas máximas de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “X” de análisis	124
Tabla N° 65.	Derivas máximas de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis	125
Tabla N° 66.	Desplazamientos laterales máximos de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “X” de análisis.....	126
Tabla N° 67.	Desplazamientos laterales máximos de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis.....	127
Tabla N° 68.	Fuerza cortante de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “X” de análisis.	128
Tabla N° 69.	Fuerza cortante de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis.	129

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01.	Zonificación Sísmica 2003	29
Figura N° 02.	Zonificación Sísmica 2016 y 2018	30
Figura N° 03.	Sistema estructural de muros estructurales.....	39
Figura N° 04.	Sistema estructural dual.....	40
Figura N° 05.	Ubicación del proyecto	59
Figura N° 06.	Vista en planta de la arquitectura del primer nivel de la edificación.	62
Figura N° 07.	Vista en planta de la arquitectura del nivel 2, 3, 4 y 5 de la edificación.....	63
Figura N° 08.	Vista en planta de los ejes de los elementos estructurales y tipos de losas de entrepiso a usar.	64
Figura N° 09.	Vista en planta de grillas de los ejes de la edificación en el software ETABS v19.....	73
Figura N° 10.	Vista en planta del modelado estructural de la edificación en el software ETABS.....	75
Figura N° 11.	Vista en 3D del modelado estructural de la edificación en el software ETABS.....	75
Figura N° 12.	Sección de aligerado de 20 cm de altura.	76
Figura N° 13.	Vista en 3D de las cargas distribuidas por los tabiques aplicadas en el cuarto piso en el software ETABS.....	77
Figura N° 14.	Geometría en planta de la edificación en estudio.	80
Figura N° 15.	Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018. ...	82
Figura N° 16.	Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018. ...	82
Figura N° 17.	Masa sísmica definida con excentricidad del 5% en ambas direcciones de acuerdo con la Norma Técnica E.030 en ETABS. .	83

Figura N° 18.	Definición del espectro de pseudo aceleraciones para el modelado en dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 en el software ETABS.....	83
Figura N° 19.	Definición del espectro de pseudo aceleraciones para el modelado en dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 en el software ETABS.....	84
Figura N° 20.	Modos de vibración considerados para el análisis dinámico en el software ETABS.....	84
Figura N° 21.	Definición del sismo dinámico en “X” para el modelado de acuerdo con versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 en el software ETABS.....	85
Figura N° 22.	Definición del sismo dinámico en “Y” para el modelado de acuerdo con versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 en el software ETABS.....	85
Figura N° 23.	Definición de sección de corte para las placas del primer piso en el software ETABS.....	87
Figura N° 24.	Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	92
Figura N° 25.	Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.	92
Figura N° 26.	Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016. ...	95
Figura N° 27.	Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016. ...	95
Figura N° 28.	Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección “X” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en ETABS.	96

Figura N° 29.	Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección “Y” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en ETABS.	96
Figura N° 30.	Definición del sismo dinámico en “X” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.....	97
Figura N° 31.	Definición del sismo dinámico en “Y” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.....	97
Figura N° 32.	Espectro de pseudo aceleraciones corregido del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	103
Figura N° 33.	Espectro de pseudo aceleraciones corregido del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	103
Figura N° 34.	Definición del espectro de pseudo aceleraciones corregido para el modelado en dirección “X” de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.	104
Figura N° 35.	Definición del espectro de pseudo aceleraciones corregido para el modelado en dirección “Y” de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.	104
Figura N° 36.	Definición del sismo dinámico corregido en “X” para el modelado con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.....	105
Figura N° 37.	Definición del sismo dinámico corregido en “Y” para el modelado con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.....	105
Figura N° 38.	Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	112

Figura N° 39.	Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.	112
Figura N° 40.	Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003. .	115
Figura N° 41.	Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003. .	115
Figura N° 42.	Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección “X” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 en el software ETABS.....	116
Figura N° 43.	Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección “Y” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 en el software ETABS.....	116
Figura N° 44.	Definición del sismo dinámico en “X” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 en el software ETABS.....	117
Figura N° 45.	Definición del sismo dinámico en “Y” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 en el software ETABS.....	117
Figura N° 46.	Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.	122
Figura N° 47.	Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.	122
Figura N° 48.	Derivas máximas de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “X” de análisis.	124
Figura N° 49.	Derivas máximas de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis.	125

Figura N° 50.	Desplazamiento lateral máximo de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “X” de análisis.	126
Figura N° 51.	Desplazamiento lateral máximo de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis.	127
Figura N° 52.	Fuerza cortante de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “X” de análisis	128
Figura N° 53.	Fuerza cortante de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis	129

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo realizar la comparación de la respuesta estructural generada en el proyecto de la edificación de la galería comercial “Leguía”, ubicada en la ciudad de Cajamarca, al aplicar la Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 correspondiente a las versiones del 2003, 2016 y 2018. Se inicio realizando la estructuración, predimensionamiento y metrado de cargas de los elementos estructurales para así realizar el modelado de la edificación en el software Etabs v19. A su vez, en función a la estructuración y a las características de la edificación se determinaron los parámetros sísmicos de acuerdo para cada versión de la norma, con lo cual se determinaron los espectros de pseudo aceleraciones para las direcciones de análisis en “X” y “Y”. Luego se procedió a realizar el análisis sísmico verificando en cada uno de estos los sistemas estructurales e irregularidades propuestas para cada dirección de análisis. Como resultado del análisis sísmico con las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 se determinó que se trata de una estructura irregular y que la versión del 2016 genera una mayor respuesta estructura ya que la deriva máxima de entrepiso calculada en la dirección “X” mediante la versión del 2016 (4.16‰) es mayor que las de las versiones del 2003 y 2016 en un 12.46% y 17.65% respectivamente, mientras que en la dirección “Y”, la deriva de entrepiso generada por la versión del 2016 (4.57‰) es mayor a las del 2003 y 2018 en 9.05% y 17.62% respectivamente. Así mismo, con respecto a la fuerza cortante calculada en la dirección en “X”, se determinó que la generada por la versión del 2003 (1,971.65 Tn) es mayor que la del 2016 en un 33.34% y mayor a la del 2018 en un 60%, y en la dirección en “Y”, la generada con la versión del 2003 (2,300.25 Tn) es mayor que las del 2016 y 2018 en un 33.33% y 59.99% respectivamente.

Palabras clave: análisis sísmico, norma técnica de diseño sismorresistente E.030, derivas de entrepiso, fuerza cortante en la base.

ABSTRACT

The objective of this research work is to compare the structural response generated in the project for the edification of the commercial gallery "Leguía", located in the city of Cajamarca, by applying the Technical Standard for Seismic Design E.030 corresponding to the versions of 2003, 2016 and 2018. It began with the structuring, pre-dimensioning and metering of loads of the structural elements to carry out the modeling of the building in the Etabs v19 software. In turn, depending on the structure and characteristics of the building, the seismic parameters were determined according to each version of the standard, with which the pseudo-acceleration spectra were determined for the directions of analysis in "X" and "Y". Then the seismic analysis was carried out, verifying in each of these the structural systems and irregularities proposed for each direction of analysis. As a result of the seismic analysis with the versions of the Technical Standard E.030 of 2003, 2016 and 2018, it was determined that it is an irregular structure and that the 2016 version generates a greater structural response since the maximum drift of the mezzanine calculated in the "X" direction through the 2016 version (4.16‰) is greater than those of the 2003 and 2016 versions by 12.46% and 17.65% respectively, while in the "Y" direction, the mezzanine drift generated by the version of 2016 (4.57‰) is higher than those of 2003 and 2018 by 9.05% and 17.62% respectively. Likewise, with respect to the shear force calculated in the "X" direction, it was determined that the one generated by the 2003 version (1,971.65 Tn) is greater than that of 2016 by 33.34% and greater than that of 2018 by a 60%, and in the "Y" direction, that generated with the 2003 version (2,300.25 Tn) is greater than those of 2016 and 2018 by 33.33% and 59.99% respectively.

Keywords: seismic analysis, seismic resistant design technical standard E.030, story drifts, shear force at the base.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente presenta los lineamientos y disposiciones generales a seguir para realizar el diseño sísmico en edificaciones a nivel nacional considerando como filosofía el evitar la pérdida de vidas humanas, dar continuidad a los servicios básicos y disminuir en la medida que sea posible los daños a la propiedad.

A lo largo de los años, la Norma Técnica E.030 ha experimentado revisiones y actualizaciones en función a los avances científicos y tecnológicos en el campo de la ingeniería sísmica a partir de los anteriores eventos sísmicos generados a nivel mundial. Estas variaciones se han dado en diversos aspectos relacionados a la zonificación, tipo de suelo, uso de la edificación, regularidad estructural, sistemas estructurales y requisitos de diseño específicos.

Debido a que la Norma Técnica E.030 ha experimentado actualizaciones y cambios a lo largo del tiempo, se plantea la problemática de evaluar, en términos de seguridad sísmica, si es que estas modificaciones introducidas resultan en una mejora significativa en la respuesta estructural de las edificaciones.

El diseño sísmico de las edificaciones comerciales es de suma importancia debido a la protección de la vida humana de la numerosa cantidad de personas que trabajan y visitan dichos establecimientos, así como la protección de bienes y activos de valor significativo. En particular, las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 han sido ampliamente utilizadas en el diseño de este tipo de estructuras en el país.

La ciudad de Cajamarca además de pertenecer a una zona de alta sismicidad se encuentra en una zona de silencio sísmico por lo que la Norma Técnica E.030 desempeña un papel fundamental en el diseño de las nuevas edificaciones.

El proyecto de la galería comercial “Leguía se encuentra como parte del plan de desarrollo urbano para Cajamarca hacia el año 2026, el cual albergará a la concurrencia de un total estimado de 885 personas entre público y trabajadores representando así una edificación de suma importancia a nivel social y económico.

Por lo mencionado anteriormente, es que esta investigación pretendió realizar una comparación de la respuesta estructural generada por las versiones de la Norma

Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 aplicadas hacia el proyecto comercial “Leguía” y así determinar si con el paso del tiempo las actualizaciones a la norma generan mejoras en la respuesta estructural para una edificación local.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 genera una mayor respuesta estructural para la edificación de la galería comercial “Leguía” ubicada en la ciudad de Cajamarca?

1.3. Hipótesis de la investigación

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 generará una mayor respuesta estructural al ser aplicada hacia la edificación de la galería comercial “Leguía” ubicada en la ciudad de Cajamarca que las generadas por las versiones del 2003 y 2018.

1.4. Justificación de la investigación

Al analizar y comparar las versiones de la Norma Técnica E.030 se puede evaluar cómo ha evolucionado la norma a lo largo del tiempo y así determinar las mejoras y cambios significativos en los criterios de diseño sismorresistente.

Además, al realizar la comparación de las versiones de la Norma Técnica E.030 aplicadas a una edificación se puede determinar si las modificaciones generadas en las revisiones posteriores brindan una mejora significativa en la respuesta estructural.

Así mismo, al comparar la respuesta estructural generada en una edificación por las diferentes versiones de la Norma Técnica E.030 se permite evaluar la influencia de los cambios normativos en el diseño estructural y así conducir a una optimización del diseño identificando que aspectos de las versiones proporcionan una mejor respuesta estructural frente a eventos sísmicos

A su vez, debido a que cada versión de la Norma Técnica E.030 tiene aspectos y criterios ligeramente diferentes, generan una respuesta estructural diferente en la edificación ante eventos sísmicos. Por lo que al comparar los resultados obtenidos se puede obtener una evaluación más completa en el diseño sísmico y a su vez comprobar la confiabilidad de este frente a diferentes escenarios sísmicos.

Finalmente, los resultados obtenidos al emplear diferentes versiones de la Norma Técnica E.030 aplicados en una edificación pueden proporcionar información

valiosa sobre la respuesta sísmica en la región de estudio, lo que puede conllevar a ser utilizado como mejoras en las prácticas de diseño de futuros proyectos.

Es por lo antes mencionado, que la presente investigación pretendió realizar un estudio comparativo al emplear las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 aplicados al proyecto de la galería “Leguía”, ya que se trató de un proyecto de edificación importante contemplado por el plan de desarrollo urbano para Cajamarca hacia el 2026, para así determinar la evaluación de la evolución normativa, mejoras significativas en la respuesta estructural, optimizar y brindar confiabilidad al diseño sismorresistente y contribuir al conocimiento científico en el ámbito regional.

1.5. Alcances

El estudio consideró el proyecto de la edificación de la galería comercial “Leguía” la cual consta de cinco niveles, un área de terreno irregular de 970.21m² y un área techada de 4,667.20 m² ubicada en el Jr. Leguía N°521, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca.

La investigación determinó la respuesta estructural al emplear la Norma Técnica E.030 correspondiente a las versiones del 2003, 2016 y 2018 para el proyecto de la edificación de la galería comercial “Leguía” ubicado en la ciudad de Cajamarca para hacer una comparación de los resultados obtenidos en función a los desplazamientos máximos relativos y fuerza cortante en la base.

1.6. Limitaciones

- En la investigación no se consideró los efectos de interacción suelo estructura.
- En el estudio no se contempló el análisis tiempo historia al no ser exigido por la Norma Técnica E.030 en las versiones del 2003, 2016 y 2018.
- En la investigación solo consideró el tipo de suelo obtenido por el Estudio de Mecánica de Suelos del proyecto de la galería comercial “Leguía”.
- En el estudio no se consideró el diseño de los elementos estructurales.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

- ✓ Comparar la respuesta estructural de la edificación de la galería comercial “Leguía” ubicada en la ciudad de Cajamarca al utilizar la Norma Técnica E.030 correspondiente a las versiones del 2003, 2016 y 2018.

1.7.2. Objetivos específicos

- ✓ Comparar los parámetros sismorresistentes para la edificación en estudio aplicando las versiones de la Norma Técnica E.030 2003, 2016 y 2018.
- ✓ Comparar la irregularidad estructural de la edificación obtenida mediante la aplicación de las versiones de Norma Técnica E.030 2003, 2016 y 2018.
- ✓ Comparar las derivas máximas de entrepiso de la edificación obtenidas al emplear las versiones de Norma Técnica E.030 2003, 2016 y 2018.
- ✓ Comparar los desplazamientos máximos de entrepiso generados en la edificación al utilizar las versiones de Norma Técnica E.030 2003, 2016 y 2018.
- ✓ Comparar el cortante basal obtenido en la edificación al utilizar las versiones de la Norma Técnica E.030 2003, 2016 y 2018.

1.8. Descripción de los contenidos

El trabajo de investigación está estructurado en cinco capítulos:

Capítulo I: INTRODUCCION, comprende el planteamiento del problema, formulación, la hipótesis planteada, la justificación, los alcances de la investigación, limitaciones, objetivos propuestos y la descripción de contenidos.

Capítulo II: MARCO TEORICO, comprende los antecedentes teóricos de la investigación, donde se describe investigaciones similares a nivel internacional, nacional y local, luego se detalla los fundamentos teóricos que sirven como base para el desarrollo de la investigación.

Capítulo III: MATERIALES Y METODOS, se presenta la ubicación geográfica y el tiempo en el cual se llevó a cabo la investigación, se explica la metodología empleada, el procedimiento, un análisis y tratamiento de datos y finalmente se presentan los resultados.

Capítulo IV: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS, se presenta la explicación y discusión de los resultados de la investigación, luego de aplicar la metodología propuesta.

Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se presentan las conclusiones a las que se ha llegado luego de analizar los resultados de la investigación y en base a los objetivos planteados. También se colocan las recomendaciones para próximas investigaciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Málaga (2015) presentó una tesis denominada “Estudio comparativo de distintas normas internacionales respecto de la aplicación de los espectros sísmicos de respuesta” en donde realizó la comparación de cuatro normativas sismorresistentes internacionales: Norma peruana (Diseño Sismorresistente E 030), Norma argelina (Regles parasismiques algeriennes RPA 99), Norma costarricense (Código sísmico de Costa Rica 2010) y la norma española (Norma de construcción sismorresistente, NCSE-02); aplicadas en una estructura tipo puente metálico en celosía mediante la generación de los espectros sísmicos resultantes de cada normativa y el empleo de un modelo de elementos finitos con el software de diseño SAP 2000. El estudio concluyó que la normativa más desfavorable es la costarricense, seguida por la argelina, luego la peruana y finalmente la española.
- Aranda y Díaz (2017) presentaron la tesis denominada: “Comparación técnica entre el reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-98 y el reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10 en edificaciones en la ciudad de Bogotá” en la cual realizaron una comparación de las actualizaciones de la normativa colombiana de diseño construcción sismorresistente NSR-98 y NSR-10, además compararon dos edificaciones de configuración similar construidas con ambas normativas respectivamente. Concluyendo con respecto a la comparación de la aplicación de ambas normativas en dos edificaciones de configuración similar que la NSR-10 ha provocado un incremento desde el punto de vista económico debido a que al realizar el diseño con la aplicación de los nuevos factores aumentan las secciones de los elementos estructurales y por ende los volúmenes de concreto y las cantidades de acero.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- Alfaro (2017) presento la tesis denominada “Estudio comparativo de la norma peruana E.030 Diseño sismorresistente y la norma chilena NCh433 Diseño sísmico de edificios, y su aplicación a un edificio de concreto armado” en donde realizó la comparación entre la norma sísmica peruana E030 y la chilena NCh433 aplicadas en una edificación multifamiliar de concreto armado de cuatro niveles de tipo dual, considerando para ambos casos la misma geometría de los elementos estructurales y

- así realizar el modelado en el programa Etabs v15.2.2 para luego calcular los espectros de diseño con ambas normativas y con ello obtener los desplazamientos laterales y derivas de entrepiso para cada caso. Concluyó que mediante la aplicación de la normativa sísmica Ch433 se obtuvieron resultados menores que con la norma E030 tanto en deformaciones laterales como en las derivas de entrepiso.
- Cutipa (2018) en su investigación titulada “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de un edificio de concreto armado aplicando las normas de diseño sismorresistente de Perú, Chile, Estados Unidos y Japón.” realizó una comparación de la respuesta sísmica de un edificio de concreto armado aplicando las normativas de diseño sismorresistente de Perú, Chile, Estados Unidos y Japón, esta comparación parte de la fuerza cortante en la base, los espectros de respuesta sísmica y desplazamientos laterales al hacer uso de un método de análisis dinámico modal espectral. Llegó a concluir que las normas sísmicas de Japón y Estados Unidos presentan parámetros de respuesta sísmica más rigurosos a comparación de las normas chilena y peruana, por lo que presentan una mayor fuerza cortante y su espectro de diseño es mayor; así mismo determinó que con respecto al control de los desplazamientos para periodos cortos la norma peruana es la más exigente frente al resto de normativas estudiadas para suelos de tipo rígido, intermedio y blando.
 - Zapata (2019) presentó en la tesis denominada “INFLUENCIA DE LAS NORMAS E.030-2003 Y E.030-2018 EN EL DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE CONCRETO ARMADO DE DIFERENTES ALTURAS.” en donde planteó la evaluación de las versiones de la norma sismorresistente E030 2003 y 2018 aplicados para edificaciones ficticias de sistema dual y de muros estructurales de distintos pisos considerando constante la dimensión en los elementos estructurales para comparar los resultados de la respuesta estructural generada en cada una de ellas. Concluyó que la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 a comparación de la versión del 2003 con respecto a la fuerza cortante dinámica total en la base se presentaron incrementos de hasta 12.6% en los edificio de 5, 10 y 15 pisos, para el factor de amplificación se presentaron decrementos de hasta el 12% para los sistemas duales en las edificaciones 15 y 20 pisos y para el sistema de muros estructurales para el de 20 pisos, mientras que con respecto a los desplazamientos laterales se presentaron un incremento del 12.5% en todas las edificaciones.

2.1.3. Antecedentes locales

- Valdivia (2019) presentó la tesis denominada “Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación de tres niveles de estructura irregular según las normas de Sismorresistencia E.030-2006 y la E.030 (2016), en la ciudad de Cajamarca” en la que realizó el análisis y comparación de la respuesta sísmica de una edificación, tipo vivienda multifamiliar ubicada en la ciudad de Cajamarca, generada a partir de la fuerza cortante en la base y los espectros de diseño al hacer uso de la Norma Técnica E030 “Diseño Sismorresistente” de los años 2006 y 2016 mediante un análisis estático y dinámico espectral haciendo uso del programa ETABS. Concluye que al hacer uso de la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 para la edificación en estudio se generan resultados más conservadores que al aplicar la versión del 2006 referente a las fuerzas internas y distorsiones relativas inelásticas hasta en un 33% por cada piso debido a la diferencia en los parámetros sísmicos para la obtención de las aceleraciones pseudo espectrales.
- Mosqueira (2020) presentó el artículo denominado “Comparación de la respuesta sísmica de un pabellón de configuración irregular de la I.E. Emblemática. Santa Teresita usando la Norma Técnica E030 del 2003 y del 2016” en la cual realizó una comparación de la respuesta estructural generada al considerar un pabellón de configuración irregular de la I.E. Emblemática Santa Teresita al emplear las versiones de la norma sismorresistente E.030 2003 y 2016. Concluyó que la respuesta estructural generada por la versión de la norma E.030 del 2003 es mayor que la del 2016, teniendo en cuenta que las derivas generadas por la versión del 2003 son mayores en un 25% con respecto a las obtenidas por la versión del 2016.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Disposiciones generales Norma Técnica E030 Diseño Sismorresistente

La versión de la Norma Técnica del 2018 determina las condiciones mínimas en el ámbito nacional que se deben tener en cuenta para el diseño de las nuevas edificaciones a ser construidas o reparadas, en el caso de edificaciones existentes, frente a las solicitaciones sísmicas obtenidas mediante el empleo de esta y a su vez considerando una correcta estructuración y selección de materiales de construcción en función a la ubicación del proyecto.

La filosofía del Diseño Sismorresistente considerada por la norma consiste en:

- a) Evitar pérdida de vidas humanas.
- b) Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c) Minimizar los daños a la propiedad.

Además, estima que brindar una protección completa a todos los tipos de edificaciones a intervenir no es ni técnica ni económicamente viable por lo que proporciona los siguientes principios:

- a) La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b) La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c) Para las edificaciones esenciales se debería tener consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezca en condiciones operativas luego de un sismo severo.

Adicionalmente, la norma establece los lineamientos para que las estructuras que han sido dañadas por los sismos sean evaluadas, reparadas o reforzadas de tal manera que se recuperen su capacidad estructural acorde con la filosofía de diseño, teniendo en consideración:

- ✓ La estructura afectada será evaluada por un ingeniero civil, el cual determinará si la edificación se encuentra en buen estado o requiere de un reforzamiento, reparación o demolición.

- ✓ La reparación o reforzamiento brindará a la estructura rigidez, ductilidad y resistencia que garantice el correcto funcionamiento ante un nuevo evento sísmico.
- ✓ El proyecto de reparación o reforzamiento considerara los detalles, procedimientos y sistemas constructivos a seguirse.

2.2.2. Parámetros sísmicos

2.2.2.1. Factor de zona “Z”

Se considera al factor Z como la aceleración máxima horizontal en el suelo rígido con una probabilidad del diez por ciento de ser excedida en cincuenta años, además se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad en función al tipo de zona en el territorio nacional. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, 2018)

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 considera dividir al territorio nacional en tres zonas sísmicas con sus respectivos factores (Figura N° 01 y Tabla N° 01).

Figura N° 01.
Zonificación Sísmica 2003



Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2003)

Tabla N° 01.
Factores de zona “Z”

ZONA	Z
3	0,40
2	0,30
1	0,15

*Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030
Diseño Sismorresistente (2003)*

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 consideran dividir al territorio nacional en cuatro zonas sísmicas con sus respectivos factores. (Figura N° 02y Tabla N° 02)

Figura N° 02.
Zonificación Sísmica 2016 y 2018



*Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030
Diseño Sismorresistente (2016 y 2018)*

Tabla N° 02.*Factores de zona “Z”*

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

*Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030
Diseño Sismorresistente (2016 y 2018)*

2.2.2.2. Factor de uso “U”

Cutipa (2018) hace mención que cada edificación posee diferentes niveles de importancia en función al uso que va a recibir, es por ello por lo que las fuerzas sísmicas se ven amplificadas mediante un coeficiente denominado Factor de uso de manera tal, que a mayor importancia de uso tenga la edificación, mayor será el valor de este coeficiente.

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 considera cuatro categorías para las edificaciones, siendo estas: esenciales, importantes, comunes y menores en las cuales describe que tipo de edificaciones pertenecen a cada categoría y sus respectivos valores del Factor “U” (Tabla N° 03).

Tabla N° 03.*Categoría de las edificaciones y factor “U”*

CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros	1,3

Importantes	comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría perdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones menores	Edificaciones cuyas fallas causan perdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

(*) *En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podría omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.*

*Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030
Diseño Sismorresistente (2003)*

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 mantiene las cuatro categorías iniciales, pero se realiza una subdivisión a la categoría de edificaciones esenciales en Establecimientos de salud del Sector Salud (Públicos y privados) del segundo y tercer nivel, de acuerdo con lo normado por el Ministerio de Salud y en Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo. (Tabla N° 04)

Tabla N° 04.

Categoría de las edificaciones y factor "U"

CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:	1,5

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. ▪ Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. ▪ Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. ▪ Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	
B Edificaciones Importantes	<p>Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.</p> <p>También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes para el abastecimiento.</p>	1,3
C Edificaciones Comunes	<p>Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.</p>	1,0
D Edificaciones menores	<p>Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.</p>	Ver nota 2

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

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

*Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030
Diseño Sismorresistente (2016)*

Para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 se emplearon las mismas categorías, subdivisiones, y coeficientes, pero se agregaron las edificaciones concernientes a estaciones ferroviarias y sistemas masivos de transportes a la categoría de Edificaciones Esenciales Tipo A2 y para la categoría de Edificaciones Importantes considera de manera específica a los terminales de buses de pasajeros. (Tabla N° 05)

Tabla N° 05.

Categoría de las edificaciones y factor "U"

CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. ▪ Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. ▪ Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. ▪ Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. ▪ Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. ▪ Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. ▪ Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5
B	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios,	1,3

Edificaciones Importantes	coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones menores	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

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

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

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018)

2.2.2.3. Factor de sitio “S”

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 clasifica a los perfiles del suelo en función a las propiedades mecánicas de este, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Esta norma considera cuatro perfiles de suelo:

a) Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos.

Correspondiente a las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s.

b) Perfil tipo S2: Suelos intermedios

Considera a los perfiles de suelo con características intermedias entre los perfiles tipo S1 y S3.

c) Perfil tipo S3: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor.

Pertenecen los perfiles de suelo que son flexibles o estratos de gran espesor en los que el periodo fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6s.

d) Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales.

Corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas sean particularmente desfavorables.

En función a estos tipos de perfiles la norma asigna valores para el factor suelo “S” y el factor T_P , período que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo. (Tabla N° 06)

Tabla N° 06.

Parámetros de suelo

TIPO	DESCRIPCION	T_P (S)	S
S1	Roca o suelos muy rígidos	0,40	1,00
S2	Suelos intermedios	0,60	1,20
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,90	1,40
S4	Condiciones excepcionales	*	*

(*) Los valores de T_P y S para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo S3

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2003)

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 consideran clasificar a los perfiles del suelo en función a la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (\bar{V}_S), mientras que para los suelos granulares, el promedio ponderado de los resultados obtenidos mediante un ensayo de penetración estándar (SPT), o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada para suelos cohesivos (\bar{S}_u) para suelos cohesivos. Ambas versiones consideran cinco perfiles de suelo:

a) Perfil tipo S0: Roca dura.

Correspondiente a las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte (\bar{V}_S) mayor que 1500 m/s.

b) Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos.

Pertenecen las rocas con diferentes grados de fracturación, en macizos homogéneos y suelos muy rígidos con velocidad de propagación de ondas de corte (\bar{V}_S) entre 500m/s y 1500m/s.

c) Perfil tipo S2: Suelos intermedios.

Corresponden los suelos medianamente rígidos con velocidades de propagación de ondas de corte (\bar{V}_s) entre 180 m/s y 500m/s.

d) Perfil tipo S3: Suelos blandos.

Considerados a los suelos flexibles con velocidades de propagación de ondas de corte (\bar{V}_s) menores o iguales que 180 m/s.

e) Perfil tipo S4: Condiciones excepcionales.

Pertencen los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en las cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio.

En función a estos tipos de perfiles y a las condiciones locales, factor de zona “Z”, asignan los siguientes valores para el factor suelo “S”. (Tabla N° 07)

Tabla N° 07.

Factor de suelo “S”

ZONA \ SUELO	SUELO			
	S0	S1	S2	S3
Z4	0,80	1,00	1,05	1,10
Z3	0,80	1,00	1,15	1,20
Z2	0,80	1,00	1,20	1,40
Z1	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2016 y 2018)

Además, agregan un nuevo parámetro T_L expresado como el período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante. (Tabla N° 08)

Tabla N° 08.

Períodos “ T_P ” y “ T_L ”

Períodos	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T_P (S)	0,30	0,40	0,60	1,00
T_L (S)	3,00	2,50	2,00	1,60

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2016 y 2018)

2.2.2.4. Factor de amplificación sísmica “C”

Las fuerzas sísmicas generadas mediante la aceleración del sismo que intervienen directamente en la cimentación de la edificación se ven amplificadas, de acuerdo con las normas sísmicas, en función al periodo fundamental de vibración y a las características del suelo de fundación (Cutipa, 2018).

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 define a este factor de amplificación sísmica “C” mediante la expresión:

$$C = 2,5 * \left(\frac{T_P}{T}\right); C \leq 2,5 \quad (2.1)$$

Donde:

- C : Factor de amplificación sísmica.
- T_P : Período que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo
- T : Período fundamental de la estructura

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y del 2018 consideran al cálculo del factor de amplificación sísmica “C” en función a los casos presentados a continuación:

- ✓ $T < T_P$

$$C = 2,5 \quad (2.2)$$

- ✓ $T_P < T < T_L$

$$C = 2,5 * \left(\frac{T_P}{T}\right) \quad (2.3)$$

- ✓ $T > T_L$

$$C = 2,5 * \left(\frac{T_P * T_L}{T^2}\right) \quad (2.4)$$

Donde:

- C : Factor de amplificación sísmica.
- T_P : Período que define la plataforma del espectro para cada tipo de suelo
- T_L : Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.
- T : Período fundamental de la estructura

2.2.2.5. Sistemas estructurales

Cada edificación presenta una diferente configuración estructural comprendida por su tamaño, geometría, función y localización de los elementos estructurales, por lo que cada una requiere de un diseño sismorresistente en particular. (Valdivia, 2019)

La presente investigación tiene por objeto de estudio a una edificación de concreto armado por lo que a continuación se describen las consideraciones tomadas por las normativas en estudio para los tipos de sistemas estructurales de concreto armado empleados:

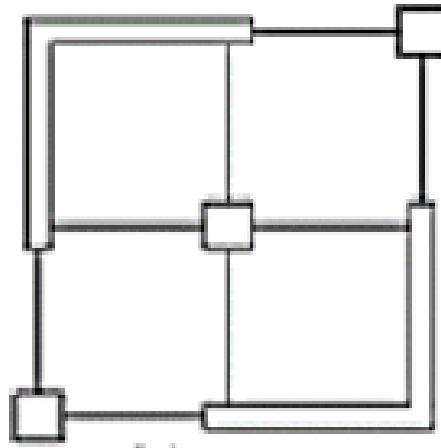
2.2.2.5.1. Muros Estructurales

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 indica que para esta clase de sistema se tendrá que por lo menos el 80% de la cortante en la base será resistido por muros estructurales.

Mientras que para las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018, los muros estructurales resistirán por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

Figura N° 03.

Sistema estructural de muros estructurales.



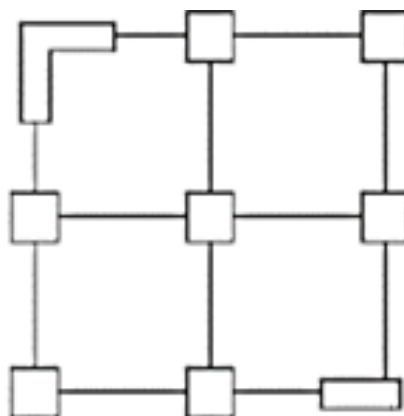
Fuente: Adaptado de Cárdenas y Villegas (2019)

2.2.2.5.2. Dual

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 considera en este tipo a los sistemas mixtos de pórticos y muros estructurales en los que por lo menos el 25% del cortante generado en la base son aplicados en los pórticos.

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 consideran que los pórticos deberán recibir por lo menos el 30% de la fuerza cortante, mientras que los muros estructurales recibirán entre el 20% al 70% de dicha fuerza.

Figura N° 04.
Sistema estructural dual.



Fuente: Adaptado de Cárdenas y Villegas (2019)

2.2.2.6. Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas “ R_0 ”

Cutipa (2018) menciona que el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas expresa la capacidad que posee una estructura para poder absorber y disipar las fuerzas sísmicas en función a su configuración estructural y a los materiales utilizados.

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 asignan los mismos valores del coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas para cada tipo de sistemas estructurales de concreto armado (Tabla N° 09).

Tabla N° 09.
Coefficientes básicos de reducción para sistemas estructurales de concreto armado.

Sistema estructural de concreto armado	Coeficiente básico de reducción R_0
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2003,2016 y 2018)

2.2.2.7. Configuración estructural

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 clasifica a las estructuras en regulares e irregulares para así poder asignar coeficientes que afecten al coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas, las cuales se presentan a continuación:

a) Estructuras regulares

Son aquellas que en su configuración estructural resistente a las fuerzas laterales no presentan discontinuidades significativas tanto en el plano horizontal como en el vertical

b) Estructuras irregulares

Se consideran como estructuras irregulares a aquellas que presentan una o más discontinuidad significativa en algún plano de su configuración estructural.

2.2.2.8. Factores de irregularidad**2.2.2.8.1. Irregularidades estructurales en altura “I_a”****✓ Irregularidades de rigidez – Piso blando.**

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 considera la existencia de esta irregularidad cuando en cada dirección de análisis la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso es menor que el 85% de la suma correspondiente al piso superior, o es menor que el 90% del promedio al considerar los 3 pisos superiores.

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2016, por su parte, considera que para esta irregularidad se tiene que en cualquier dirección de análisis la distorsión de entrepiso es mayor que 1,4 veces la correspondiente al inmediato superior, o resulta ser mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones promedio de los 3 pisos superiores adyacentes.

Mientras que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 indica la existencia de la irregularidad cuando en cualquier dirección de análisis la rigidez lateral es menor que el 70% de la correspondiente al inmediato superior, o resulta ser menor que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres niveles inmediatos superiores.

✓ Irregularidad extrema de rigidez.

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 indica que esta irregularidad se presenta cuando, en cualquier dirección de análisis, la distorsión de entrepiso es mayor que 1,6 veces la correspondiente al inmediato superior, o resulta ser mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones promedio de los 3 pisos superiores adyacentes.

Para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, expresa que se dará la irregularidad cuando, en cualquier dirección de análisis, la rigidez lateral es menor que

el 60% de la correspondiente al inmediato superior, o resulta ser menor que el 70% del promedio de la rigidez lateral de los tres niveles inmediatos superiores.

✓ **Irregularidades de resistencia – Piso débil.**

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 indican la existencia de esta irregularidad cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes sea inferior al 80% de la resistencia del inmediato superior.

✓ **Irregularidad extrema de resistencia.**

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 consideran como irregularidad extrema de resistencia cuando al comparar el porcentaje entre la resistencia a la fuerza cortante de un entrepiso con su inmediato superior sea menor al 65%.

✓ **Irregularidad de masa o peso.**

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 especifican que se dará esta irregularidad cuando la masa o peso de un piso, determinado por la aplicación de cada normativa, sea mayor que el 150% de un piso adyacente. Además, no se aplicará este criterio para azoteas o sótanos.

✓ **Irregularidad geométrica vertical.**

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 indican que se presentará esta irregularidad cuando, en cualquier dirección de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a las fuerzas laterales sea mayor que el 130% la correspondiente a un piso adyacente. Este criterio no se considerará para azoteas o sótanos.

✓ **Discontinuidad en los sistemas resistentes.**

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 considera a esta irregularidad como el desalineamiento de los elementos verticales, ya sea por un cambio de orientación o por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 especifican que esta irregularidad se da cuando cualquier elemento que resista al menos el 10% de la fuerza cortante presente un desalineamiento vertical ya sea por un cambio de orientación o por

un desplazamiento del eje de magnitud mayor al 25% de la dimensión correspondiente en el elemento.

✓ **Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes.**

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 indican que existe una discontinuidad extrema de los sistemas resistentes cuando los elementos discontinuos descritos anteriormente superen el 25% de la fuerza cortante total.

Para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, cuando se presente alguna de estas irregularidades el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas será considerado solamente en su 75%.

Mientras que para las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018, el factor de irregularidad en altura dependerá del tipo y magnitud de irregularidad existente (Tabla N° 10), además que en el caso de presentarse más de un factor en la dirección de análisis correspondiente solo se tendrá en cuenta el menor valor obtenido.

Tabla N° 10.

Factores de irregularidad en altura

Irregularidades estructurales en altura	Factor de irregularidad I_a
Irregularidad de rigidez – Piso blando	0,75
Irregularidad extrema de rigidez	0,50
Irregularidad de resistencia – Piso débil	0,75
Irregularidad extrema de resistencia	0,50
Irregularidad de masa o peso	0,90
Irregularidad geométrica vertical	0,90
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0,80
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes.	0,60

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2016 y 2018)

2.2.2.8.2. Irregularidades estructurales en planta “I_p”

✓ Irregularidad torsional.

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 indica que para considerar esta irregularidad solo se tendrá en cuenta las edificaciones con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso supere en un 50% al máximo permitido por la norma. Para ello, en cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos adyacentes, en un extremo, deberá ser mayor a 1,3 veces al promedio del desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo obtenido en el extremo opuesto.

Para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 se considera en primera instancia la misma condición que su predecesora, en cuanto a que algún desplazamiento máximo de entrepiso sea mayor al 50% que el permitido por la normativa, y además que, en cualquier dirección de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso de un extremo de la edificación, considerando la excentricidad accidental, sea mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para las mismas condiciones.

Con respecto a la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, también considera la primera condición indicada en sus predecesoras, pero especifica que además se tendrá en cuenta que, para cualquier dirección de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo de la edificación, considerando excentricidad accidental, sea mayor a 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga.

✓ Irregularidad torsional extrema.

Para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 se especifica que deberá cumplir con la primera condición en cuanto a la irregularidad torsional, y a su vez que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, en cualquier dirección de análisis y considerando la excentricidad accidental, sea mayor a 1,5 el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para las mismas condiciones.

Mientras que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 se considerará la primera condición indicada para irregularidad torsional y también que, en cualquier dirección de análisis, el desplazamiento máximo relativo de entrepiso calculado en un

extremo, al considerar la excentricidad accidental, sea mayor a 1,5 veces el promedio entre los desplazamientos relativos de los extremos con las mismas condiciones de carga.

✓ **Esquinas entrantes.**

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 consideran que existirá esta irregularidad cuando existan esquinas entrantes cuyas dimensiones sean mayores al 20% de la dimensión total correspondiente en planta.

✓ **Discontinuidad del diafragma.**

Para esta irregularidad, las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 especifican que se considerará cuando los diagramas tengan discontinuidades abruptas o importantes en rigidez, incluyendo a su vez aberturas mayores al 50% del área bruta del diafragma.

Además, para las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 también se tendrá en cuenta, cuando en cualquiera de los entresijos y en cualquier dirección de análisis, exista alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor al 25% del área de la sección total en la misma dirección considerada con las dimensiones totales en planta.

✓ **Sistemas no paralelos.**

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 especifican que existirá esta irregularidad cuando, en cualquier dirección de análisis, los elementos resistentes a las cargas laterales no sean paralelos, pero no se tendrán en cuenta a los ejes de los pórticos o muros que formen ángulos menores a las 30°, ni a los elementos estructurales que no sean paralelos que resistan menos del 10% de las solicitaciones de la fuerza cortante.

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, al igual que para las irregularidades en altura, cuando se presente alguna irregularidad, el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas solo representará el 75% del coeficiente básico.

En cambio, para las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018, el factor de irregularidad en planta dependerá del tipo y magnitud de irregularidad existente (Tabla N° 11), y en el caso de existir más de una irregularidad solo se considerará a aquella con el factor más bajo obtenido en la dirección correspondiente.

Tabla N° 11.*Factores de irregularidad en planta*

Irregularidades estructurales en planta	Factor de irregularidad I_p
Irregularidad torsional	0,75
Irregularidad torsional extrema	0,50
Esquinas entrantes	0,75
Discontinuidad del diafragma	0,50
Sistemas no paralelos	0,90

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2016 y 2018)

2.2.2.9. Restricciones a la irregularidad

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 considera restricciones para las irregularidades en las edificaciones en función a la categoría de la edificación y a la zona en donde esta se ubique, estas restricciones se presentan en la Tabla N° 12.

Tabla N° 12.*Categoría y estructura de las edificaciones*

Categoría de la edificación	Regularidad estructural	Zona
A	Regular	3
		2 y 1
B	Regular o irregular	3 y 2
		1
C	Regular o irregular	3, 2 y 1

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2003)

Debido a que en las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 consideran un perfil de suelo adicional a la versión del 2003 y una escala adicional en las irregularidades denominadas extremas, estas restricciones han sido modificadas y se muestran en la Tabla N° 13

Tabla N° 13.
Categoría y regularidad de las edificaciones

Categoría de la edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2016 y 2018)

2.2.2.10. Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”

Para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 este coeficiente se considera el mismo que el coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas “R₀” para el caso de las edificaciones regulares, mientras que para las edificaciones que presenten alguna irregularidad ya sea en altura o en planta, se considerara tan solo el 75% del coeficiente “R₀”.

Para el caso de las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018, este coeficiente se expresará mediante el cálculo de la ecuación (2.5) presentado a continuación:

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad (2.5)$$

Donde:

R : Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas

R₀ : Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

I_a : Factor de irregularidad en altura

I_p : Factor de irregularidad en planta

2.2.3. Análisis sísmico

Zapata (2019) indica que el objetivo del análisis es representar los efectos sísmicos generados en la edificación, los cuales están expresados en función de las

deformaciones y fuerzas resultantes en los elementos estructurales, debido a las fuerzas laterales sísmicas aplicadas en cada entrepiso.

2.2.3.1. Estimación del peso

Para la estimación del peso de la edificación, las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 indican que se considerará el peso total y la carga permanente adicionando un porcentaje de la carga viva o sobrecarga de acuerdo con:

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

2.2.3.2. Análisis estático o de fuerzas equivalentes

2.2.3.2.1. Generalidades

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 especifica que este método consta de representar a las sollicitaciones sísmicas como fuerzas laterales aplicadas en el centro de masa de cada entrepiso de la edificación.

Para la versión de la Norma Técnica E.0.30 del 2003 se indica que este método solo podrá emplearse para las estructuras clasificadas como regulares y con una altura no mayor a los 45 metros, y para las estructuras del tipo muros portantes, independiente de su regularidad, se podrá aplicar hasta una altura no mayor a 15 metros.

Mientras que para las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018, se establece que se podrá usar el método en edificaciones con cualquier irregularidad que estén ubicadas en la zona sísmica 1, también en estructuras regulares con una altura máxima de 30 metros y en estructuras de muros de concreto armado y albañilería armada o confinada que no sobrepasen los 15 metros de altura, así estas sean irregulares.

2.2.3.2.2. Fuerza Cortante en la base

El cálculo de la fuerza cortante total en la base de la estructura, considerado por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018, para una determinada dirección se obtendrá mediante la fórmula:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P \quad (2.6)$$

Donde:

- V : Fuerza cortante en la base
- Z : Factor de zona
- U : Factor de uso o importancia
- C : Factor de amplificación sísmica
- S : Factor de amplificación del suelo
- R : Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas
- P : Peso total de la edificación

Además, las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003 y 2016 especifican una relación mínima para el valor de C/R siendo:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125 \quad (2.7)$$

Mientras que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, se considera como valor mínimo a la anterior relación a:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11 \quad (2.8)$$

2.2.3.2.3. Distribución de la fuerza sísmica en altura

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 establece que la distribución de la fuerza sísmica en altura presenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Si el periodo fundamental “T”, es mayor que 0.7 s, se tendrá una parte de la fuerza cortante en la base “V”, representada por “F_a” deberá aplicarse en la parte superior de la estructura como una fuerza concentrada, la cual será calculada mediante:

$$F_a = 0,07 * T * V \leq 0,15 * V \quad (2.9)$$

- ✓ Para el resto de la fuerza cortante, esta se distribuirá entre los diferentes entresijos, considerando el último, aplicando la fórmula:

$$F_i = \frac{P_i * h_i}{\sum_{j=1}^n P_j * h_j} * (V - F_a) \quad (2.10)$$

Donde:

- F_i : Fuerza horizontal en el nivel “i”
- P_i : Peso del nivel “i”
- h_i : Altura del nivel “i” con relación al nivel del terreno
- n : Número de pisos de la edificación
- V : Fuerza cortante en la base
- F_a : Fuerza concentrada en la parte superior si $T > 0,7$ s

Para las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018, las consideraciones para tener en cuenta son las que se presentan a continuación:

- ✓ Para la dirección a analizar, las fuerzas sísmicas laterales en cualquier nivel “i” será dada por:

$$F_i = \alpha_i * V \quad (2.11)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j * (h_j)^k} \quad (2.12)$$

Donde:

- F_i : Fuerza horizontal en el nivel “i”
- V : Fuerza cortante en la base
- P_i : Peso del nivel “i”
- h_i : Altura del nivel “i” con relación al nivel del terreno
- n : Número de pisos de la edificación
- k : Exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura “T”, siendo:
 - $T \leq 0,5$ s: $k = 1,0$.
 - $T > 0,5$ s: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

2.2.3.2.4. Periodo fundamental de vibración

Para la determinación del periodo fundamental de vibración de la estructura, las versiones de la Norma E.030 del 2003, 2016 y 2018 presentan el mismo procedimiento para el cálculo de este parámetro:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (2.13)$$

Donde:

- T : Periodo fundamental de vibración
- h_n : Altura total de la edificación en metros
- C_T : Coeficiente para estimar el periodo predominante de un edificio, que se determina en función a:
- Para edificaciones cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente pórticos de concreto armado sin muros de corte: $C_T = 35$.
 - Para edificios de concreto armado cuyos elementos sismorresistentes sean pórticos y las cajas de ascensores y escaleras: $C_T = 45$.
 - Para estructuras de mampostería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada: $C_T = 60$.

De manera alternativa, hacen mención que, se podrá usar un procedimiento de análisis dinámico en función a las características de rigidez y distribución de masas en la estructura mediante la siguiente expresión:

$$T = 2 * \pi * \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n P_i * d_i^2)}{(g * \sum_{i=1}^n f_i * d_i)}} \quad (2.14)$$

Donde:

- T : Periodo fundamental de vibración
- P_i : Peso del nivel “i”
- n : Número de pisos de la edificación
- g : Aceleración de la gravedad
- f_i : Fuerza lateral en el nivel “i” correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección del análisis.
- d_i : Desplazamiento lateral del centro de masa del nivel “i” en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i . Los desplazamientos se calculan suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Además, especifican que se tomara como periodo fundamental de vibración al 85% del valor obtenido de la anterior expresión cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales.

2.2.3.2.5. Excentricidad accidental

En las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 se indica que las fuerzas actuantes en cada nivel “ F_i ” se aplicarán en el centro de masas de cada nivel respectivo y que, además de considerarse las excentricidades propias de la estructura, se considerara el efecto de excentricidades accidentales, para cada dirección de análisis, de acuerdo con lo indicado a continuación:

- a) Se adicionará un momento torsor accidental “ M_{ti} ” en el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, calculado mediante:

$$M_{ti} = \pm * F_i * e_i \quad (2.15)$$

Donde:

M_{ti} : Momento torsor accidental

F_i : Fuerza horizontal en el nivel “ i ”

e_i : Excentricidad accidental en cada nivel “ i ”, representado como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

- b) Se puede suponer que las condiciones más desfavorables se generan al considerar las excentricidades accidentales con el mismo signo en todos los niveles. Solamente serán considerados los incrementos de las fuerzas horizontales mas no las disminuciones.

2.2.3.2.6. Fuerzas sísmicas verticales

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 considera que la fuerza sísmica vertical será representada como una fracción del peso, siendo esta para las zonas 2 y 3 del 2/3 del factor de zona “ Z ”, mientras que para la zona 1 no será necesario considerar este efecto.

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 establecen que esta fuerza estará dada por la fracción del peso equivalente a los 2/3 del producto de los factores zona, uso o importancia y el de amplificación del suelo ($2/3 * Z * U * S$).

2.2.3.3. Análisis dinámico modal espectral

2.2.3.3.1. Generalidades

Cutipa (2018) menciona que se puede diseñar con cualquier estructura al considerar la aplicación de las fuerzas sísmicas en la base, generadas a partir de un

espectro de aceleraciones, al hacer uso de modos de vibración en los cuales se va variando la masa participativa hasta obtener un mínimo especificado por la normativa. Finalmente, estas respuestas obtenidas son combinadas mediante un criterio de combinación ya sea la combinación cuadrática completa (CQC) o la de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS).

2.2.3.3.2. Modos de vibración

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 indican que los modos de vibración se podrán determinar haciendo uso de un análisis en el cual se considere apropiadamente las características tanto de rigidez como de distribución de las masas. Además, especifican que se tomaran en cuenta, en cada dirección de análisis, los modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea de por lo menos el 90% de la masa total, y además que se deberá tener en cuenta obligatoriamente los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

2.2.3.3.3. Aceleración espectral

Para el análisis en cada una de las direcciones horizontales, las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 especifican que se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones expresado por:

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g \quad (2.16)$$

Donde:

- S_a : Espectro de pseudo-aceleraciones
- Z : Factor zona
- U : Factor de uso o importancia
- C : Factor de amplificación sísmica
- S : Factor de amplificación del suelo
- R : Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas
- g : Aceleración de la gravedad

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003 y 2016 consideran que para el análisis en la dirección vertical se podrá usar un espectro con valor equivalentes a los 2/3 del generado para las direcciones horizontales.

Mientras que, para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 también considera usar en la dirección vertical los 2/3 del espectro empleado para las direcciones

horizontales, considerando los mismos valores del coeficiente de amplificación sísmica “C”, previamente determinados por la norma, a excepción de la zona de periodos muy cortos, cuando $T < 0,2 T_P$, en la cual se considerará:

$$C = 1 + 7,5 * \left(\frac{T}{T_P} \right) \quad (2.17)$$

Donde:

- C : Factor de amplificación sísmica
 T : Periodo fundamental de la estructura
 T_P : Periodo que define la plataforma del factor C

2.2.3.3.4. Criterios de combinación

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 indican que para la obtención de la respuesta máxima esperada “r” de las fuerzas internas de los elementos estructurales y los parámetros globales del edificio tales como la fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso; se emplearán los métodos de combinación especificados a continuación:

✓ Combinación cuadrática completa (CQC).

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i * \rho_{ij} * r_j} \quad (2.18)$$

$$\rho_{ij} = \frac{8 * \beta^2 * (1 + \lambda) * \lambda^{3/2}}{(1 - \lambda^2)^2 + 4 * \beta^2 * \lambda * (4 + \lambda)^2} \quad (2.19)$$

$$\lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i} \quad (2.20)$$

Donde:

- r : Respuesta elástica máxima esperada
 r_i : Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo “i”
 β : Fracción de amortiguamiento crítico, se puede suponer constante con un valor de 0,05 para todos los modos.
 ω_i : Frecuencias angulares de los modos “i”, “j”

✓ **Raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS).**

$$r = 0,25 * \sum_{i=1}^m |r_i| + 0,75 * \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2} \quad (2.21)$$

Donde:

r : Respuesta elástica máxima esperada

r_i : Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo “i”

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 considera para el cálculo de la respuesta máxima esperada, como primer método al de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) y tiene como método alternativo al de la combinación cuadrática completa (CQC). Mientras que para las versiones del 2016 y 2018 consideran como método principal al de la combinación cuadrática completa (CQC) y dejan como método alternativo al de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS).

2.2.3.3.5. Fuerza cortante mínima

De acuerdo con lo establecido por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018, para cada dirección de análisis, la fuerza cortante del primer entrepiso obtenida mediante el método dinámico al ser comparada con el valor obtenido por el método estático no podrá ser menor que el 80% en estructuras regulares, ni menor al 90% en estructuras irregulares. Además, especifican que de ser necesario se realizará un incremento al cortante para generar los mínimos establecidos mediante una escala proporcional para todos los resultados obtenidos, a excepción de los desplazamientos.

2.2.3.3.6. Excentricidad accidental

Al igual que para el análisis estático, las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 consideran adicionar una excentricidad accidental, perpendicular a la dirección de análisis, en el centro de masas de cada nivel correspondiente a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la del análisis, siempre considerando en cada caso el signo más desfavorable.

2.2.4. Desplazamientos laterales relativos

El desplazamiento lateral relativo es representado como la diferencia entre los desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos, generado por las acciones sísmicas que actúan en la estructura de la edificación, incluyendo además las deformaciones por traslación directa y traslación por torsión (Cutipa 2018).

La versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 determina que para el cálculo de los desplazamientos laterales se multiplicarán a los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas por 0,75 veces el factor de reducción de fuerzas sísmicas “R”, independiente de la irregularidad de la estructura.

Para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 se realizará la multiplicación de los resultados por el 75% del coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas “R” para las estructuras que sean regulares, mientras que para las estructuras irregulares se considerará el 100% del coeficiente “R”.

Finalmente, para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, presenta una variación con respecto a la versión del 2016 para el caso de las estructuras irregulares en las cuales considera solamente al 85% del coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”.

Para el cálculo de estos valores, las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 especifican que en ningún caso se tendrá en cuenta a la fuerza cortante mínima en la base.

2.2.4.1. Desplazamientos laterales relativos permisibles

Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 especifican a los valores máximos de los desplazamientos laterales que puede tener una estructura en función al material predominante de esta (Tabla N° 14).

Tabla N° 14.

Límites para la distorsión del entrepiso

Material predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

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

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2003,2016 y 2018)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ❖ **Análisis dinámico:** consiste en representar las solicitaciones sísmicas mediante un espectro de pseudo aceleraciones a través del uso de modos de vibración, en el cual se va variando la masa participativa, para finalmente hacer una combinación de las respuestas obtenidas aplicando un criterio matemático de combinación. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, 2018)
- ❖ **Análisis estático:** consiste en la representación de las solicitaciones sísmicas en forma de fuerzas laterales, las cuales son aplicadas en el centro de masa de cada entrepiso de la edificación y además la aplicación de un momento torsor accidental en cada uno de estos. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente 2018).
- ❖ **Configuración estructural:** definido por la distribución de los elementos estructurales en forma horizontal y vertical de una edificación en función al tipo de material, geometría y localización de estos.
- ❖ **Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas:** representa la capacidad de absorción y disipación de energía sísmica en función al tipo de material predominante del sistema estructural de la edificación. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente 2018).
- ❖ **Desplazamiento lateral relativo:** definido como la diferencia de los desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos con respecto a la altura de entrepiso generados al aplicar fuerzas sísmicas a la edificación.
- ❖ **Estructuras irregulares:** son aquellas estructuras cuya configuración estructural resistente a fuerzas laterales no poseen una configuración simétrica, o en su defecto presentan una o más discontinuidades significativas en algún plano que repercutan directamente en la rigidez o resistencia de la estructura. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente 2018).
- ❖ **Estructuras regulares:** son aquellas estructuras que en su configuración estructural resistente a las fuerzas laterales poseen una configuración simétrica, además no presentan discontinuidades significativas tanto en el plano horizontal como en el vertical que repercutan en la rigidez o resistencia de la estructura (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente 2018).
- ❖ **Factor de amplificación del suelo:** es el factor asignado que amplifica las acciones de las ondas sísmicas en la estructura en función al tipo de suelo y la ubicación de esta. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente 2018).

- ❖ **Factor de amplificación sísmica:** es el factor que determina la amplificación de la aceleración, que recibe la estructura en su cimentación, en función al periodo de vibración de la estructura y al tipo de suelo de fundación (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente 2018).
- ❖ **Factor de uso o importancia:** es el factor asignado que amplifica las acciones sísmicas en la estructura en función al nivel de importancia y uso de cada tipo de edificación. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente 2018).
- ❖ **Factor de zona:** representa la aceleración máxima horizontal en el suelo rígido con una probabilidad del diez por ciento de ser excedida en cincuenta años, expresado como una fracción de la aceleración de la gravedad en función a la ubicación en el territorio nacional (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).
- ❖ **Onda sísmica:** definida como la perturbación que se propaga desde el punto donde se origina, foco o hipocentro, a través del medio que lo rodea transportando energía mecánica hasta disiparse completamente. (Instituto Geofísico del Perú).
- ❖ **Respuesta estructural:** representa el conjunto de desplazamientos relativos de entrepiso generados en los modos de vibración de una edificación al ser afectada por sollicitaciones sísmicas. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).
- ❖ **Sismo:** definido como el proceso de generación y liberación de energía para posteriormente propagarse en forma de ondas por el interior de la tierra (Instituto Geofísico del Perú).
- ❖ **Sistema estructural:** está definido por la distribución, geometría, localización y las características físicas y mecánicas de los materiales de los elementos estructurales de una edificación que actúan frente a las acciones sísmicas. (Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, 2018).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

3.1.1. Ubicación de la investigación

El lugar del proyecto de investigación corresponde al de la galería comercial “Leguía” ubicado en el Jr. Leguía N°521 con coordenadas UTM en E: 0774254 y N: 9208887.

- País : Perú
- Región : Cajamarca
- Provincia : Cajamarca
- Distrito : Cajamarca

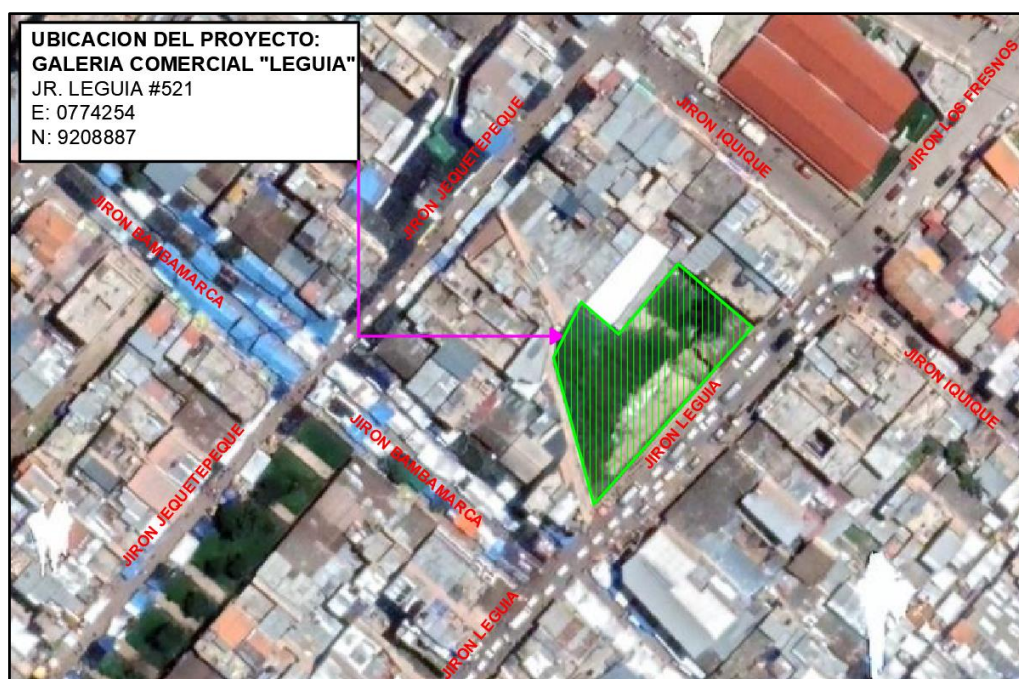


Figura N° 05. *Ubicación del proyecto*

Fuente: Google Earth (2022)

3.2. Época de la investigación

La investigación se desarrolló desde el mes de agosto del 2022 hasta el mes de diciembre del 2022.

3.3. Metodología de la investigación

3.3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada.

3.3.2. Nivel y diseño de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo, su diseño es no experimental y con enfoque cuantitativo. Debido a que se considera estimar los parámetros que representan a la respuesta estructural generadas por la aplicación de la Norma Técnica E.030 correspondiente a las versiones del 2003, 2016 y 2018 de una población específica definida como el proyecto de la galería comercial “Leguía”.

3.3.3. Método de investigación

El método de investigación para el estudio es el hipotético deductivo.

3.3.4. Población de estudio

La población de estudio está constituida por el proyecto de la edificación de la galería comercial “Leguía” ubicada en el Jirón Leguía N° 521, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.

3.3.5. Muestra

La selección de la muestra se realizó al emplear un muestreo no probabilístico de tipo intencional por lo que la muestra coincide con la población de estudio.

3.3.6. Unidad de análisis

La unidad de análisis se considera la estructura del proyecto de la edificación de la galería comercial “Leguía” la cual consta de cinco niveles, un área de terreno irregular de 970.21m² y un área techada de 4,667.20 m².

3.3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.7.1. Técnicas

Se emplearon las siguientes técnicas:

- ✓ Análisis documental: se realizó en base al análisis de información de fuentes documentales para poder determinar los parámetros sísmicos en función a las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 y así generar los espectros sísmicos.
- ✓ Observación estructurada: se observó cómo van variando los parámetros sísmicos en función a las versiones de la Norma Técnica E.030 2003, 2016 y 2018 con respecto la edificación en estudio para posteriormente registrar la información en tablas.

- ✓ Análisis comparativo: se realizó la comparación de los resultados de la respuesta estructural de la edificación en estudio al ser generados por la Norma Técnica E.030 correspondiente a las versiones del 2003, 2016 y 2018.

3.3.7.2. Instrumentos

Se utilizaron los siguientes instrumentos en base a las técnicas empleadas:

- Hoja de cálculo “Excel”: para la realización de los cálculos del predimensionamiento de los elementos estructurales, determinación de los espectros sísmicos y hacer los cuadros y gráficos comparativos.
- Software “Etabs”: Para la realización de los análisis sísmicos de cada caso generado por la Norma Técnica E.030 correspondiente a las versiones del 2003, 2016 y 2018 y la obtención de resultados de la respuesta sísmica.
- Software “AutoCAD”: Para la determinación de la estructuración de la edificación en función a la arquitectura presentada y obtención de las áreas de influencia en columnas, longitudes de luces libres para los elementos vigas, escaleras, losas aligeradas y macizas.

3.4. Procedimiento de la investigación

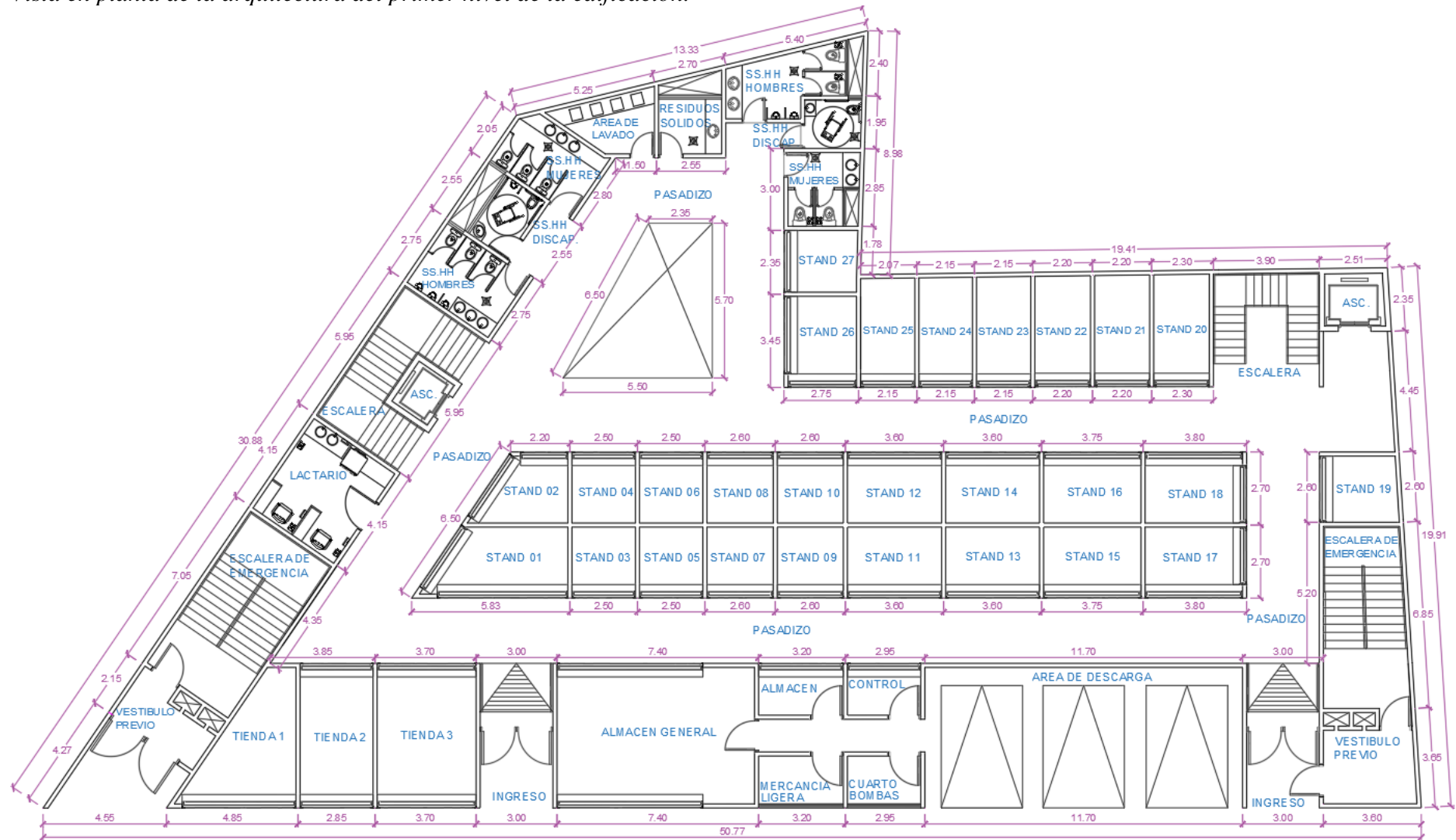
Se desarrolló en primer lugar la estructuración y el predimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio, en función a la arquitectura del proyecto, para luego realizar el modelado de la edificación en el software Etabs y la asignación de los diferentes tipos de cargas en los elementos estructurales. Posteriormente se determinaron los parámetros sísmicos para la Norma Técnica E.030 correspondiente a las versiones del 2003, 2016 y 2018 y así generar los espectros de diseño respectivamente. A continuación, se realizó el análisis dinámico teniendo en cuenta las respectivas consideraciones y finalmente se compararon los resultados obtenidos para cada caso en estudio.

3.4.1. Estructuración de la edificación

El proyecto de la edificación en estudio denominado galería comercial “Leguía” consta de cinco niveles con ubicación en el Jirón Leguía N° 521, distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. Esta edificación cumple con los requisitos arquitectónicos reglamentarios y el uso de cada nivel es de comercio.

Figura N° 06.

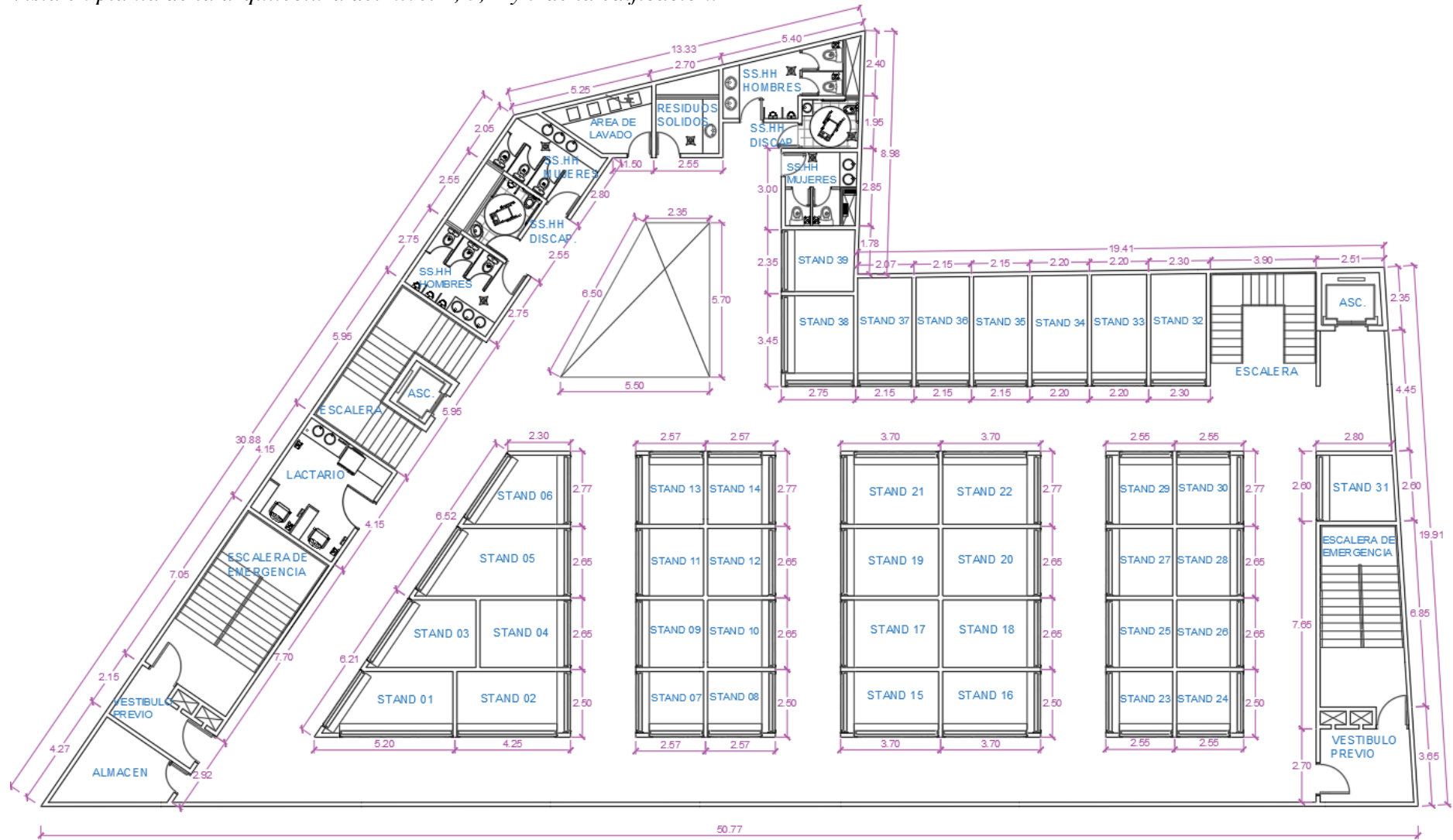
Vista en planta de la arquitectura del primer nivel de la edificación.



Fuente: PARLOZ Ingeniería y construcción (2022)

Figura N° 07.

Vista en planta de la arquitectura del nivel 2, 3, 4 y 5 de la edificación.



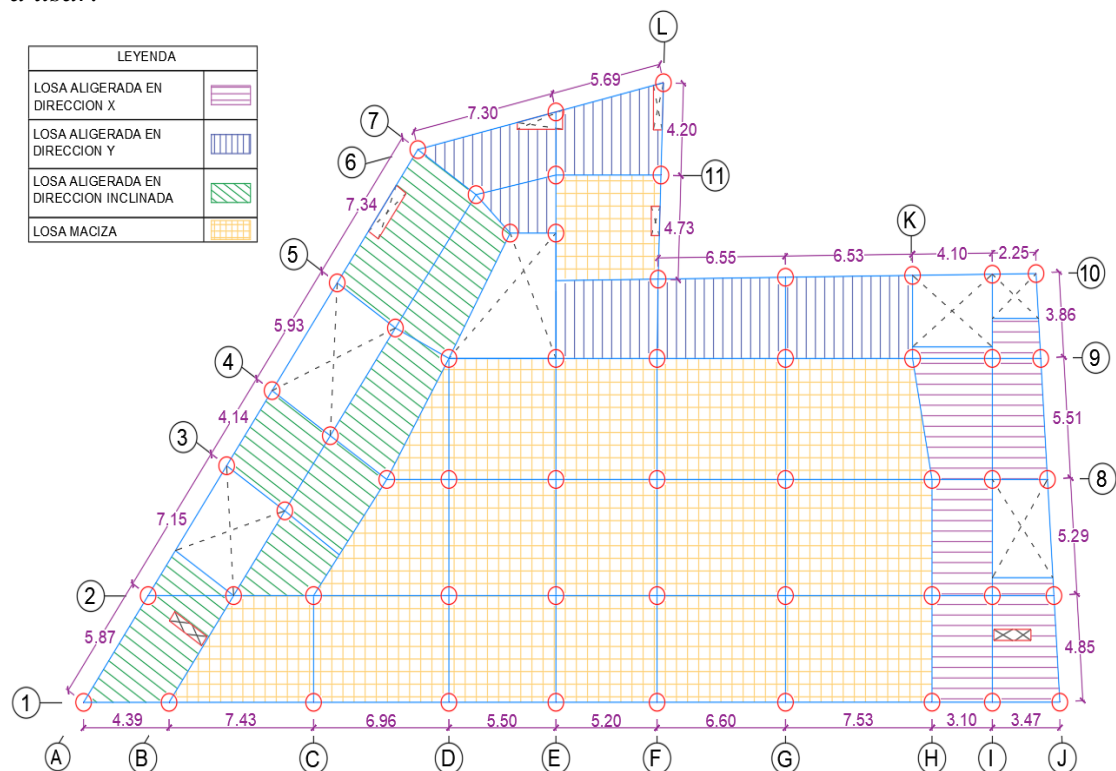
Fuente: PARLOZ Ingeniería y construcción (2022)

La estructuración se realizó en función a los planos arquitectónicos, considerando que los elementos estructurales de columnas no afecten en la distribución de los ambientes, así mismo, las placas se ubicaron en las cajas de los ascensores y en las escaleras de emergencia.

De igual forma, las vigas se ubicaron en función a la distribución de las columnas y los sistemas de entrepiso están conformados por losas aligeradas en una dirección para luces pequeñas, mientras que para luces de mayor dimensión se consideraron losas macizas de concreto armado.

Figura N° 08.

Vista en planta de los ejes de los elementos estructurales y tipos de losas de entrepiso a usar.



3.4.2. Predimensionamiento de los elementos estructurales

3.4.2.1. Predimensionamiento de vigas

La Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009) considera los peraltes mínimos para las vigas no pre esforzadas o losas reforzadas en una dirección, en función a los apoyos en los extremos del elemento, para no realizar la verificación por deflexiones, siendo:

Tabla N° 15.

Espesores mínimos para vigas no pre esforzadas o losas reforzadas en una dirección.

	Espesor o peralte mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18,5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009)

Sin embargo, (Blanco, 1994) menciona como criterio de predimensionamiento a la fórmula 3.01 para las vigas que van a soportar acciones sísmicas. Además este método cumple con lo establecido por la Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009) al general resultados mayores al mínimo establecido.

Debido a ello, se realizó el predimensionamiento de las vigas considerando las luces más críticas de cada eje, la para el cálculo del peralte se optó por:

$$h = \frac{L}{10} \quad (3.01)$$

Donde:

h : Peralte de viga

L : Luz libre

Mientras que para el ancho de la viga se consideró entre un 30 y 50% del peralte, teniendo como dimensión mínima la de 25 cm establecida por la Norma Técnica E.030 Concreto Armado (2009) A continuación, se presenta el cálculo del predimensionamiento de la sección para las vigas del Eje 1, cuya luz libre más crítica es de 7.53 metros:

$$h = \frac{7.53 \text{ m}}{10}$$

$$h \approx 0.75 \text{ m}$$

La base se consideró el 50% del peralte:

$$b = \frac{0.75}{2}$$

$$b = 0.375 \text{ m}$$

$$b \approx 0.40 \text{ m}$$

Finalmente, la sección de viga para el Eje 1 quedó de 0.40 m x 0.75 m. En el Anexo 01 se muestran los resultados obtenidos para el resto de las vigas. Además, estas se tuvieron en cuenta para realizar el predimensionamiento de las columnas, cuyas dimensiones no tuvieron que exceder al ancho de la base de las vigas calculadas en el Anexo 01 para que así exista una correcta distribución del acero de refuerzo en las conexiones de viga-columna.

3.4.2.2. Predimensionamiento de losas aligeradas

La Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009), expresa de manera referencial a los valores para el predimensionamiento de estos elementos indicados en la Tabla N°15 para no realizar la verificación por deflexiones

Sin embargo, Ambrocio (2015) se plantea que para el predimensionamiento de losas aligeradas se puede emplear el criterio por sobrecargas establecido en la Tabla N°16, ya que a su vez estos valores cumplen con los mínimos especificados por la Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009).

Tabla N° 16. Peralte de losas aligeradas por criterio de sobrecargas

S/C	150	200	250	300	350	400	450	500
h	L/30	L/28	L/26	L/24	L/22	L/21	L/20	L/19

Fuente: Ambrocio Barrenechea, Patrick. Dibujo de estructuras (2015)

Donde:

S/C : Sobrecarga de entrepiso en Kg/m²

L : Luz libre

h : Peralte de la losa aligerada

Además, para comprobar el predimensionamiento de la losa aligerada se realizó la revisión y verificación por corte mediante el empleo de las expresiones:

$$Vu = 1.15 * Wu * Ln/2 \quad (3.02)$$

$$Vud = Vu - Wu * d \quad (3.03)$$

$$\phi V_c = 1.1 * 0.85 * 0.53 * \sqrt{F'_c} * b_w * d \quad (3.04)$$

Donde:

- Vu : Cortante último
- Wu : Carga última distribuida
- Ln : Luz libre
- Vud : Cortante a “d” de la cara
- d : Peralte efectivo de vigueta
- ϕV_c : Cortante admisible del concreto
- F’c : Resistencia a compresión del concreto
- bw : Ancho de vigueta

La condición asignada para que el predimensionamiento sea el correcto debe ser que el cortante admisible sea mayor al cortante a “d” de la cara.

3.4.2.2.1. Losas aligeradas en dirección X:

De acuerdo con la Norma Técnica E.020 Cargas (2006) se obtuvo una sobrecarga de entepiso de 500 Kg/m² debido a que se trata de una galería comercial, además la luz libre más crítica considera para esta dirección resulto ser de 3.30 metros, por lo que al hacer uso de la Tabla N° 16 se calculó:

$$h = \frac{3.30 \text{ m}}{19}$$

$$h = 0.174 \text{ m}$$

$$h \approx 0.20 \text{ m}$$

Se consideró un peralte de 0.20 metros para posteriormente realizar la comprobación por corte, considerando una resistencia a compresión del concreto de 210 Kg/cm² y las cargas asignadas por la Norma Técnica E.020 Cargas (2006):

Tabla N° 17.

Cargas para comprobación por cortante en losas aligeradas

Carga	Carga Repartida (Kg/m ²)
Sobrecarga por uso	500
Peso propio aligerado (20cm)	300
Peso propio piso terminado	100
Peso propio tabiquería	100

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.020 Cargas (2006)

El ancho de influencia de una vigueta es de 40 cm por lo que las cargas ultima repartida se calculó mediante la expresión:

$$Wu = 1.4 * WD * 0.40 + 1.7 * WL * 0.40 \quad (3.05)$$

Donde:

Wu : Carga última distribuida (Kg/m)

WD : Carga muerta (Kg/m²)

WL : Carga viva (Kg/m²)

Al reemplazar los datos obtenidos anteriormente se determinó:

$$Wu = 1.4 * (300 + 100 + 100) * 0.40 + 1.7 * (500) * 0.40$$

$$Wu = 620 \text{ Kg/m}$$

Posteriormente se aplicaron las fórmulas 3.02, 3.03 y 3.04 para la comprobación por cortante.

$$Vu = 1.15 * 620 * 3.30/2$$

$$Vu = 1,176.45 \text{ Kg}$$

$$Vud = 1,176.45 - 620 * (0.20 - 0.025)$$

$$Vud = 1,067.95 \text{ Kg}$$

$$\phi Vc = 1.1 * 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 10 * (20 - 2.5)$$

$$\phi Vc = 1,256.71 \text{ Kg}$$

$$\phi Vc > Vud \dots \text{Cumple}$$

Por lo tanto, el predimensionamiento de la losa aligerada de 20 cm en dirección X es correcto.

3.4.2.2.2. Losas aligeradas en dirección Y:

Se realizó el mismo procedimiento que el utilizado para las losas aligeradas en dirección X teniendo en cuenta una luz libre máxima de 3.38 metros y se obtuvo una altura de aligerado de 20 cm. (Ver Anexo 02)

3.4.2.2.3. Losas aligeradas en dirección inclinada:

La luz libre máxima para este tipo de losas es de 3.23 metros y al realizar el procedimiento anteriormente descrito se obtuvo una altura de aligerado de 20 cm. (Ver Anexo 02)

3.4.2.3. Predimensionamiento de losas macizas

Para el predimensionamiento de losas macizas se determinó de acuerdo con el Instituto Americano del Concreto 2019, en el cual el espesor mínimo de las losas macizas en dos direcciones viene dado por la expresión:

$$e = \frac{L1 * \left(0.8 + \left(\frac{Fy}{14000} \right) \right)}{36 + 9\beta} \quad (3.06)$$

$$\beta = \frac{L1}{L2} \quad (3.07)$$

Donde:

- e : Espesor mínimo en metros.
- L1 : Luz mayor del paño en metros.
- L2 : Luz menor del paño en metros.
- F'y : Límite de fluencia del acero en Kg/cm²
- β : Relación de la luz libre mayor del paño con respecto a la menor

Además, se menciona que para que la losa maciza este considerada en dos direcciones la relación β debe ser menor a 2.

Las luces mayor y menor del paño más crítico correspondiente a la edificación en estudio fueron de 7.23 y 4.88 metros respectivamente, y la fluencia del acero considerada para el acero estructural grado 60 es de 4200 Kg/cm², por lo que al reemplazar en las fórmulas anteriores se obtuvo:

$$\beta = \frac{7.23}{4.88}$$

$$\beta = 1.48 < 2$$

Losa maciza en dos direcciones

$$e = \frac{7.23 * \left(0.8 + \left(\frac{4200}{14000} \right) \right)}{36 + 9 * 1.48}$$

$$e = 0.161 \text{ m}$$

$$e \approx 0.20 \text{ m}$$

Por lo tanto, se optó por hacer uso de una losa maciza en dos direcciones con un espesor de 20 cm.

3.4.2.4. Predimensionamiento de columnas

Morales (2006) especifica un procedimiento para el predimensionamiento de columnas en función a la ubicación de estas, a la carga de servicio por área tributaria de cada una y a la resistencia a compresión del concreto, el cual queda expresado a continuación:

Tabla N° 18.

Predimensionamiento de columnas

Tipo de columna	Área de la sección de la columna
Columna central (Primeros pisos)	$b * D = \frac{1.10 * P_G}{0.30 * F'_c}$
Columna central (Últimos cuatro pisos)	$b * D = \frac{1.10 * P_G}{0.25 * F'_c}$
Columnas externas o laterales	$b * D = \frac{1.25 * P_G}{0.25 * F'_c}$
Columnas de esquina	$b * D = \frac{1.50 * P_G}{0.20 * F'_c}$

Fuente: Morales Morales, Roberto. Diseño en concreto armado (2006)

Donde:

- D : Dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna
- b : La otra dimensión de la sección de la columna.
- P_G : Peso total por cargas de gravedad que soporta la columna
- F'_c : Resistencia a compresión del concreto

De acuerdo con el procedimiento mencionado anteriormente, se procedió a la identificación de las áreas tributarias para cada columna propuesta en la fase de estructuración y se agrupó en función a áreas tributarias similares y tipo de columnas.

La resistencia a compresión del concreto considerada fue de 210 Kg/cm², para la determinación del peso total por columna se utilizaron los valores de la Tabla N° 17 y de manera inicial se consideró una carga por peso propio de columnas y vigas de concreto armado de 100 Kg/m² respectivamente. Para el caso de las columnas laterales C-8, cuya área tributaria más crítica fue de 16.78 m², se determinó:

$$P_G = N^\circ \text{ pisos} * \text{Total cargas} * \text{Area tributaria} \quad (3.08)$$

$$P_G = 5 * (300 + 100 + 100 + 100 + 100 + 500) * 16.78$$

$$P_G = 100,680 \text{ Kg}$$

$$b * D = \frac{1.25 * 100,680 \text{ Kg}}{0.25 * 210 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$b * D = 2,397.14 \text{ cm}^2$$

Considerando a D= 65 cm:

$$b = \frac{2,397.14}{65.00} \text{ cm}$$

$$b \approx 40.00 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la sección predimensionada para las columnas laterales C-8 fueron de 40 cm x 65 cm, en el Anexo 03 se presentan los cálculos para el resto de las columnas, teniendo en consideración lo establecido para el ancho mínimo en el apartado de predimensionamiento de vigas.

3.4.2.5. Predimensionamiento de placas

La Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009) indica que el espesor mínimo para este tipo de elementos es de 15 cm, por lo que se establecieron placas con un espesor de 20 cm en las cajas de los ascensores y en las escaleras de emergencia.

3.4.2.6. Predimensionamiento de escaleras

Morales (2006) indica que el espesor de la garganta en escaleras se calcula mediante el uso de la expresión:

$$t = \frac{Ln}{25} \approx \frac{Ln}{20} \quad (3.09)$$

Donde:

t : Espesor de la garganta

Ln : Luz libre entre apoyos de la escalera

La luz libre considerada para el predimensionamiento fue de 4.50 metros al reemplazar en la fórmula anterior se obtuvo:

$$t = \frac{4.50}{25} ; t = \frac{4.50}{20}$$

$$t = 0,18 \text{ m} ; t = 0,225 \text{ m}$$

$$t \approx 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto, el espesor de la garganta en las escaleras quedo definido de 20 cm.

3.4.3. Metrado de cargas

Para la determinación de cargas que están actuando en los elementos estructurales se consideró lo establecido por la Norma Técnica Peruana E.020 Cargas (2006), clasificándolas en cargas muertas y cargas vivas:

Tabla N° 19.

Cargas muertas en la edificación

Carga	Carga o peso unitario
Peso propio concreto armado	2,400 kg/m ³
Peso propio aligerado (e= 20 cm)	300 kg/m ²
Peso propio piso terminado (e = 5 cm)	100 kg/m ²
Albañilería de unidades sólidas	1,800 kg/m ³
Albañilería de unidades huecas	1,350 kg/m ³

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.020 Cargas (2006)

Tabla N° 20.

Cargas vivas en la edificación

Carga	Carga o peso unitario
Sobrecarga por uso (Comercial)	500 kg/m ²
Sobrecarga por uso (Azotea)	100 kg/m ²

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.020 Cargas (2006)

Debido a que se conoce la ubicación de los tabiques, estos quedaron expresados como cargas distribuidas por metro lineal mediante la expresión:

$$W_{\text{tabiquería}} = \gamma_{\text{ladrillo}} * \text{Altura} * \text{Ancho} \quad (3.10)$$

Se obtuvo la carga distribuida para los tabiques de cada nivel con un ancho de 15 cm y una altura de 3 metros, mientras que para los parapetos de acuerdo con el plano arquitectónico se tuvo una altura de 1.5 metros. En ambos casos se consideró el uso de unidades de albañilería sólidas.

$$W_{\text{tab: 3.00 metros}} = 1,800 \text{ Kg/m}^3 * 3.00 \text{ m} * 0.15 \text{ m}$$

$$W_{\text{tab: 3 metros}} = 810 \text{ Kg/m}$$

$$W_{\text{tab: 1.50 metros}} = 1,800 \text{ Kg/m}^3 * 1.50 \text{ m} * 0.15 \text{ m}$$

$$W_{\text{tab: 1.50 metros}} = 405 \text{ Kg/m}$$

Para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto armado, la Norma Técnica E.060 Concreto Armado (2009) indica la expresión:

$$E_c = 15,000 * \sqrt{F'_c} \quad (3.11)$$

Donde:

E_c : Módulo de elasticidad del concreto en kg/cm^2

F'_c : Resistencia a compresión del concreto en kg/cm^2

Al usar una resistencia a compresión de $210 kg/cm^2$ se obtuvo:

$$E_c = 15,000 * \sqrt{210}$$

$$E_c = 217,370.651 kg/cm^2$$

Luego se procedió con la definición de las secciones de los elementos estructurales, teniendo en cuenta el predimensionamiento inicial, en función al tipo de elemento y material considerado por el software ETABS v19 como se indica a continuación:

Tabla N° 22.

Tipos de elementos estructurales considerados en ETABS v19.

ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO
Columnas	Frame
Vigas	Frame
Losas aligeradas	Slab - Ribbed
Losas macizas	Slab - Slab
Escaleras	Slab - Slab
Placas	Wall

Finalmente se realizó el modelamiento de los elementos estructurales, anteriormente definidos, teniendo en cuenta las respectivas consideraciones arquitectónicas.

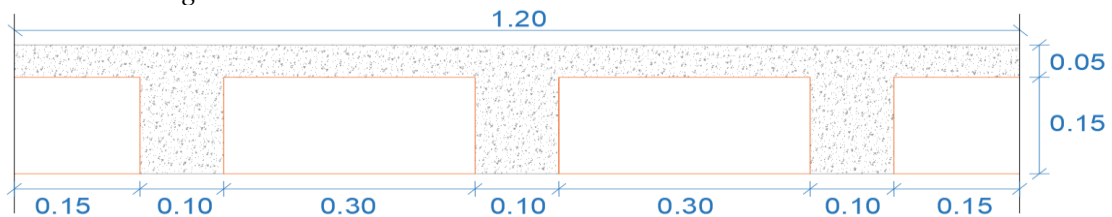
3.4.4.2. Asignación de cargas

Se procedió con la definición y asignación de cargas muertas y vivas, calculadas previamente de acuerdo con la Norma Técnica E.020 Cargas (2006), en los elementos estructurales. Sin embargo, el software para el caso de las losas aligeradas no considera el peso del ladrillo de techo por lo que este se calculó mediante la expresión:

$$\text{Peso ladrillo} = \text{Peso aligerado} - \text{Peso concreto} \quad (3.12)$$

Para determinar el volumen del concreto se consideró la sección presentada en la Figura N° 12:

Figura N° 12.
Sección de aligerado de 20 cm de altura.



$$\text{Peso concreto} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{(0.15\text{m} * 0.10\text{m} * 3 + 1.20\text{m} * 0.05\text{m})}{1.20\text{m}}$$

$$\text{Peso concreto} = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso ladrillo} = 300 \text{ kg/m}^2 - 210 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso ladrillo} = 90 \text{ kg/m}^2$$

Por lo que se adicionó a las cargas muertas el correspondiente al ladrillo de techo de 90 kg/m².

Para el caso de las gradas en las escaleras también se calculó el peso del concreto correspondiente mediante la expresión:

$$\text{Peso gradas} = \frac{\text{Contrapaso}}{2} * \text{Peso concreto} \quad (3.13)$$

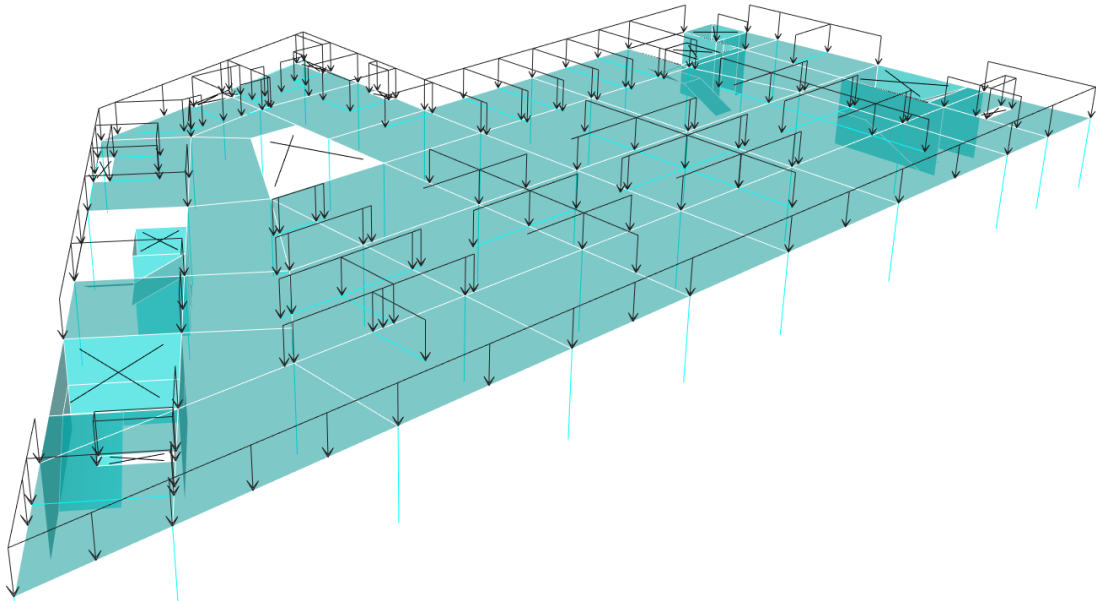
$$\text{Peso gradas} = \frac{0.15\text{m}}{2} * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso gradas} = 180 \text{ kg/m}^2$$

Además, debido a que se conoce la ubicación de los tabiques, las cargas se colocaron de forma distribuida por metro lineal en cada entrespejo, estas fueron calculadas de manera preliminar en el metrado de cargas.

Figura N° 13.

Vista en 3D de las cargas distribuidas por los tabiques aplicadas en el cuarto piso en el software ETABS.

**3.4.4.3. Consideraciones adicionales**

Después de haber realizado el modelado de la geometría de la edificación y la asignación de los diferentes tipos de cargas se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Se asignaron las restricciones en la base a los elementos estructurales tipo columnas y placas mediante apoyos empotrados, mientras que para las escaleras se consideraron apoyos fijos.
- ✓ Para cada entrepiso se asignó una restricción de diafragmas rígidos para poder obtener los centros de masas y desplazamientos de cada nivel.
- ✓ En los elementos tipo viga y columna se implementó la restricción de brazos rígidos en los nudos.
- ✓ Para la definición de la masa de la edificación se consideró lo especificado por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018, teniéndose un 100% de las cargas propias y permanentes, un 50% de la carga viva por tratarse de una edificación del tipo B “Importante” y un 25 % de la carga de la azotea.
- ✓ Además, en la definición de la masa se consideró la excentricidad del 5% en las direcciones “X” y “Y”.

3.4.5. Análisis sísmico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018

3.4.5.1. Parámetros sísmicos

De acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, los parámetros sísmicos para la edificación en estudio, según sus características, fueron:

Tabla N° 23.

Parámetros sísmicos con la Norma Técnica E.030 del 2018.

FACTOR	CONDICION	VALOR
Factor de zona “Z”	Pertenece a zona sísmica 3	0,35
Factor de uso “U”	Pertenece a la categoría “B” de edificación Importante	1,30
Factor de suelo “S”	Se trata de un suelo tipo s3 y pertenece a la zona 3.	1,20
Período T_P (s)	Se trata de un suelo tipo s3	1,00
Período T_L (s)	Se trata de un suelo tipo s3	1,60

Para el coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas “ R_0 ” se consideró de forma preliminar un sistema estructural dual en la dirección en “X”, correspondiente a un coeficiente de 7, mientras que para la dirección en “Y” se consideró un sistema de muros estructurales con un valor de 6.

Las irregularidades de la estructura se determinaron en función a lo establecido por la versión de la norma, sin embargo, ciertas irregularidades se comprobaron después de haber realizado el análisis dinámico debido a que estas se encuentran en función a los resultados de este.

➤ **Irregularidades en altura:**

✓ **Irregularidad de Rigidez – Piso blando**

Se determinó después de haber realizado un primer análisis sísmico.

✓ **Irregularidad de Resistencia – Piso Débil**

Se determinó después de haber realizado un primer análisis sísmico.

✓ **Irregularidad de Masa o Peso**

De acuerdo con la masa sísmica definida inicialmente, se obtuvo en el software ETABS:

Tabla N° 24.*Irregularidad de masa o peso con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.*

PISO	PESO (Tn)	PROPORCION
5	931.98	-
4	1346.86	1.45
3	1346.86	1.00
2	1346.86	1.00
1	1346.86	1.00

Como las proporciones son menores a 1.50 y este criterio no se tuvo en consideración para el piso 5 por ser de azotea, se determinó que no existe esta irregularidad.

✓ **Irregularidad Geométrica Vertical**

De acuerdo con la arquitectura de la edificación, al tratarse de una configuración de piso típico en altura, no existió esta irregularidad.

✓ **Discontinuidad en los Sistemas Resistentes**

De acuerdo con la configuración estructural, los elementos verticales no presentan desalineamiento vertical por lo que no existió esta irregularidad.

Debido a que no existieron irregularidades en altura de manera inicial, se consideró el factor de irregularidad en altura de 1,00 para ambas direcciones de análisis.

➤ **Irregularidades en planta:**

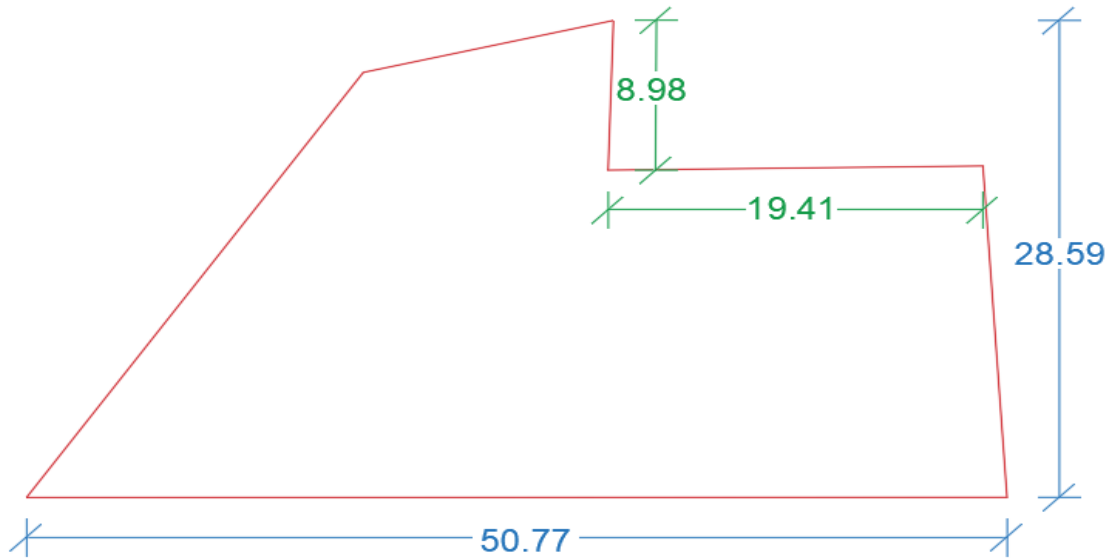
✓ **Irregularidad Torsional**

Se determinó después de haber realizado un primer análisis sísmico.

✓ **Esquinas Entrantes**

De acuerdo con la arquitectura de la edificación se calculó el porcentaje de las esquinas entrantes, mediante:

Figura N° 14.
Geometría en planta de la edificación en estudio.



$$Es_X = \frac{\text{Longitud esquina en X}}{\text{Longitud total}} \times 100 \% \quad (3.14)$$

$$Es_X = \frac{19.41 \text{ m}}{50.77 \text{ m}} \times 100 \%$$

$$Es_X = 38.23\%$$

$$Es_Y = \frac{\text{Longitud esquina en Y}}{\text{Longitud total}} \times 100 \% \quad (3.15)$$

$$Es_Y = \frac{8.98 \text{ m}}{28.59 \text{ m}} \times 100 \%$$

$$Es_Y = 31.40 \%$$

Como el porcentaje de esquinas entrantes resultó mayor al 20%, se comprobó la existencia de esta irregularidad con un factor de 0,90 en ambas direcciones de análisis.

✓ **Discontinuidad del Diafragma**

Se comprobó la existencia de esta irregularidad mediante la expresión:

$$\%_{\text{Aberturas}} = \frac{\text{Área aberturas}}{\text{Área bruta diafragma}} \times 100 \% \quad (3.16)$$

$$\%_{\text{Aberturas}} = \frac{98.59 \text{ m}^2}{933.14 \text{ m}^2} \times 100 \%$$

$$\%_{\text{Aberturas}} = 10.57 \%$$

Como el porcentaje de aberturas es menor al 50% se determinó que no existe la irregularidad.

✓ **Sistemas no Paralelos**

De acuerdo con la configuración estructural los elementos estructurales en los ejes A y B presentan ángulos no paralelos al resto de estos con un ángulo de inclinación de 55.62° con respecto al eje “X” y uno de 34.38° con respecto al eje “Y”, por lo que al ser mayor que 30% se determinó la existencia de esta irregularidad con un factor de 0,90 en ambas direcciones de análisis.

De manera inicial se comprobó la existencia de dos irregularidades en planta: Esquinas Entrantes y Sistemas No Paralelos, por lo que el factor de irregularidad en planta, para ambas direcciones, resultó ser el menor de ellos, que en este caso son iguales a 0,90.

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”, para ambas direcciones de análisis, quedó definido por la expresión (2.5):

$$R_X = 7 * 1.00 * 0.90$$

$$R_X = 6.30$$

$$R_Y = 6 * 1.00 * 0.90$$

$$R_Y = 5.40$$

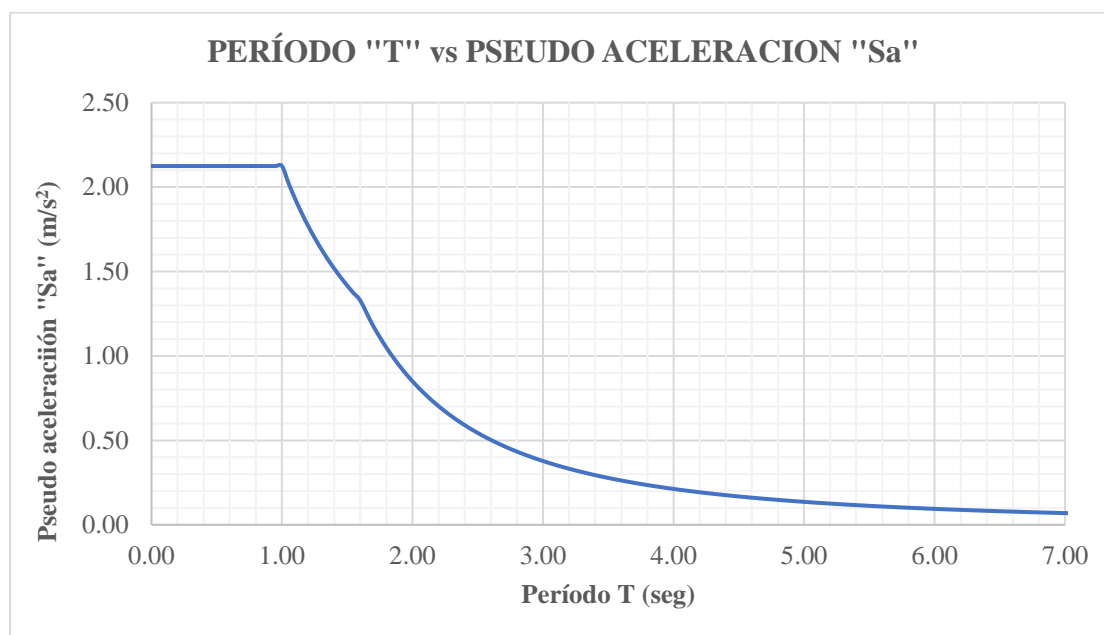
3.4.5.2. Espectro inelástico de pseudo aceleraciones

Para la determinación de los espectros se utilizó la expresión (2.16) con los parámetros sísmicos definidos anteriormente, además, para el caso del factor de amplificación sísmica se consideraron las expresiones (2.2), (2.3) y (2.4) mediante tabulaciones en función al período de vibración de la estructura (Ver Anexo 04 y 05).

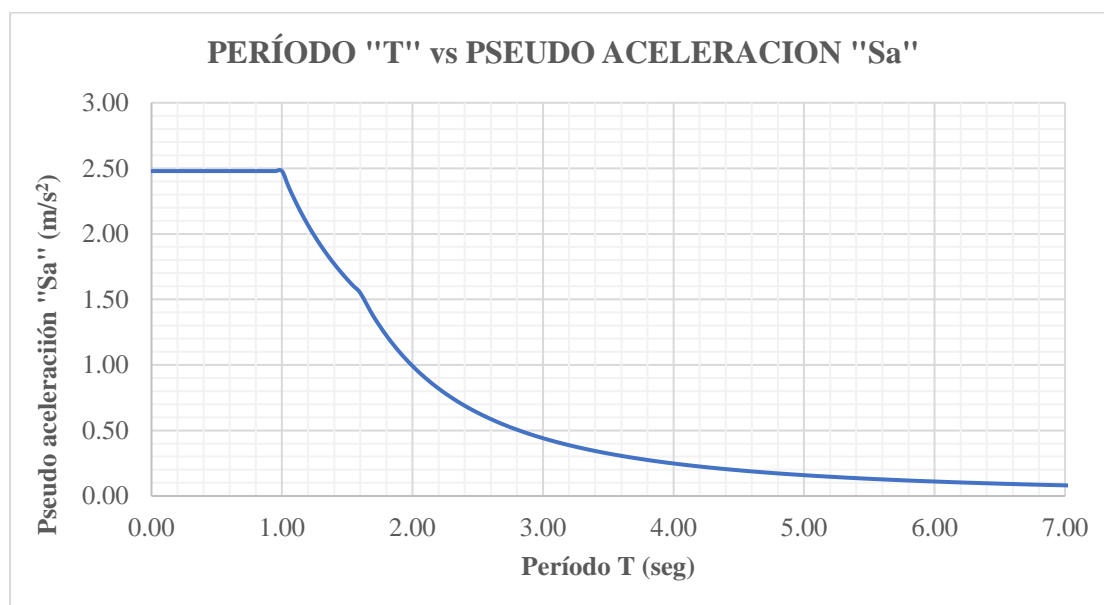
Debido a que los parámetros son diferentes en ambas direcciones de análisis, se generaron dos espectros de pseudo aceleraciones:

Figura N° 15.

Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección "X" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

**Figura N° 16.**

Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección "Y" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.



3.4.5.3. Análisis dinámico

Para el análisis dinámico se definió los modos de vibración de la estructura en el software ETABS v19, al considerar 3 modos de vibración por piso se obtuvo un total de 15 (Ver Anexo 06) en los cuales la suma de la masa efectiva sobrepasa el 90% de la masa total de acuerdo con lo especificado por la versión de la norma.

Luego se procedió a definir la carga sísmica para ambas direcciones en función a los modos de vibración, el espectro de pseudo aceleraciones, un amortiguamiento del 5% y la masa sísmica previamente definida con sus respectivas excentricidades, mediante el método de combinación cuadrática completa “CQC”.

Figura N° 17.

Masa sísmica definida con excentricidad del 5% en ambas direcciones de acuerdo con la Norma Técnica E.030 en ETABS.

Mass Source Data

Mass Source Name: Masa Sismica

Mass Source

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0.05
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0.05

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Peso Propio	1
Peso Propio	1
Carga Muerta	1
Carga Viva	0.5
Carga Techo	0.25

Mass Options

- Include Lateral Mass
- Include Vertical Mass
- Lump Lateral Mass at Story Levels

Figura N° 18.

Definición del espectro de pseudo aceleraciones para el modelado en dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 en el software ETABS.

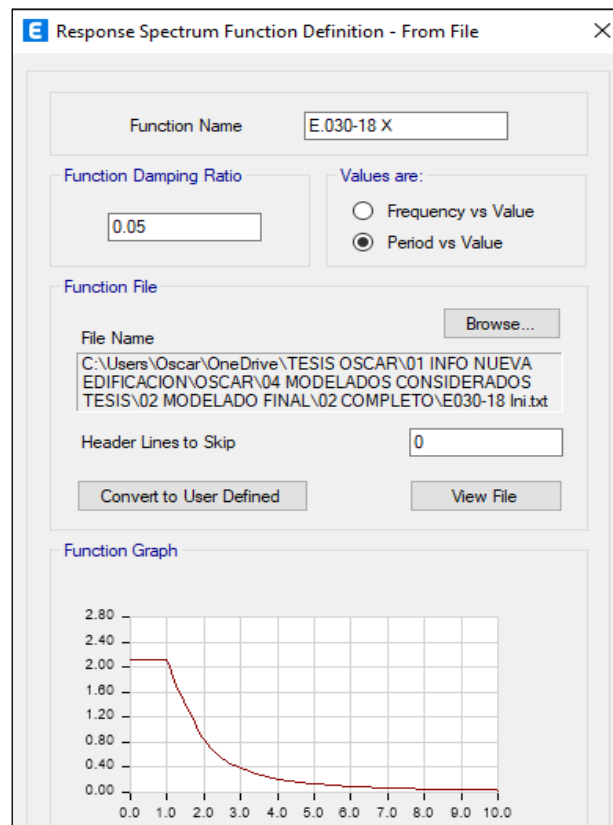
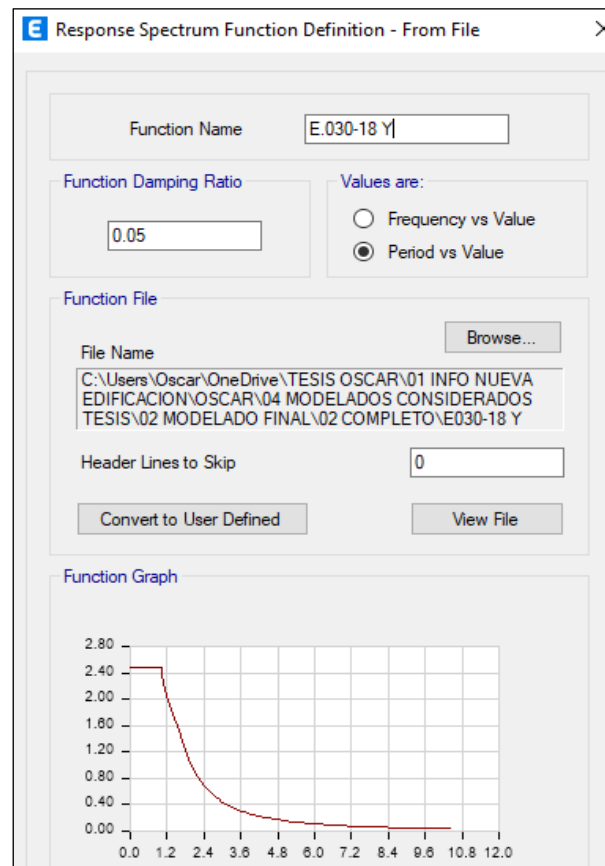


Figura N° 19.

Definición del espectro de pseudo aceleraciones para el modelado en dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 en el software ETABS.

**Figura N° 20.**

Modos de vibración considerados para el análisis dinámico en el software ETABS.

The screenshot shows the 'Load Case Data' dialog box. The 'Load Case Name' is 'Modal'. The 'Load Case Type/Subtype' is 'Modal' (highlighted with a red box) and 'Eigen'. The 'Mass Source' is 'Masa Sismica'. The 'Analysis Model' is 'Default'. The 'P-Delta/Nonlinear Stiffness' section has 'Use Preset P-Delta Settings' selected with 'None' in the dropdown. The 'Loads Applied' section has 'Advanced Load Data Does NOT Exist' checked. The 'Other Parameters' section has 'Maximum Number of Modes' and 'Minimum Number of Modes' both set to 15 (highlighted with red boxes).

Figura N° 21.

Definición del sismo dinámico en “X” para el modelado de acuerdo con versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 en el software ETABS.

E Load Case Data

General

Load Case Name: SIS DIN X-18

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E.030-18 X	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

Figura N° 22.

Definición del sismo dinámico en “Y” para el modelado de acuerdo con versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 en el software ETABS.

E Load Case Data

General

Load Case Name: SIS DIN Y-18

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E.030-18 Y	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

3.4.5.4. Comprobación del análisis dinámico

Una vez realizado el análisis, se procedió a revisar los desplazamientos laterales relativos máximos de entrepiso para las dos direcciones de análisis consideradas, los cuales al tratarse de una estructura irregular se calcularon mediante la multiplicación de los resultados obtenidos por 0,85 R:

Tabla N° 25.

Desplazamientos relativos máximos calculados para el modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Piso	Desplazamiento relativo	Desplazamiento relativo calculado
Piso 5	0.000436	0.00233
Piso 4	0.000576	0.00308
Piso 3	0.000660	0.00353
Piso 2	0.000648	0.00347
Piso 1	0.000422	0.00226

Tabla N° 26.

Desplazamientos relativos máximos calculados para el modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Piso	Desplazamiento relativo	Desplazamiento relativo calculado
Piso 5	0.000766	0.00352
Piso 4	0.000846	0.00388
Piso 3	0.000844	0.00387
Piso 2	0.000713	0.00327
Piso 1	0.000387	0.00178

Debido a que los desplazamientos máximos relativos calculados son menores al límite especificado por la Norma Técnica E.030, correspondiente a un valor de 0,007 para concreto armado, se prosiguió con la comprobación del sistema estructural y las irregularidades pendientes:

➤ **Sistema estructural**

Para determinar el sistema estructural se empleó la sección de corte a las placas del primer piso en el software ETABSv19 para así determinar el cortante resistido por

estos elementos estructurales y posteriormente ser comparados con la fuerza cortante total en la base en función a lo indicado por la versión de la Norma Técnica E.030 2018:

Figura N° 23.

Definición de sección de corte para las placas del primer piso en el software ETABS.

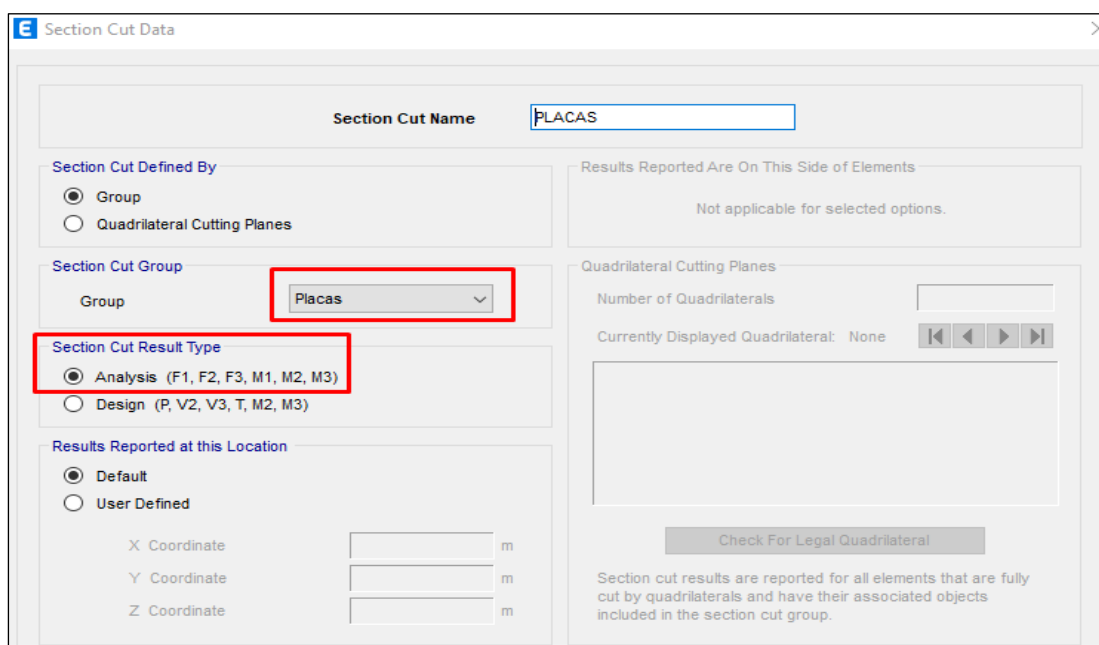


Tabla N° 27.

Comprobación del sistema estructural del modelado de la edificación de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Dirección	Cortante en placas (Tn)	Cortante en la base (Tn)	%	Sistema Estructural
X	485.1874	817.8515	59.32	Dual
Y	787.1578	943.1315	83.46	Muros Estructurales

De la tabla N° 27 se comprobó que los sistemas estructurales resultantes del análisis sísmico fueron los mismos asignados previamente, en dirección “X” correspondiente a un sistema dual, y en dirección “Y” de muros estructurales.

- **Irregularidades en altura**
- ✓ **Irregularidad de Rigidez – Piso blando**

Mediante el uso del software ETABS v19 se procedió a determinar la rigidez lateral de los entrepisos para así comprobar la irregularidad de acuerdo con los criterios descritos previamente:

Tabla N° 28.

Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado en la dirección "X" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Piso	Rigidez (Tn/m)	1° Criterio		2° Criterio	
		%	Condición	%	Condición
5	170,244.19	-	-	-	-
4	294,086.78	172.74	No cumple	-	-
3	361,974.48	123.08	No cumple	-	-
2	462,500.87	127.77	No cumple	167.92	No cumple
1	735,381.33	159.00	No cumple	197.23	No cumple

Tabla N° 29.

Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado en la dirección "Y" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Piso	Rigidez (Tn/m)	1° Criterio		2° Criterio	
		%	Condición	%	Condición
5	134,745.36	-	-	-	-
4	251,407.27	186.58	No cumple	-	-
3	339,598.45	135.08	No cumple	-	-
2	497,565.60	146.52	No cumple	205.68	No cumple
1	857,611.67	172.36	No cumple	236.35	No cumple

De las tablas N° 28 y 29 se comprobó que no existió la irregularidad.

✓ **Irregularidad de Resistencia – Piso débil**

Se determinó la resistencia de los entrepisos frente a las fuerzas cortantes:

Tabla N° 30.

Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado en la dirección "X" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Piso	Resistencia a fuerza		Criterio
	cortante (Tn)	%	
5	209.05	-	-
4	456.20	218.22	No cumple
3	636.46	139.51	No cumple
2	758.11	119.11	No cumple
1	817.85	107.88	No cumple

Tabla N° 31.

Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado en la dirección "Y" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Piso	Resistencia a fuerza cortante (Tn)	%	Criterio
5	262.78	-	-
4	548.17	208.60	No cumple
3	745.55	136.01	No cumple
2	877.09	117.64	No cumple
1	943.13	107.53	No cumple

De las tablas N° 30 y 31 se comprobó que no existió la irregularidad de Resistencia-Piso débil en ninguna dirección de análisis.

➤ **Irregularidades en planta**

✓ **Irregularidad Torsional**

Se calcularon los desplazamientos relativos máximos y los desplazamientos relativos promedio de entrepiso en el software ETABS v19 para así realizar la comprobación de acuerdo con lo especificado en la versión de la norma:

Tabla N° 32.

Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección "X" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Piso	Desplazamiento relativo máximo calculado	Desplazamiento relativo promedio calculado	%	Condición
5	0.00233	0.00200	116.58	No cumple
4	0.00308	0.00260	118.76	No cumple
3	0.00353	0.00294	120.22	No cumple
2	0.00347	0.00286	121.12	No cumple
1	0.00226	0.00186	121.26	No cumple

Tabla N° 33.

Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Piso	Desplazamiento relativo máximo calculado	Desplazamiento relativo promedio calculado	%	Condición
5	0.00352	0.00272	129.39	No cumple
4	0.00388	0.00312	124.59	No cumple
3	0.00387	0.00320	121.09	No cumple
2	0.00327	0.00279	117.27	No cumple
1	0.00178	0.00158	112.50	No cumple

Debido a que en ambas direcciones el máximo desplazamiento relativo de entrepiso superó al 50% del valor establecido para sistemas de concreto armado (0,007) se aplicó el criterio de comprobación, sin embargo, al realizar esta se determinó que no existió esta irregularidad en ninguna dirección de análisis.

Finalmente, al realizar la comprobación de las condiciones de sistema estructural e irregularidades pendientes, se determinó que no existen variaciones en los parámetros establecidos por lo que se concluyó el análisis dinámico en primera instancia.

3.4.5.5. Comprobación de fuerza cortante mínima

Para realizar la comprobación por fuerza cortante mínima especificado en la versión de la norma, se procedió a calcular la fuerza cortante en la base mediante el método estático con los parámetros sísmicos obtenidos previamente. Para la determinación del factor de amplificación sísmica se consideró los modos de vibración de la estructura modelada, en donde se calcularon los periodos de vibración en las direcciones de análisis “X” y “Y” correspondientes a 0.377 y 0.327 segundos respectivamente (Ver Anexo 06) y se aplicó la expresión (2.2):

- **Dirección X**

$$T_X = 0.377 < T_P = 1.000$$

$$\therefore C_X = 2,5$$

▪ **Dirección Y**

$$T_Y = 0.327 < T_P = 1.000$$

$$\therefore C_Y = 2,5$$

La fuerza cortante generada por el análisis estático se determinó con la expresión (2.6) y se a su vez se realizó la comprobación de la relación C/R con la expresión (2.8), para ambas direcciones de análisis:

$$V_X = \frac{Z * U * C_X * S}{R_X} * P$$

$$V_X = \frac{0.35 * 1.30 * 2.50 * 1.20}{6.30} * 6,319.43 \text{ Tn}$$

$$V_X = 1,369.21 \text{ Tn}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.50}{6.30} = 0.397 > 0.11 \dots (Ok)$$

$$V_Y = \frac{Z * U * C_Y * S}{R_Y} * P$$

$$V_Y = \frac{0.35 * 1.30 * 2.50 * 1.20}{5.40} * 6,319.43 \text{ Tn}$$

$$V_Y = 1,597.41 \text{ Tn}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.50}{5.40} = 0.463 > 0.11 \dots (Ok)$$

De acuerdo con lo especificado en la norma, se procedió a escalar espectro de pseudo aceleraciones del análisis dinámico obtenido si es que la fuerza cortante en la base generada por este resultará ser menor al 90% de la generada por el análisis estático, por tratarse de una edificación irregular, como se presenta a continuación:

Tabla N° 34.

Factor escala del sismo dinámico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Dirección	Cortante Estático (Tn)	Cortante Dinámico (Tn)	90 % Cortante Estático (Tn)	Factor Escala
X	1,369.21	817.85	1,232.29	1.5067
Y	1,597.41	943.13	1,437.67	1.5244

De la tabla N° 34 se obtuvieron los factores de escala de 1.5067 y 1.5244 para las direcciones “X” y “Y” respectivamente, en los cuales el espectro de pseudo aceleraciones se vio amplificado (Ver Anexo 07 y 08), sin embargo, lo establecido por la versión de la norma, estos no son considerados para el cálculo de los desplazamientos relativos de entrespiso por lo que se culminó satisfactoriamente el análisis sísmico aplicando la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Figura N° 24.

Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

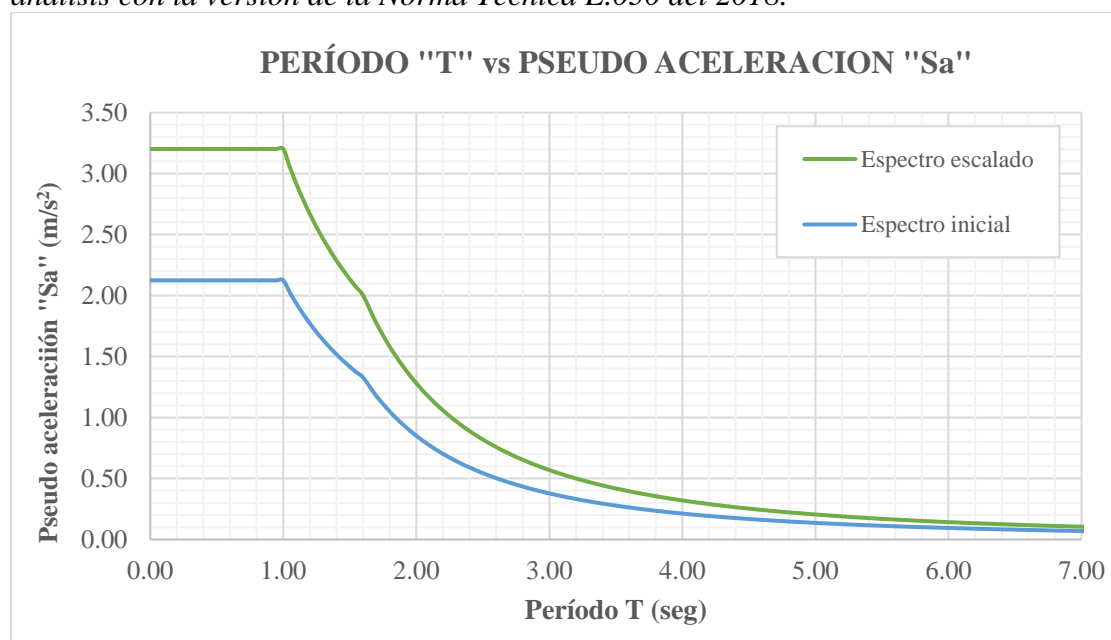
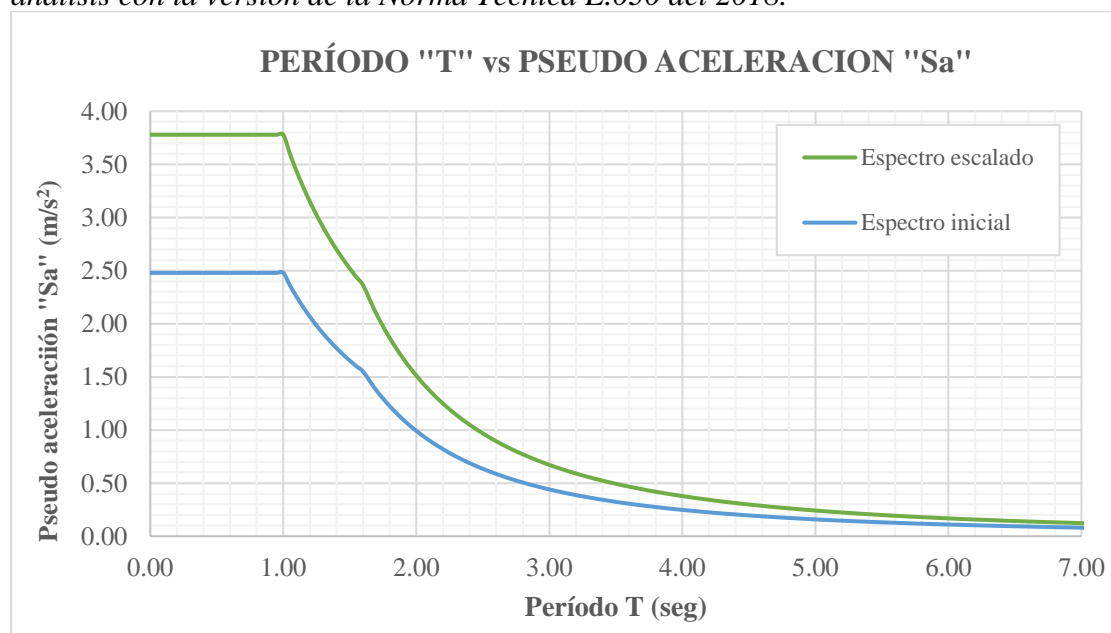


Figura N° 25.

Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.



3.4.6. Análisis sísmico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016

3.4.6.1. Parámetros sísmicos

De acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016, los parámetros sísmicos definidos por las características de la edificación en estudio fueron:

Tabla N° 35.

Parámetros sísmicos con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

FACTOR	CONDICION	VALOR
Factor de zona “Z”	Pertenece a zona sísmica 3	0,35
Factor de uso “U”	Pertenece a la categoría “B” de edificación Importante	1,30
Factor de suelo “S”	Se trata de un suelo tipo s3 y pertenece a la zona 3.	1,20
Período T_P (s)	Se trata de un suelo tipo s3	1,00
Período T_L (s)	Se trata de un suelo tipo s3	1,60

De manera preliminar se optó por considerar un sistema estructural Dual para la dirección “X” con un coeficiente básico de reducción “ R_0 ” de 7, mientras que para la dirección “Y” se consideró un sistema de muros estructurales con un coeficiente “ R_0 ” de 6, teniendo en cuenta los resultados generados por la versión del 2018.

Las irregularidades de la estructura se determinaron en función a lo establecido por la norma, sin embargo, existen irregularidades cuya comprobación se realizó después de haber realizado un primer análisis sísmico. Además, existieron irregularidades que poseen las mismas consideraciones que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 por lo que no fue necesario volver a determinarlas.

➤ **Irregularidades en altura:**

✓ **Irregularidad de Rigidez – Piso blando**

Se determinó después de haber realizado un primer análisis sísmico.

✓ **Irregularidad de Resistencia – Piso Débil**

Se determinó después de haber realizado un primer análisis sísmico.

✓ **Irregularidad de Masa o Peso**

Se calculó de la misma forma que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, expresado en la Tabla N° 24, por lo que no existió esta irregularidad.

✓ **Irregularidad Geométrica Vertical**

No existió esta irregularidad debido a que tiene las mismas consideraciones especificadas en la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

✓ **Discontinuidad en los Sistemas Resistentes**

No existió esta irregularidad debido a que tiene las mismas consideraciones especificadas en la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018.

Debido a que no existieron irregularidades en altura de manera inicial, se consideró el factor de irregularidad en altura de 1,00 para ambas direcciones de análisis.

➤ **Irregularidades en planta:**

✓ **Irregularidad Torsional**

Se determinó después de haber realizado un primer análisis sísmico.

✓ **Esquinas Entrantes**

Se calculó de la misma forma que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, por lo que existió esta irregularidad en ambas direcciones de análisis con un factor de 0,90.

✓ **Discontinuidad del Diafragma**

Se calculó de la misma forma que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, al hacer uso de la expresión 3.16, por lo que no existió esta irregularidad.

✓ **Sistemas no Paralelos**

Se determino de la misma forma que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, por lo que existió esta irregularidad en ambas direcciones de análisis con un factor de 0,90.

De manera inicial se comprobó la existencia de dos irregularidades en planta: Esquinas Entrantes y Sistemas no Paralelos, por lo que el factor de irregularidad en planta, para ambas direcciones, resultó ser el menor de ellos, que en este caso son iguales a 0,90.

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas “R”, para ambas direcciones de análisis, se calculó al usar la expresión (2.5):

$$R_X = 7 * 1.00 * 0.90$$

$$R_X = 6.30$$

$$R_Y = 6 * 1.00 * 0.90$$

$$R_X = 5.40$$

3.4.6.2. Espectro inelástico de pseudo aceleraciones

Para cada dirección de análisis, se utilizó la expresión (2.16) con los parámetros sísmicos previamente definidos, a su vez, para el caso del factor de amplificación sísmica se consideraron las expresiones (2.2), (2.3) y (2.4) mediante tabulaciones en función al período de vibración de la estructura (Ver Anexo 09 y 10).

Figura N° 26.

Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección "X" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

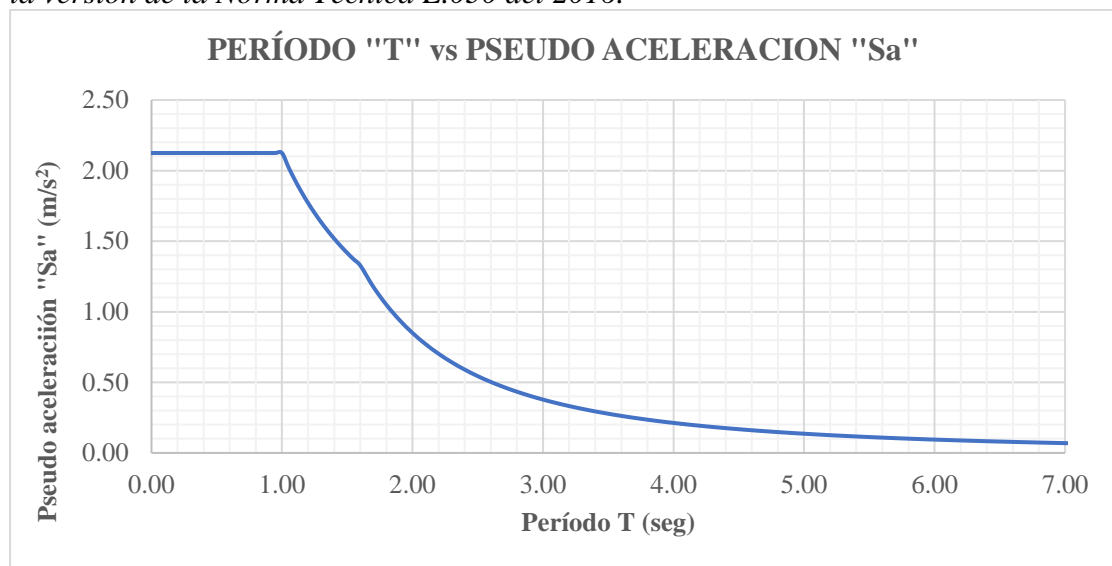
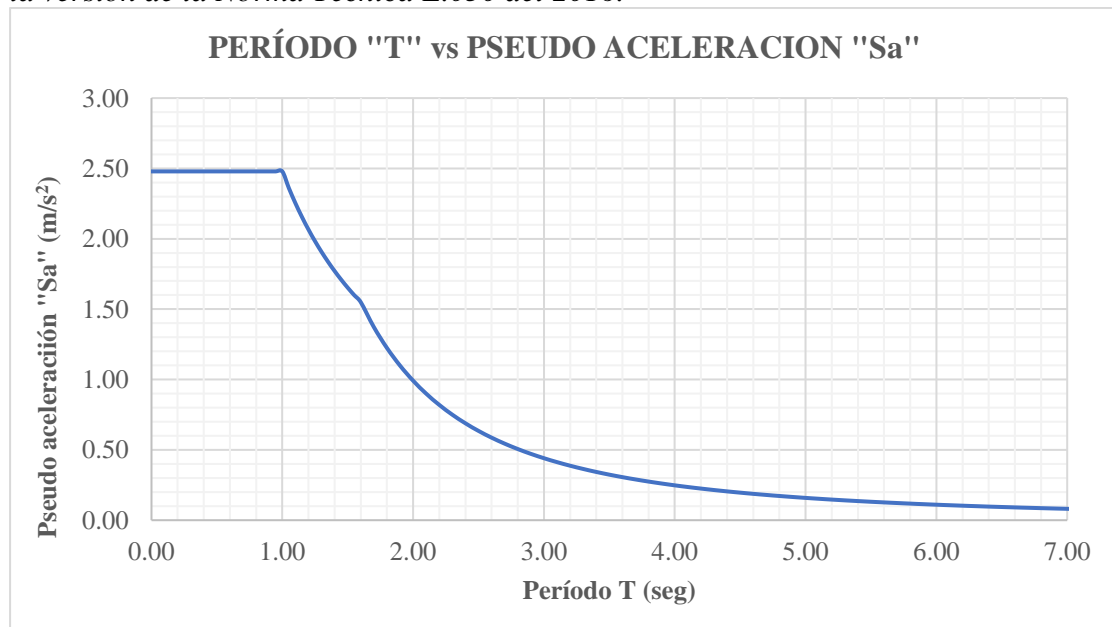


Figura N° 27.

Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección "Y" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.



3.4.6.3. Análisis dinámico

Se realizó para cada dirección de análisis al igual que para la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018, ya que en ambas versiones se presentan las mismas consideraciones de modos de vibración, excentricidades accidentales, amortiguamiento y método de combinación para la definición de la carga sísmica.

Figura N° 28.

Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección "X" para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en ETABS.

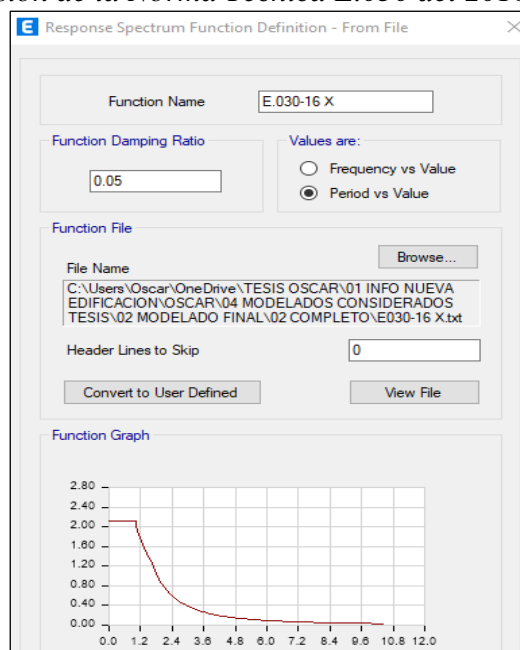


Figura N° 29.

Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección "Y" para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en ETABS.

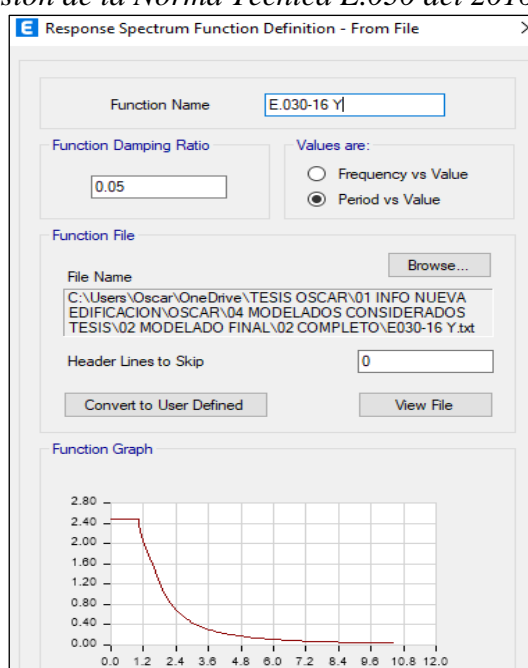


Figura N° 30.

Definición del sismo dinámico en “X” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.

Load Case Data

General

Load Case Name: SIS DIN X-16

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E.030-16 X	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

Figura N° 31.

Definición del sismo dinámico en “Y” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.

Load Case Data

General

Load Case Name: SIS DIN Y-16

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E.030-16 Y	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

3.4.6.4. Comprobación del análisis dinámico

Del análisis dinámico se obtuvieron y calcularon los desplazamientos relativos de entrepiso, con el factor de amplificación R descrito anteriormente:

Tabla N° 36.

Desplazamientos relativos máximos calculados con el espectro inicial para el modelado en dirección "X" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Desplazamiento relativo	Desplazamiento relativo calculado
Piso 5	0.000436	0.00275
Piso 4	0.000576	0.00363
Piso 3	0.000660	0.00416
Piso 2	0.000648	0.00408
Piso 1	0.000422	0.00266

Tabla N° 37.

Desplazamientos relativos máximos calculados con el espectro inicial para el modelado en dirección "Y" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Desplazamiento relativo	Desplazamiento relativo calculado
Piso 5	0.000766	0.00414
Piso 4	0.000846	0.00457
Piso 3	0.000844	0.00456
Piso 2	0.000713	0.00385
Piso 1	0.000387	0.00209

Debido a que los desplazamientos máximos relativos calculados son menores al límite especificado por la norma, correspondiente a un valor de 0,007 para concreto armado, se prosiguió con la comprobación del sistema estructural y las irregularidades pendientes:

➤ **Sistema estructural**

Se determinó al igual que para el análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018 por medio del procedimiento sección de corte para el primer piso en el software ETABS v19 obteniéndose:

Tabla N° 38.

Comprobación del sistema estructural del modelado de la edificación de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Dirección	Cortante en placas (Tn)	Cortante en la base (Tn)	%	Sistema Estructural
X	485.1874	817.8515	59.32	Dual
Y	787.1578	943.1315	83.46	Muros Estructurales

De la Tabla N° 38 se comprobó que los sistemas estructurales resultantes del análisis sísmico fueron los mismos asignados previamente, en dirección “X” correspondiente a un sistema dual, mientras que para la dirección “Y”, un sistema de muros estructurales.

➤ **Irregularidades en altura**

✓ **Irregularidad de Rigidez – Piso blando**

Mediante el empleo del software ETABS v19 se procedió a determinar las derivas de entrepiso promedio, para ser multiplicadas por el 100% del factor “R” y así comprobar la irregularidad de acuerdo con los criterios descritos anteriormente, en cada dirección de análisis:

Tabla N° 39.

Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Deriva promedio calculada	1° Criterio		2° Criterio	
		%	Condición	%	Condición
5	0.00236	-	-	-	-
4	0.00306	129.68	No cumple	-	-
3	0.00346	113.20	No cumple	-	-
2	0.00337	97.45	No cumple	113.99	No cumple
1	0.00219	65.05	No cumple	66.54	No cumple

Tabla N° 40.

Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Deriva promedio calculada	1° Criterio		2° Criterio	
		%	Condición	%	Condición
5	0.00320	-	-	-	-
4	0.00367	114.70	No cumple	-	-
3	0.00376	102.65	No cumple	-	-
2	0.00328	87.23	No cumple	92.68	No cumple
1	0.00186	56.58	No cumple	52.02	No cumple

De las Tablas N° 39 y 40 se comprobó que no existe la irregularidad de Rigidez-Piso blando en ninguna dirección de análisis al emplear los criterios establecidos por la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

✓ **Irregularidad de Resistencia – Piso débil**

Se determinó la resistencia de los entrepisos frente a las fuerzas cortantes haciendo uso del software ETABS v19, para realizar la comprobación respectiva en cada una de las direcciones de análisis:

Tabla N° 41.

Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Resistencia a fuerza cortante (Tn)		Criterio
		%	
5	209.05	-	-
4	456.20	218.22	No cumple
3	636.46	139.51	No cumple
2	758.11	119.11	No cumple
1	817.85	107.88	No cumple

Tabla N° 42.

Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Resistencia a fuerza cortante (Tn)	%	Criterio
5	262.78	-	-
4	548.17	208.60	No cumple
3	745.55	136.01	No cumple
2	877.09	117.64	No cumple
1	943.13	107.53	No cumple

De las Tablas N° 41 y 42 se comprobó que no existe la irregularidad de Resistencia-Piso débil en ninguna dirección de análisis.

➤ **Irregularidades en planta**

✓ **Irregularidad Torsional**

Se calcularon los desplazamientos relativos máximos y los desplazamientos relativos del centro de masas de entrepiso, para cada dirección de análisis, en el software ETABS v19 para así realizar la comprobación de acuerdo con lo especificado en la versión de la norma:

Tabla N° 43.

Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Desplazamiento relativo máximo calculado	Desplazamiento relativo del centro de masas calculado	%	Condición
5	0.00275	0.01406	19.54	No cumple
4	0.00363	0.01178	30.80	No cumple
3	0.00416	0.00888	46.83	No cumple
2	0.00408	0.00552	73.98	No cumple
1	0.00266	0.00219	121.55	Cumple

Tabla N° 44.

Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Desplazamiento relativo máximo calculado	Desplazamiento relativo del centro de masas calculado	%	Condición
5	0.00414	0.01434	28.85	No cumple
4	0.00457	0.01145	39.89	No cumple
3	0.00456	0.00810	56.25	No cumple
2	0.00385	0.00468	82.34	No cumple
1	0.00209	0.00169	123.35	Cumple

Debido a que en ambas direcciones el máximo desplazamiento relativo de entrepiso supera al 50% del valor establecido para sistemas de concreto armado (0,007) se aplicó el criterio de comprobación y de las Tablas N° 43 y 44 se comprobó la existencia de esta irregularidad para ambas direcciones de análisis, por lo que se deberá considerar un factor de irregularidad de 0,75.

✓ **Irregularidad Torsional Extrema**

De las Tablas N° 43 y 44 se comprobó que la relación entre las derivas máximas relativas calculadas de entrepiso y los desplazamientos relativos calculados del centro de masas de entrepiso no son mayores a 1,5, se determinó que no existe esta irregularidad.

Luego de realizar la comprobación de las condiciones de sistema estructural e irregularidades pendientes, se determinó que existe una variación en el factor de irregularidad en planta debido a la existencia de irregularidad torsional en ambas direcciones de análisis, por lo que se tuvo que recalcular el coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas “R” mediante la expresión (2.5):

$$R_X = 7 * 1.00 * 0.75$$

$$R_X = 5.25$$

$$R_Y = 6 * 1.00 * 0.75$$

$$R_X = 4.50$$

A continuación, se corrigió el espectro de pseudo aceleraciones para ambas direcciones de análisis con el parámetro "R" modificado (Ver Anexo 11 y 12) obteniéndose:

Figura N° 32.

Espectro de pseudo aceleraciones corregido del modelado para la dirección "X" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

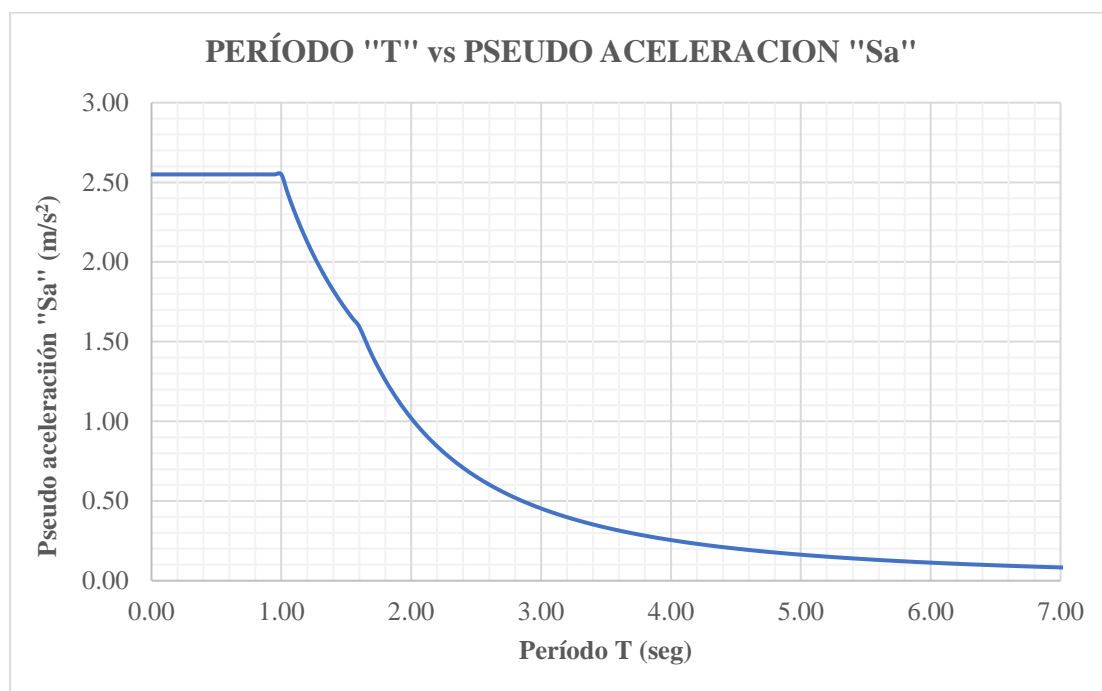
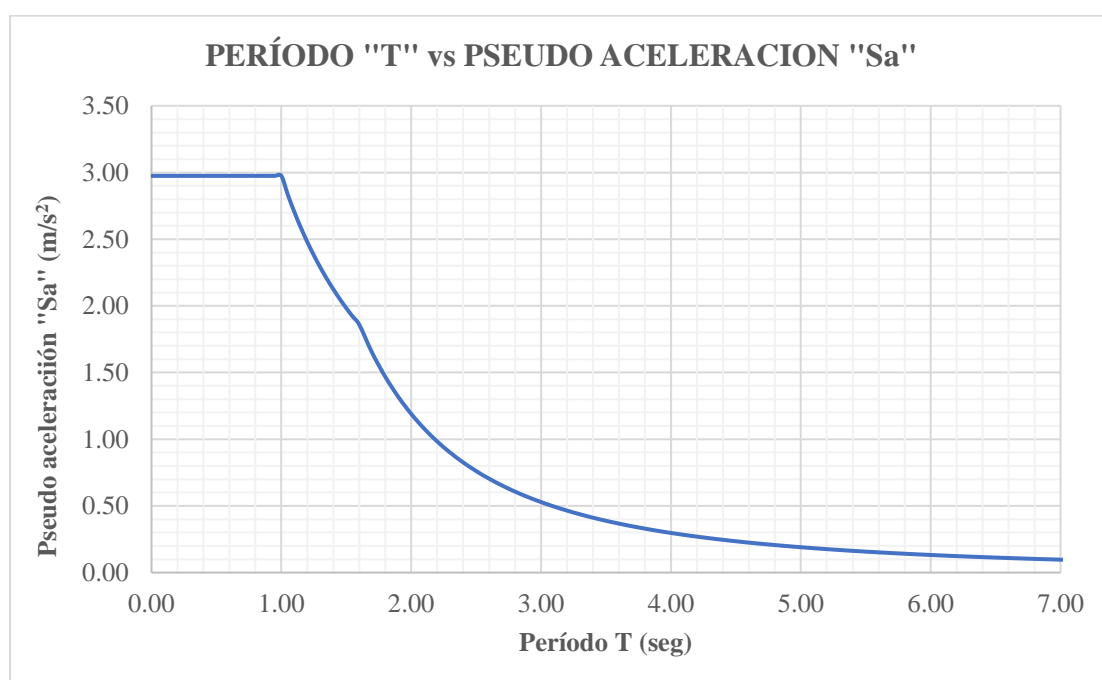


Figura N° 33.

Espectro de pseudo aceleraciones corregido del modelado para la dirección "Y" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.



Después de haber obtenido los nuevos espectros de pseudo aceleraciones se procedió a realizar el análisis dinámico en el software ETABS v19:

Figura N° 34.

Definición del espectro de pseudo aceleraciones corregido para el modelado en dirección "X" de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.

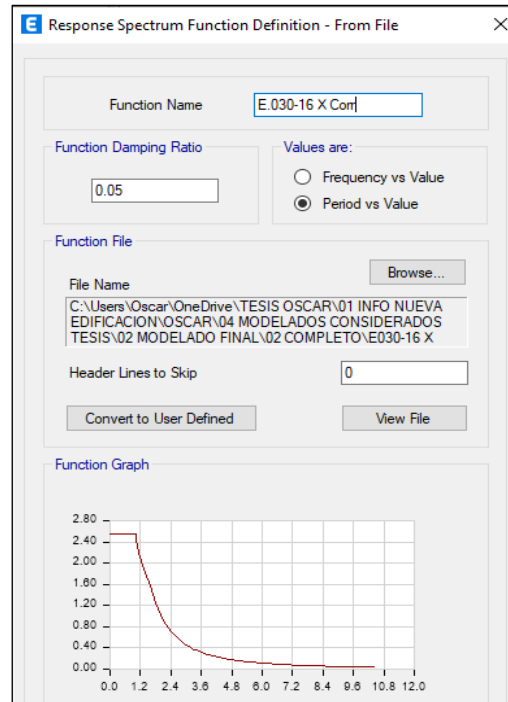


Figura N° 35.

Definición del espectro de pseudo aceleraciones corregido para el modelado en dirección "Y" de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.

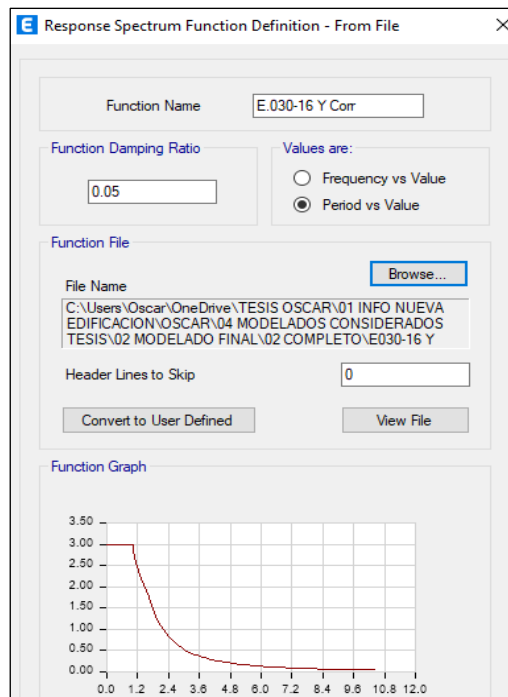


Figura N° 36.

Definición del sismo dinámico corregido en “X” para el modelado con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.

E Load Case Data

General

Load Case Name: SIS DIN CORR X-16

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E.030-16 X Corr	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

Figura N° 37.

Definición del sismo dinámico corregido en “Y” para el modelado con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 en el software ETABS.

E Load Case Data

General

Load Case Name: SIS DIN CORR Y-16

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E.030-16 Y Corr	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

Del nuevo análisis dinámico se obtuvieron y calcularon los desplazamientos relativos de entrepiso, con el factor de amplificación R descrito anteriormente:

Tabla N° 45.

Desplazamientos relativos máximos calculados con el espectro de pseudo aceleración corregido para el modelado en la dirección "X" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Desplazamiento relativo	Desplazamiento relativo calculado
Piso 5	0.000523	0.00275
Piso 4	0.000691	0.00363
Piso 3	0.000792	0.00416
Piso 2	0.000777	0.00408
Piso 1	0.000506	0.00266

Tabla N° 46.

Desplazamientos relativos máximos calculados con el espectro de pseudo aceleración corregido para el modelado en la dirección "Y" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Desplazamiento relativo	Desplazamiento relativo calculado
Piso 5	0.000919	0.00414
Piso 4	0.001015	0.00457
Piso 3	0.001012	0.00455
Piso 2	0.000856	0.00385
Piso 1	0.000464	0.00209

Debido a que los nuevos desplazamientos máximos relativos calculados son menores al límite especificado por la norma, se prosiguió con la nueva comprobación del sistema estructural e irregularidades:

➤ **Sistema estructural**

Se determinó al igual que para el anterior análisis mediante el software ETABS v19, obteniéndose:

Tabla N° 47.

Comprobación del sistema estructural del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido con la versión de la norma Técnica E.030 del 2016.

Dirección	Cortante en placas (Tn)	Cortante en la base (Tn)	%	Sistema Estructural
X	582.2249	981.4218	59.32	Dual
Y	944.5894	1,131.7578	83.46	Muros estructurales

De la Tabla N° 47 se comprobó que los sistemas estructurales resultantes del análisis sísmico continuaron siendo los mismos previamente, sistema tipo dual para la dirección de análisis en “X” y sistema de muros estructurales para la dirección de análisis en “Y”.

- **Irregularidades en altura**
- ✓ **Irregularidad de Rigidez – Piso blando**

Se determinó al emplear el mismo procedimiento que para el anterior análisis, obteniéndose:

Tabla N° 48.

Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Deriva promedio calculada	1° Criterio		2° Criterio	
		%	Condición	%	Condición
5	0.00236	-	-	-	-
4	0.00306	129.62	No cumple	-	-
3	0.00346	113.23	No cumple	-	-
2	0.00337	97.42	No cumple	113.96	No cumple
1	0.00219	64.95	No cumple	66.44	No cumple

Tabla N° 49.

Irregularidad de Rigidez-Piso blando del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección "Y" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Deriva promedio calculada	1° Criterio		2° Criterio	
		%	Condición	%	Condición
5	0.00320	-	-	-	-
4	0.00367	114.79	No cumple	-	-
3	0.00377	102.70	No cumple	-	-
2	0.00328	87.10	No cumple	92.59	No cumple
1	0.00185	56.52	No cumple	51.91	No cumple

De las tablas N° 48 y 49 se comprobó nuevamente que no existía la irregularidad de Rigidez-Piso blando en ninguna dirección de análisis.

✓ **Irregularidad de Resistencia – Piso débil**

Se determinó al emplear el mismo procedimiento que para el anterior análisis, obteniéndose:

Tabla N° 50.

Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección "X" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Resistencia a fuerza cortante (Tn)		Criterio
		%	
5	250.86	-	-
4	547.44	218.22	No cumple
3	763.76	139.51	No cumple
2	909.73	119.11	No cumple
1	981.42	107.88	No cumple

Tabla N° 51.

Irregularidad de Resistencia-Piso débil del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección "Y" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Resistencia a fuerza cortante (Tn)	%	Criterio
5	315.34	-	-
4	657.81	208.60	No cumple
3	894.66	136.01	No cumple
2	1052.50	117.64	No cumple
1	1131.76	107.53	No cumple

De las tablas N° 50 y 51 se comprobó nuevamente que no existe la irregularidad de Resistencia-Piso débil en ninguna dirección de análisis.

➤ **Irregularidades en planta**

✓ **Irregularidad Torsional**

Se determinó al emplear el mismo procedimiento que para el anterior análisis, obteniéndose:

Tabla N° 52.

Irregularidad de Torsión del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección "X" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Desplazamiento relativo máximo calculado	Desplazamiento relativo del centro de masas calculado	%	Condición
5	0.00275	0.01406	19.53	No cumple
4	0.00363	0.01178	30.79	No cumple
3	0.00416	0.00888	46.82	No cumple
2	0.00408	0.00552	73.91	No cumple
1	0.00266	0.00219	121.38	Cumple

Tabla N° 53.

Irregularidad de Torsión del modelado con el espectro de pseudo aceleración corregido en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Piso	Desplazamiento relativo máximo calculado	Desplazamiento relativo del centro de masas calculado	%	Condición
5	0.00414	0.01434	28.84	No cumple
4	0.00457	0.01145	39.88	No cumple
3	0.00455	0.00810	56.20	No cumple
2	0.00385	0.00468	82.36	No cumple
1	0.00209	0.00169	123.22	Cumple

Debido a que en ambas direcciones el máximo desplazamiento relativo de entrepiso superó al 50% del valor establecido para sistemas de concreto armado (0,007) se aplicó el criterio de comprobación y de las Tablas N° 52 y 53 se comprobó que sigue existiendo esta irregularidad para ambas direcciones de análisis.

✓ **Irregularidad Torsional Extrema**

De las Tablas N° 52 y 53 se comprobó que la relación entre las derivas máximas relativas calculadas de entrepiso y los desplazamientos relativos calculados del centro de masas de entrepiso continuaron siendo no mayores a 1,5 por lo que se determinó que no existe esta irregularidad.

Finalmente, después de realizar una nueva comprobación de los sistemas estructurales e irregularidades se concluyó con que no existen variaciones y se culminó el análisis en una primera instancia.

3.4.6.5. Comprobación de fuerza cortante mínima

De acuerdo con lo indicado por la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016, para la comprobación por fuerza cortante mínima se procedió a calcular la fuerza cortante en la base mediante el método estático con los parámetros sísmicos obtenidos previamente. Para la determinación del factor de amplificación sísmica se aplicó la expresión (2.2) considerando los modos de vibración de la estructura modelada, donde se calcularon los períodos de vibración, en ambas direcciones de análisis, siendo de 0.377 segundos para la dirección “X” y de 0.327 segundos para la dirección “Y” (Ver Anexo 06):

- **Dirección X**

$$T_X = 0.377 < T_P = 1.000$$

$$\therefore C_X = 2,5$$

- **Dirección Y**

$$T_Y = 0.327 < T_P = 1.000$$

$$\therefore C_Y = 2,5$$

La fuerza cortante generada por el análisis estático, para ambas direcciones de análisis, se determinó con la expresión (2.6) y a su vez se empleó la expresión (2.7) para la comprobación de la relación C/R:

$$V_X = \frac{Z * U * C_X * S}{R_X} * P$$

$$V_X = \frac{0.35 * 1.30 * 2.50 * 1.20}{5.25} * 6,319.43 \text{ Tn}$$

$$V_X = 1,643.05 \text{ Tn}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.50}{5.25} = 0.476 > 0.125 \dots (Ok)$$

$$V_Y = \frac{Z * U * C_Y * S}{R_Y} * P$$

$$V_Y = \frac{0.35 * 1.30 * 2.50 * 1.20}{4.50} * 6,319.43 \text{ Tn}$$

$$V_Y = 1,916.89 \text{ Tn}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.50}{4.50} = 0.556 > 0.125 \dots (Ok)$$

Por tratarse de una edificación irregular y de acuerdo con lo especificado por la versión de la norma, se procedió a escalar el espectro de pseudo aceleraciones del análisis dinámico siempre y cuando la fuerza cortante en la base generada por este análisis sea menor al 90% de la fuerza obtenida por el análisis estático:

Tabla N° 54.

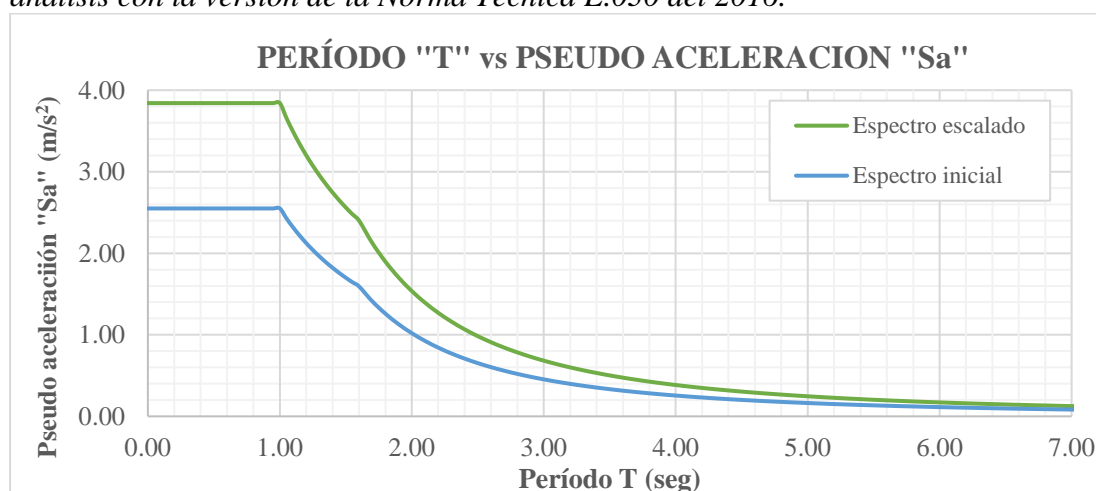
Factor escala del sismo dinámico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

Dirección	Cortante	Cortante	90 % Cortante	Factor
	Estático (Tn)	Dinámico (Tn)	Estático (Tn)	Escala
X	1,643.05	981.42	1,478.75	1.5067
Y	1,916.89	1,131.76	1,725.20	1.5244

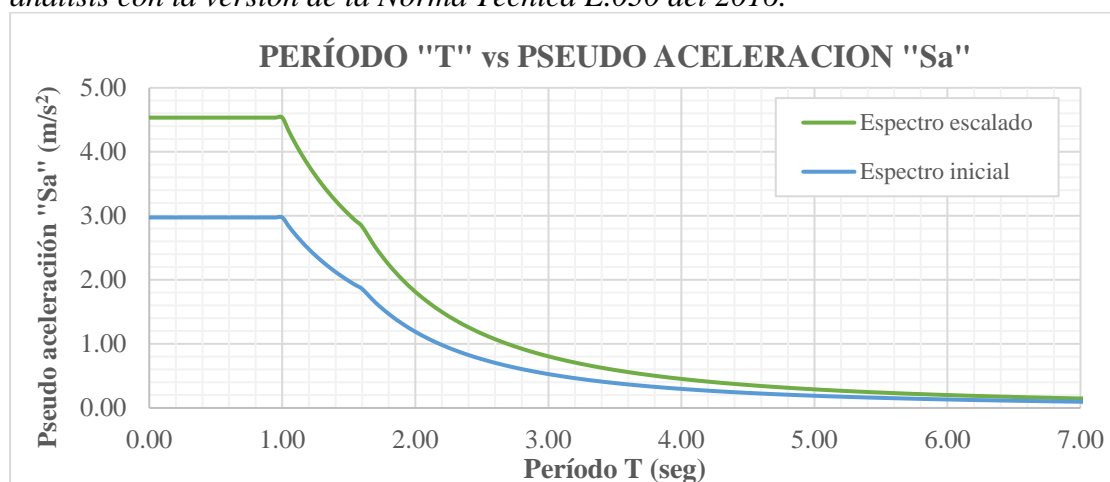
De la Tabla N° 54 el factor de escala en la dirección “X” es de 1.5067, mientras que en la dirección “Y” es de 1.5244, por lo que el espectro de pseudo aceleraciones se amplificó (Ver Anexo 13 y 14), sin embargo, la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 especifica que estos incrementos realizados no se emplean para un nuevo cálculo de los desplazamientos de entrepiso por lo que se dio por culminado el análisis sísmico.

Figura N° 38.

Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “X” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.

**Figura N° 39.**

Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección “Y” de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016.



3.4.7. Análisis sísmico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003

3.4.7.1. Parámetros sísmicos

De acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, los parámetros sísmicos definidos por las características de la edificación en estudio fueron:

Tabla N° 55.

Parámetros sísmicos con la versión de la Norma E.030 del 2003.

FACTOR	CONDICION	VALOR
Factor de zona “Z”	Pertenece a zona sísmica 3	0,40
Factor de uso “U”	Pertenece a la categoría “B” de edificación Importante	1,30
Factor de suelo “S”	Se trata de un suelo tipo s3.	1,40
Período TP (s)	Se trata de un suelo tipo s3	0,90

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis con las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 se optó por considerar de manera preliminar un sistema estructural Dual para la dirección “X” con un coeficiente de reducción de fuerza sísmica “R” de 7, mientras que para la dirección “Y” se consideró un sistema de muros estructurales con un coeficiente “R” de 6.

Para la determinación de las irregularidades de la estructura, estas se determinaron en función a lo indicado por la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, sin embargo, la comprobación de la irregularidad torsional se realizará luego de haber realizado un primer análisis sísmico. Además, existen irregularidades que poseen las mismas consideraciones correspondientes a las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 por lo que no existió necesidad de volver a determinarlas.

➤ **Irregularidades en altura:**

✓ **Irregularidad de Rigidez – Piso blando**

Debido que las secciones transversales de los elementos estructurales resistentes al corte y las alturas de entrepiso se mantienen constantes para los cinco niveles de la edificación, se determinó que no existe esta irregularidad.

✓ **Irregularidad de Masa o Peso**

No existe esta irregularidad debido a que tiene las mismas consideraciones que las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018.

✓ **Irregularidad Geométrica Vertical**

No existe esta irregularidad debido a que tiene las mismas consideraciones que las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018.

✓ **Discontinuidad en los Sistemas Resistentes**

No existe esta irregularidad debido a que tiene las mismas consideraciones que las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018.

➤ **Irregularidades en planta:**

✓ **Irregularidad Torsional**

Se determinó después de haber realizado un primer análisis sísmico.

✓ **Esquinas Entrantes**

Se determinó la existencia de esta irregularidad debido a que tiene las mismas consideraciones especificadas en las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018.

✓ **Discontinuidad del Diafragma**

No existe esta irregularidad debido a que tiene las mismas consideraciones que las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018.

Debido a la existencia de la irregularidad de esquinas entrantes en planta en ambas direcciones de análisis, la norma indica que solo se considerará el 75% del coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas anteriormente definido, por lo que se obtuvo:

$$R_X = 75\% * 7$$

$$R_X = 5.25$$

$$R_Y = 75\% * 6$$

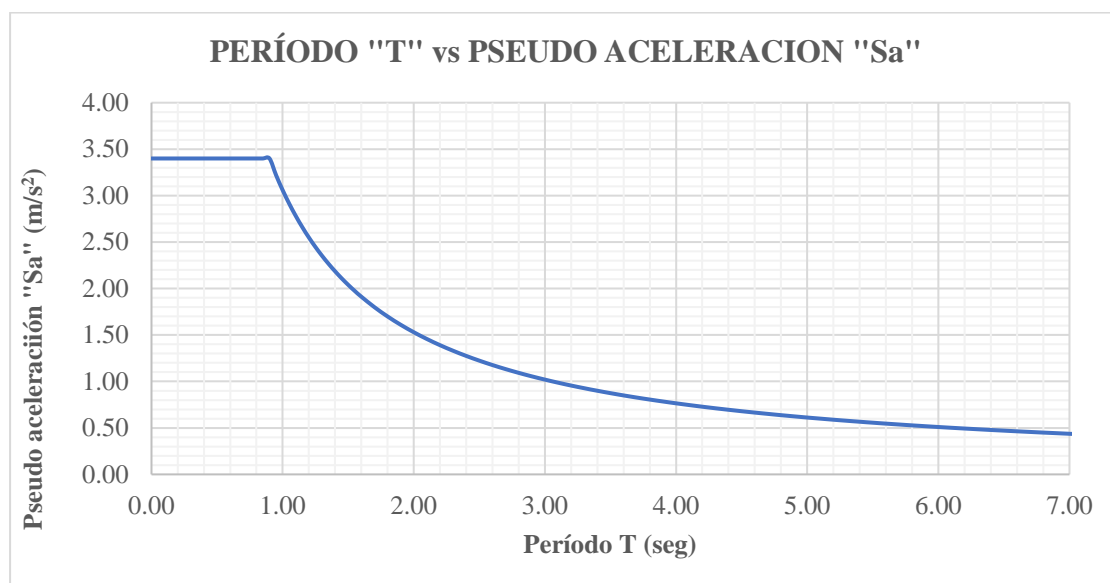
$$R_X = 4.50$$

3.4.7.2. Espectro inelástico de pseudo aceleraciones

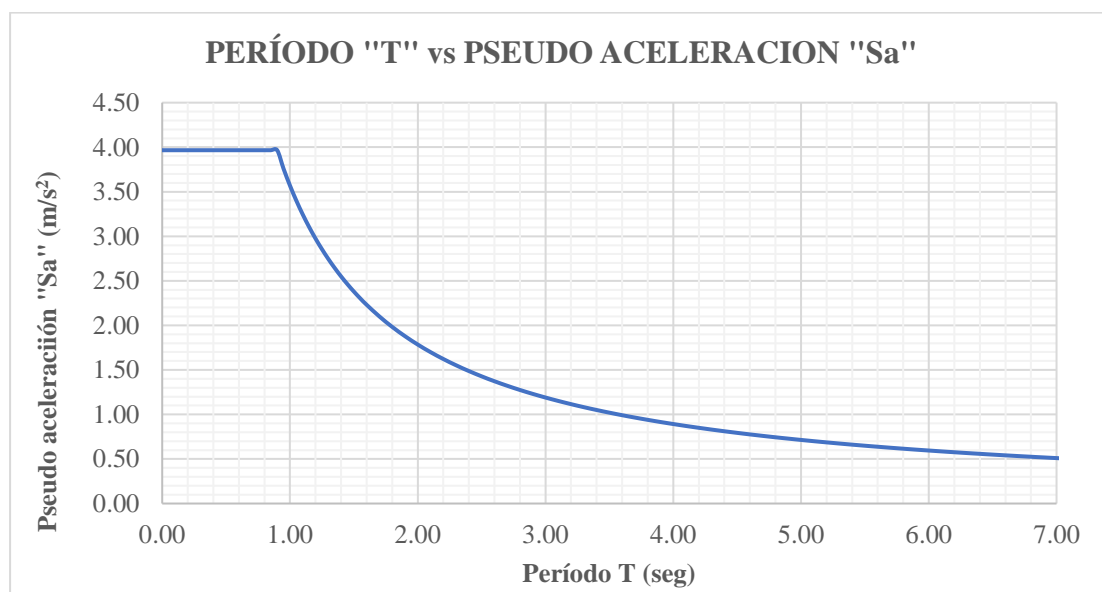
Los espectros de diseño se determinaron al aplicar la expresión (2.16) con los parámetros sísmicos definidos anteriormente, además, para el caso del factor de amplificación sísmica se consideró la expresión (2.1) mediante tabulaciones en función al período de vibración de la estructura (Ver Anexo 15 y 16).

Figura N° 40.

Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección "X" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

**Figura N° 41.**

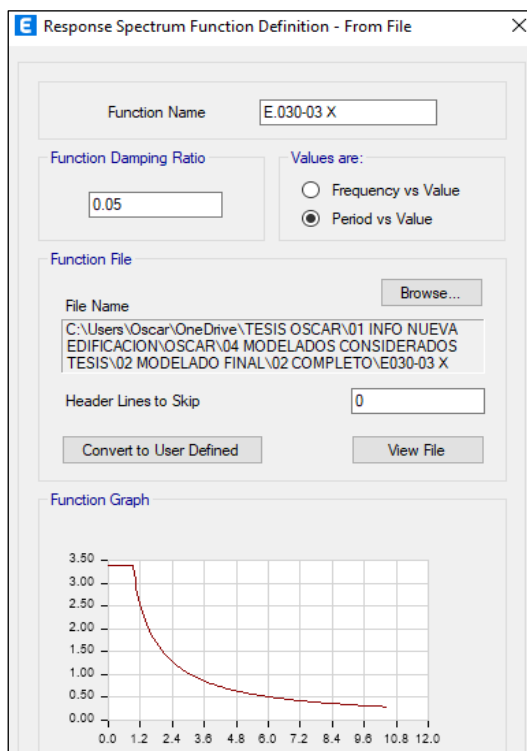
Espectro de pseudo aceleraciones del modelado para la dirección "Y" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

**3.4.7.3. Análisis dinámico**

Se realizó el análisis dinámico, en cada dirección de análisis, teniendo en cuenta las mismas consideraciones indicadas por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 en cuanto a modos de vibración, excentricidades accidentales y amortiguamiento, pero el criterio de combinación optado por la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 es el de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados "SRSS".

Figura N° 42.

Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección "X" para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 en el software ETABS.

**Figura N° 43.**

Definición del espectro de pseudo aceleraciones en dirección "Y" para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 en el software ETABS.

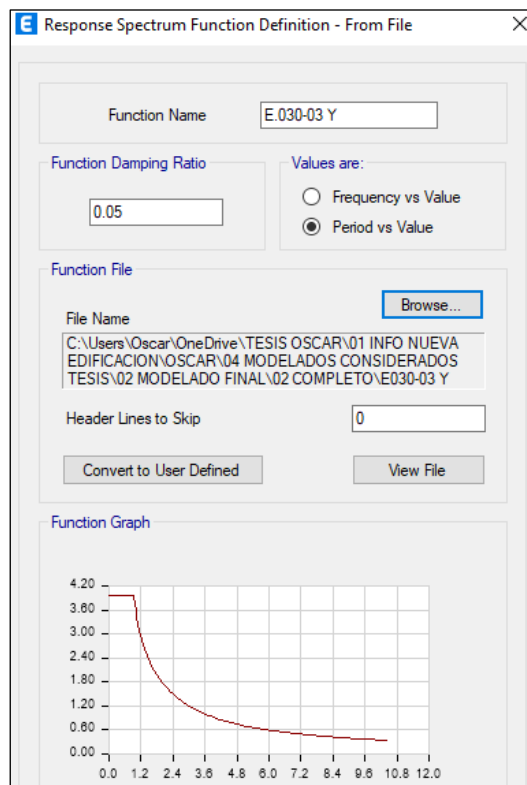


Figura N° 44.

Definición del sismo dinámico en “X” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 en el software ETABS.

E Load Case Data

General

Load Case Name: SIS DIN X-03

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E.030-03 X	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: SRSS

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

Figura N° 45.

Definición del sismo dinámico en “Y” para el modelado de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 en el software ETABS.

E Load Case Data

General

Load Case Name: SIS DIN Y-03

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E.030-03 Y	1

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: SRSS

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Modify/Show...

3.4.7.4. Comprobación del análisis dinámico

Del análisis dinámico se obtuvieron y calcularon los desplazamientos relativos de entrepiso, con el factor de amplificación 0,75 R descrito anteriormente:

Tabla N° 56.

Desplazamientos relativos máximos calculados para el modelado en dirección "X" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

Piso	Desplazamiento relativo	Desplazamiento relativo calculado
Piso 5	0.000622	0.00245
Piso 4	0.000821	0.00323
Piso 3	0.000939	0.00370
Piso 2	0.000921	0.00363
Piso 1	0.000601	0.00237

Tabla N° 57.

Desplazamientos relativos máximos calculados para el modelado en dirección "Y" con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

Piso	Desplazamiento relativo	Desplazamiento relativo calculado
Piso 5	0.001122	0.00379
Piso 4	0.001241	0.00419
Piso 3	0.001239	0.00418
Piso 2	0.00105	0.00354
Piso 1	0.000573	0.00193

Debido a que los desplazamientos máximos relativos calculados son menores al límite especificado por la norma, correspondiente a un valor de 0,007 para concreto armado, se prosiguió con la comprobación del sistema estructural y la irregularidad por torsión pendiente.

➤ **Sistema estructural**

Se determinó al igual que para el análisis con las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2016 y 2018 por medio de la sección de corte para el primer piso en el software ETABS v19, obteniéndose:

Tabla N° 58.

Comprobación del sistema estructural del modelado de la edificación de acuerdo con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

Dirección	Cortante en placas (Tn)	Cortante en la base (Tn)	%	Sistema Estructural
X	676.7013	1,145.7094	59.06	Dual
Y	1,089.9704	1,304.3666	83.56	Muros estructurales

De la Tabla N° 58 se comprobó que los sistemas estructurales resultantes del análisis sísmico fueron los mismos asignados previamente en cada dirección de análisis, sistema estructural tipo Dual en la dirección “X” y de Muros estructurales en dirección “Y”.

➤ **Irregularidades en planta**

✓ **Irregularidad Torsional**

Para realizar la comprobación, de acuerdo con lo indicado en la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, se calcularon los desplazamientos relativos máximos y los desplazamientos relativos promedio de entrepiso de la edificación en el software ETABS v19:

Tabla N° 59.

Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “X” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

Piso	Desplazamiento relativo máximo calculado	Desplazamiento relativo promedio calculado	%	Condición
5	0.00245	0.00219	111.67	No cumple
4	0.00323	0.00284	113.71	No cumple
3	0.00370	0.00320	115.50	No cumple
2	0.00363	0.00309	117.47	No cumple
1	0.00237	0.00199	119.01	No cumple

Tabla N° 60.

Irregularidad de Torsión del modelado en la dirección “Y” con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

Piso	Desplazamiento relativo máximo calculado	Desplazamiento relativo promedio calculado	%	Condición
5	0.00379	0.00295	128.23	No cumple
4	0.00419	0.00337	124.22	No cumple
3	0.00418	0.00345	121.35	No cumple
2	0.00354	0.00299	118.64	No cumple
1	0.00193	0.00168	115.06	No cumple

Debido a que en ambas direcciones el máximo desplazamiento relativo de entrepiso supera al 50% del valor establecido para sistemas de concreto armado (0,007) se aplicó el criterio de comprobación, sin embargo, de las Tablas N° 59 y 60 se determinó que no existe esta irregularidad en ninguna dirección de análisis.

Finalmente, después de realizar la comprobación de los sistemas estructurales e irregularidad por torsión, se concluyó que no existen variaciones a las estipuladas inicialmente por lo que se culminó el análisis en una primera instancia.

3.4.7.5. Comprobación de fuerza cortante mínima

La comprobación por fuerza cortante mínima se realizó calculando la fuerza cortante en la base aplicando el método estático, considerando los parámetros sísmicos previamente definidos. El factor de amplificación sísmica se determinó al aplicar la expresión (2.1) considerando los modos de vibración para la estructura modelada, en donde se determinaron los periodos de vibración (Ver Anexo 06) correspondientes a 0.377 y 0.327 segundos para la dirección “X” y “Y” respectivamente:

- **Dirección X**

$$C_X = 2.5 * \left(\frac{0.90}{0.376} \right); C_X \leq 2.5$$

$$C_X = 5.98; C_X \leq 2.5$$

$$\therefore C_X = 2.5$$

- **Dirección Y**

$$C_Y = 2.5 * \left(\frac{0.90}{0.376} \right); C_Y \leq 2.5$$

$$C_Y = 6.88; C_Y \leq 2.5$$

$$\therefore C_Y = 2.5$$

Mediante la expresión (2.6) se determinó la fuerza cortante generada por el análisis estático en ambas direcciones de análisis, además se realizó la comprobación de la relación C/R aplicando la expresión (2.7):

$$V_X = \frac{Z * U * C_X * S}{R_X} * P$$

$$V_X = \frac{0.40 * 1.30 * 2.50 * 1.40}{5.25} * 6,319.43 \text{ Tn}$$

$$V_X = 2,190.74 \text{ Tn}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.50}{5.25} = 0.476 > 0.125 \dots (\text{Ok})$$

$$V_Y = \frac{Z * U * C_Y * S}{R_Y} * P$$

$$V_Y = \frac{0.40 * 1.30 * 2.50 * 1.40}{4.50} * 6,319.43 \text{ Tn}$$

$$V_Y = 2,555.86 \text{ Tn}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{2.50}{4.50} = 0.556 > 0.125 \dots (\text{Ok})$$

Debido a que la edificación está clasificada como irregular, de acuerdo con la norma, se procedió a comparar la fuerza cortante en la base generada por el análisis dinámico con respecto al 90% de la fuerza generada por el análisis estático, y al resultar menor a esta última, se procedió a escalar el espectro de pseudo aceleraciones.

Tabla N° 61.

Factor escala del sismo dinámico con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

Dirección	Cortante	Cortante	90 % Cortante	Factor
	Estático (Tn)	Dinámico (Tn)	Estático (Tn)	Escala
X	2,190.74	1,145.71	1,971.66	1.7209
Y	2,555.86	1,304.37	2,300.27	1.7635

De acuerdo con la Tabla N° 61 los factores de escala resultaron ser de 1.7209 y 1.7635 en la dirección “X” y “Y” respectivamente, debido a ello, se amplificaron los

espectros de pseudo aceleración en cada dirección de análisis (Ver Anexo 17 y 18). Sin embargo, la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 establece que estos incrementos realizados no se considerarán para un nuevo cálculo de los desplazamientos de entrepiso por lo que se dio por culminado el análisis sísmico.

Figura N° 46.

Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección "X" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.

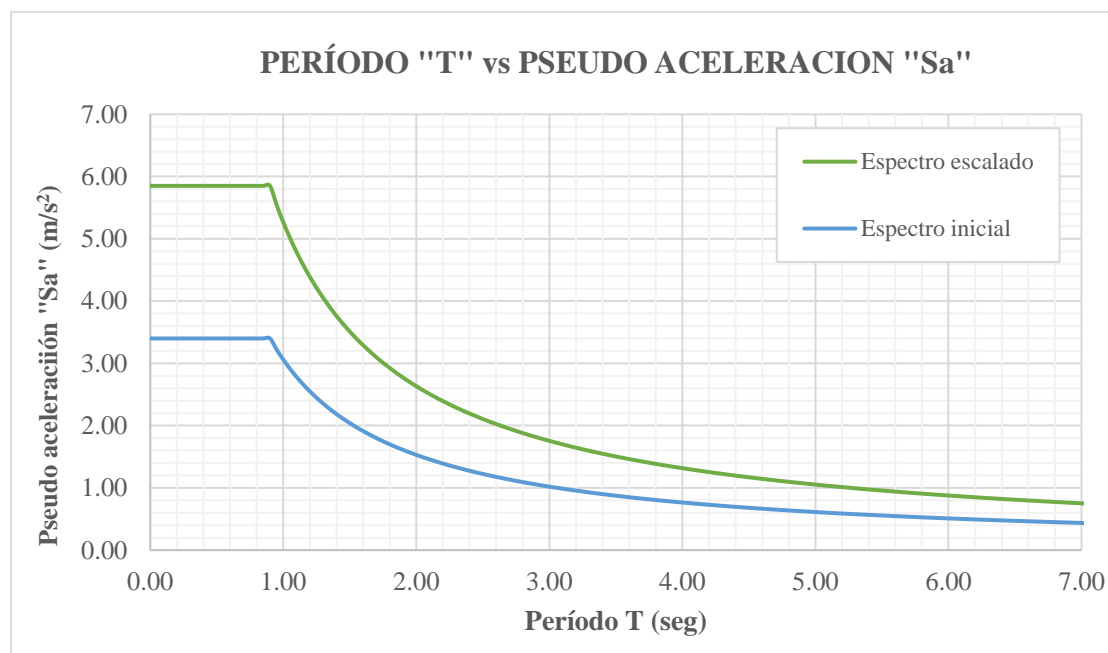
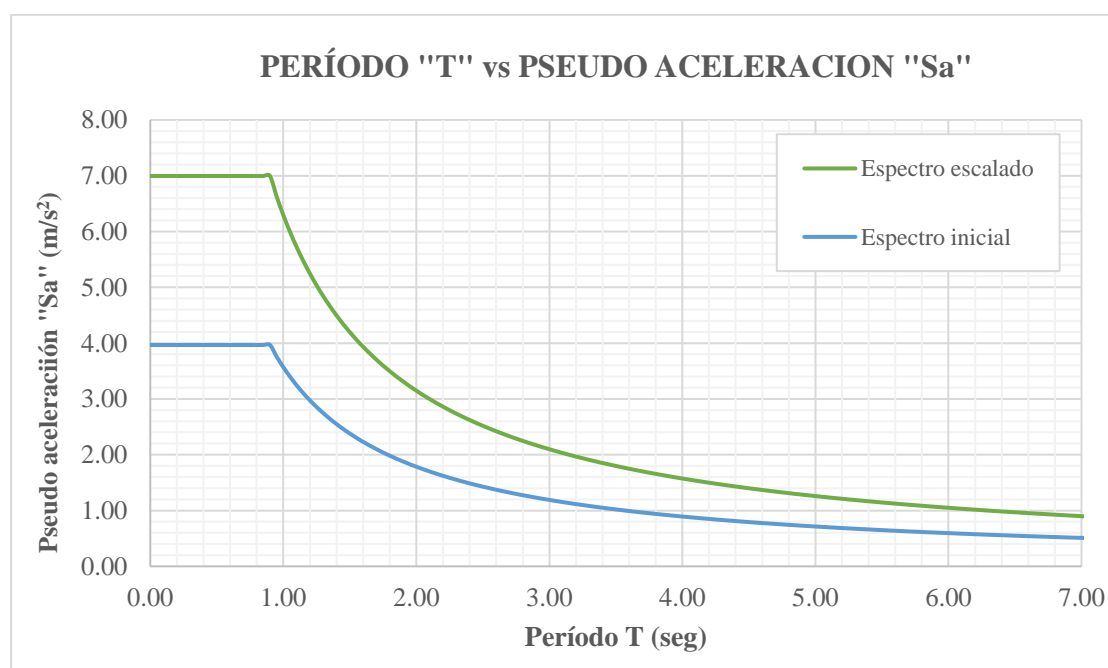


Figura N° 47.

Espectro de pseudo aceleraciones escalado del modelado para la dirección "Y" de análisis con la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003.



3.5. Presentación de resultados

3.5.1. Parámetros sísmicos

En función a lo establecido por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 se obtuvieron los parámetros para cada dirección de análisis:

Tabla N° 62.

Parámetros sísmicos considerados por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “X” de análisis

Parámetro Sísmico	Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030		
	2003	2016	2018
Factor zona “Z”	0.40	0.35	0.35
Factor de uso “U”	1.30	1.30	1.30
Factor de amplificación sísmica “C”	2.50	2.50	2.50
Factor de amplificación del suelo “S”	1.40	1.20	1.20
Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas “R0”	7.00	7.00	7.00
Factor de irregularidad en altura “Ia”	0.75	1.00	1.00
Factor de irregularidad en planta “Ip”		0.75	0.90
Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas “R”	5.25	5.25	6.30

Tabla N° 63.

Parámetros sísmicos considerados por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis

Parámetro Sísmico	Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030		
	2003	2016	2018
Factor zona “Z”	0.40	0.35	0.35
Factor de uso “U”	1.30	1.30	1.30
Factor de amplificación sísmica “C”	2.50	2.50	2.50
Factor de amplificación del suelo “S”	1.40	1.20	1.20
Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas “R0”	6.00	6.00	6.00
Factor de irregularidad en altura “Ia”	0.75	1.00	1.00
Factor de irregularidad en planta “Ip”		0.75	0.90
Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas “R”	4.50	4.50	5.40

3.5.2. Derivas de entrepiso

Mediante el análisis sísmico dinámico de la edificación en estudio y con lo establecido por cada versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018, se obtuvieron las derivas de entrepiso máximas en cada dirección de análisis, las cuales se presentan a continuación:

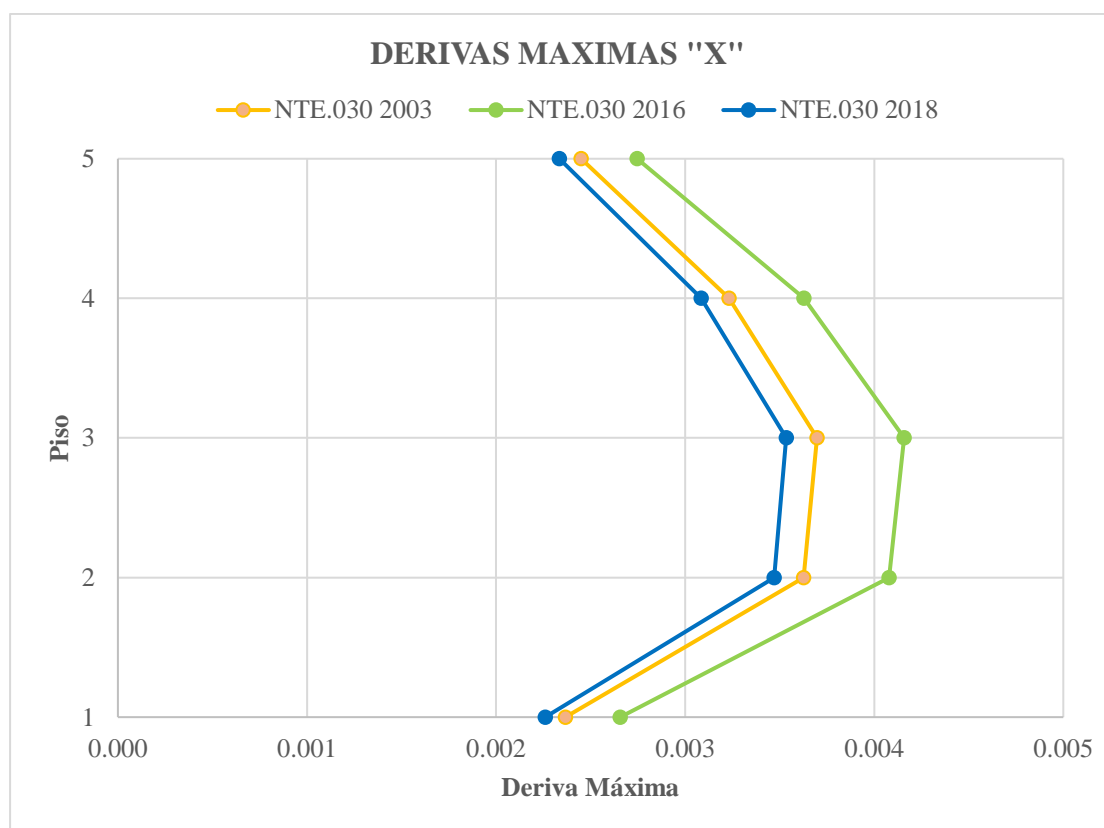
Tabla N° 64.

Derivas máximas de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección "X" de análisis

Piso	Deriva máxima de entrepiso		
	NTE.030 2003	NTE.030 2016	NTE.030 2018
Piso 5	0.00245	0.00275	0.00233
Piso 4	0.00323	0.00363	0.00308
Piso 3	0.00370	0.00416	0.00353
Piso 2	0.00363	0.00408	0.00347
Piso 1	0.00237	0.00266	0.00226

Figura N° 48.

Derivas máximas de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección "X" de análisis.



Para el análisis en la dirección en “Y” se obtuvieron los siguientes resultados:

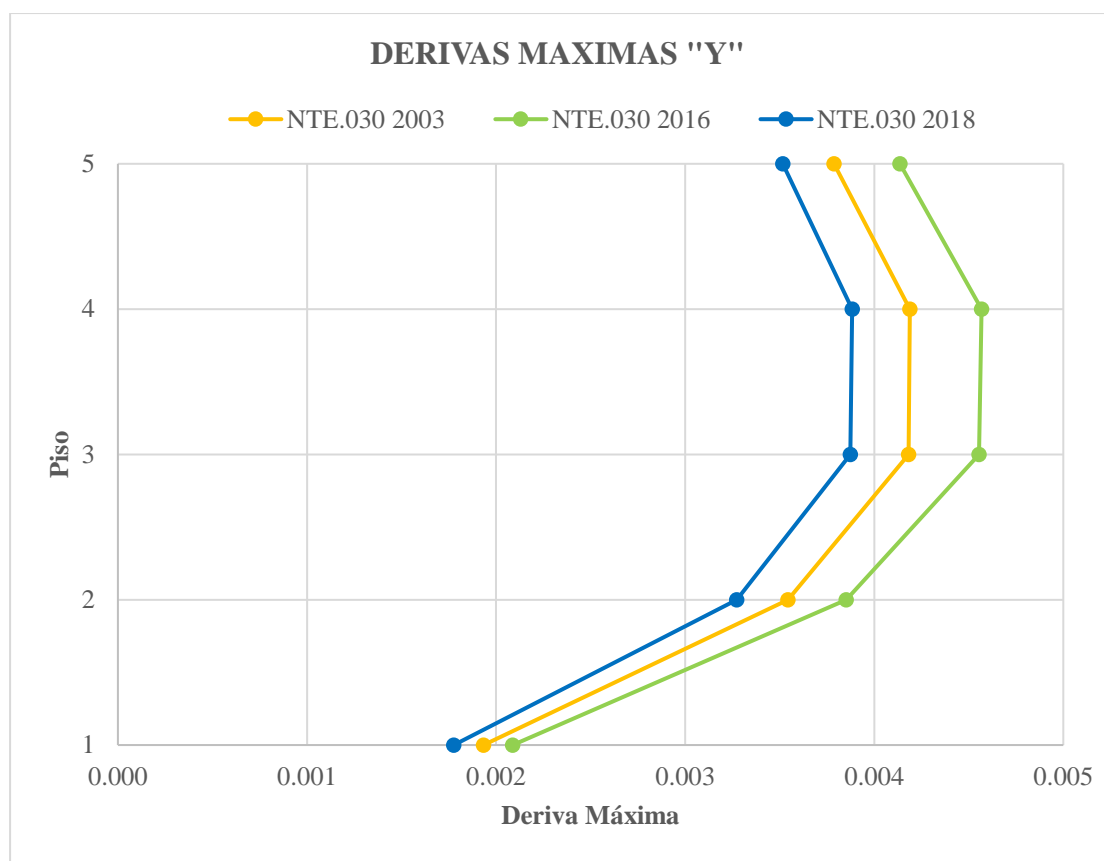
Tabla N° 65.

Derivas máximas de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis

Piso	Deriva máxima de entrepiso		
	NTE.030 2003	NTE.030 2016	NTE.030 2018
Piso 5	0.00379	0.00414	0.00352
Piso 4	0.00419	0.00457	0.00388
Piso 3	0.00418	0.00455	0.00387
Piso 2	0.00354	0.00385	0.00327
Piso 1	0.00193	0.00209	0.00178

Figura N° 49.

Derivas máximas de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis.



3.5.3. Desplazamientos laterales máximos

Los desplazamientos laterales máximos se determinaron con las versiones de la Norma Técnica E.030 2003, 2016 y 2018, para cada dirección de análisis, los cuales se presentan a continuación:

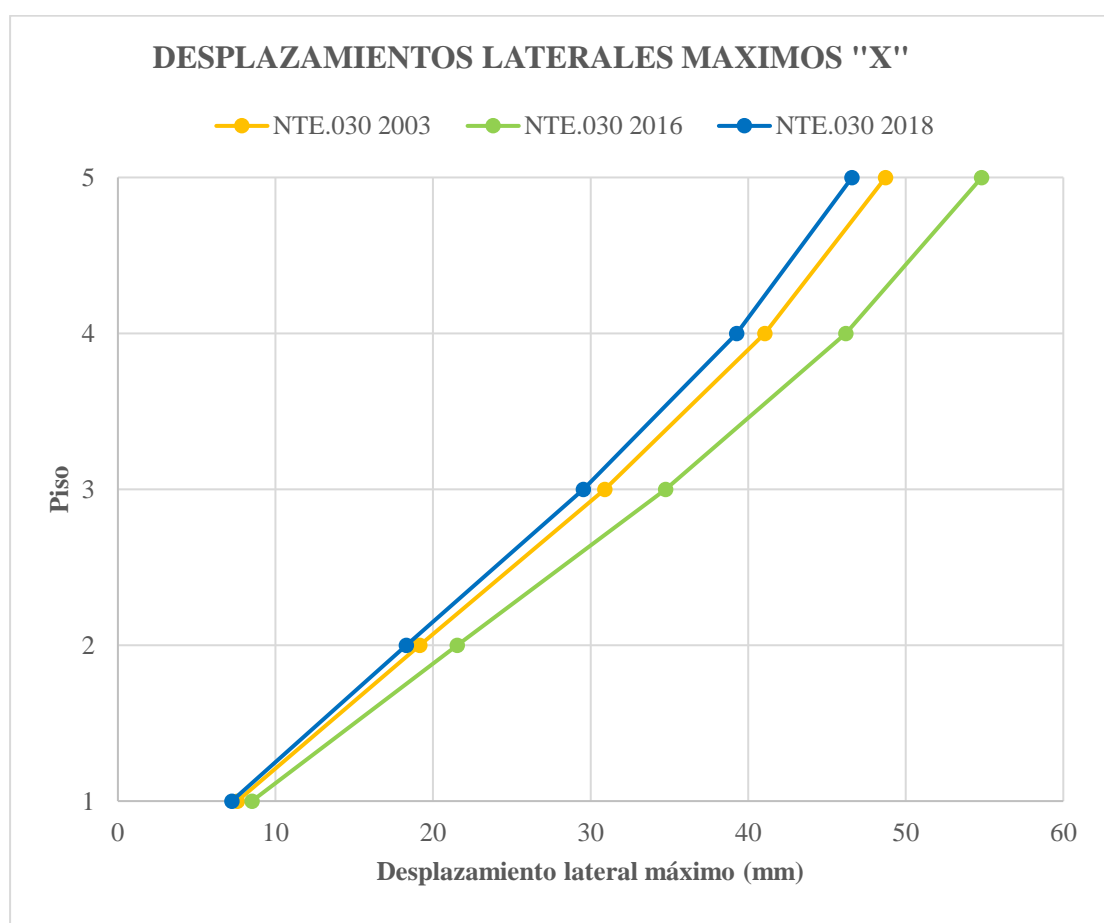
Tabla N° 66.

Desplazamientos laterales máximos de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección "X" de análisis.

Piso	Desplazamiento lateral máximo (mm)		
	NTE.030 2003	NTE.030 2016	NTE.030 2018
Piso 5	48.72	54.82	46.59
Piso 4	41.06	46.19	39.27
Piso 3	30.89	34.76	29.54
Piso 2	19.16	21.54	18.31
Piso 1	7.58	8.51	7.23

Figura N° 50.

Desplazamiento lateral máximo de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección "X" de análisis.



Con respecto a la dirección de análisis en “Y”, se obtuvieron los siguientes resultados:

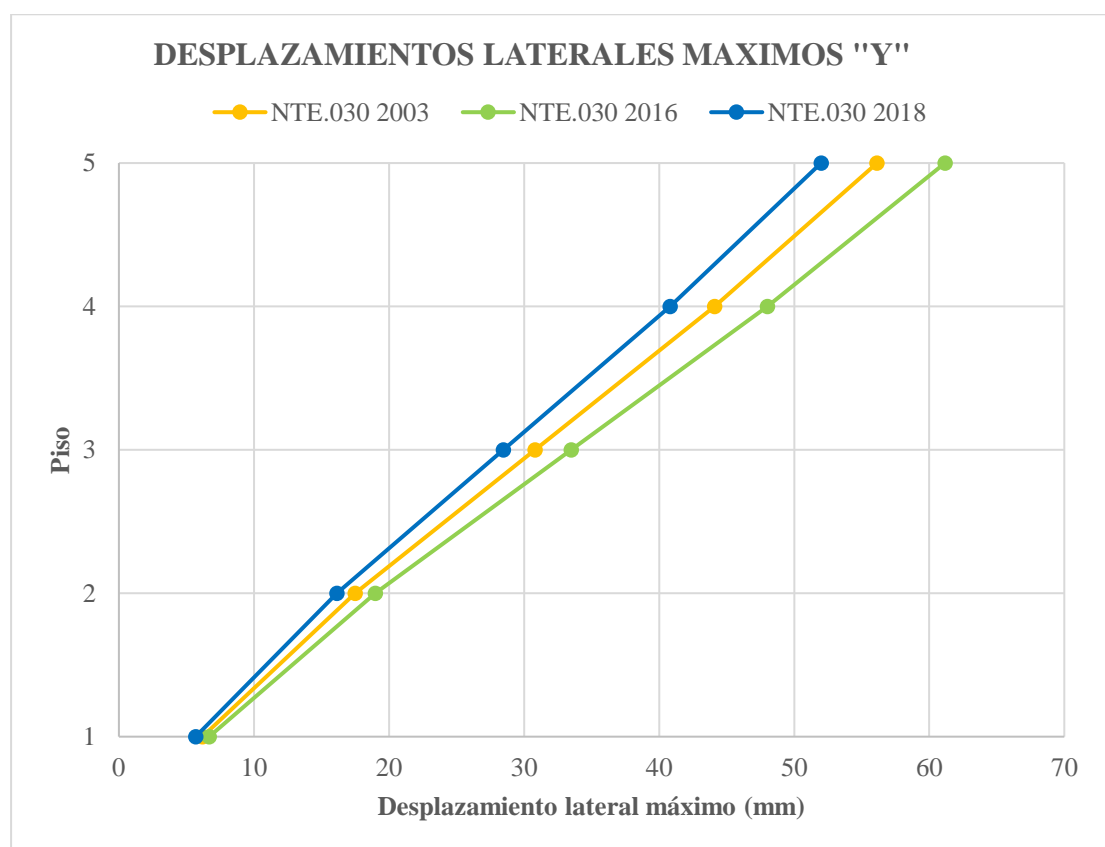
Tabla N° 67.

Desplazamientos laterales máximos de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis.

Piso	Desplazamiento lateral máximo (mm)		
	NTE.030 2003	NTE.030 2016	NTE.030 2018
Piso 5	56.14	61.16	51.99
Piso 4	44.11	48.02	40.81
Piso 3	30.82	33.50	28.47
Piso 2	17.50	18.98	16.13
Piso 1	6.19	6.68	5.68

Figura N° 51.

Desplazamiento lateral máximo de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis.



3.5.4. Fuerzas cortantes de entrepiso

Las fuerzas cortantes se determinaron para cada dirección de análisis, luego de haber sido escaladas en función a lo especificado por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018, los resultados se presentan a continuación:

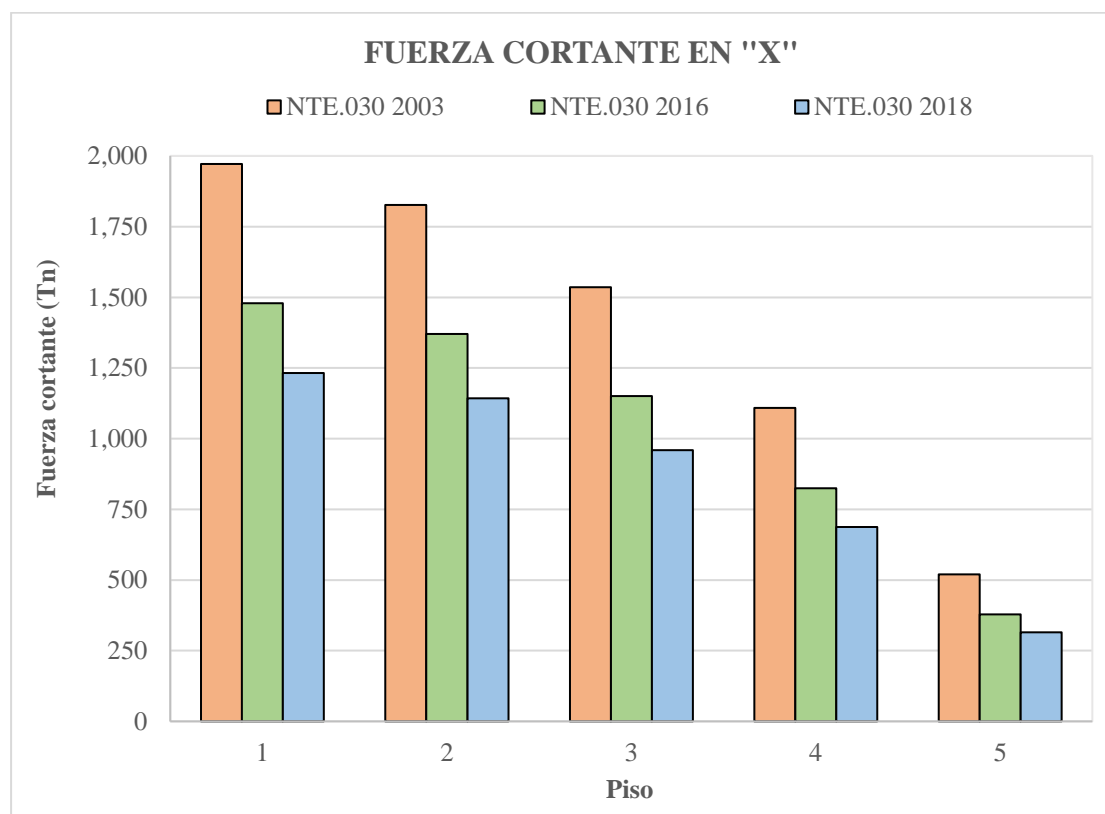
Tabla N° 68.

Fuerza cortante de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección "X" de análisis.

Piso	Fuerza Cortante (Tn)		
	NTE.030 2003	NTE.030 2016	NTE.030 2018
Piso 5	519.97	377.98	314.98
Piso 4	1,109.34	824.83	687.36
Piso 3	1,535.56	1,150.75	958.96
Piso 2	1,826.56	1,370.69	1,142.24
Piso 1	1,971.65	1,478.71	1,232.26

Figura N° 52.

Fuerza cortante de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección "X" de análisis



Para la dirección de análisis en “Y”, las fuerzas cortantes de entrepiso obtenidas son:

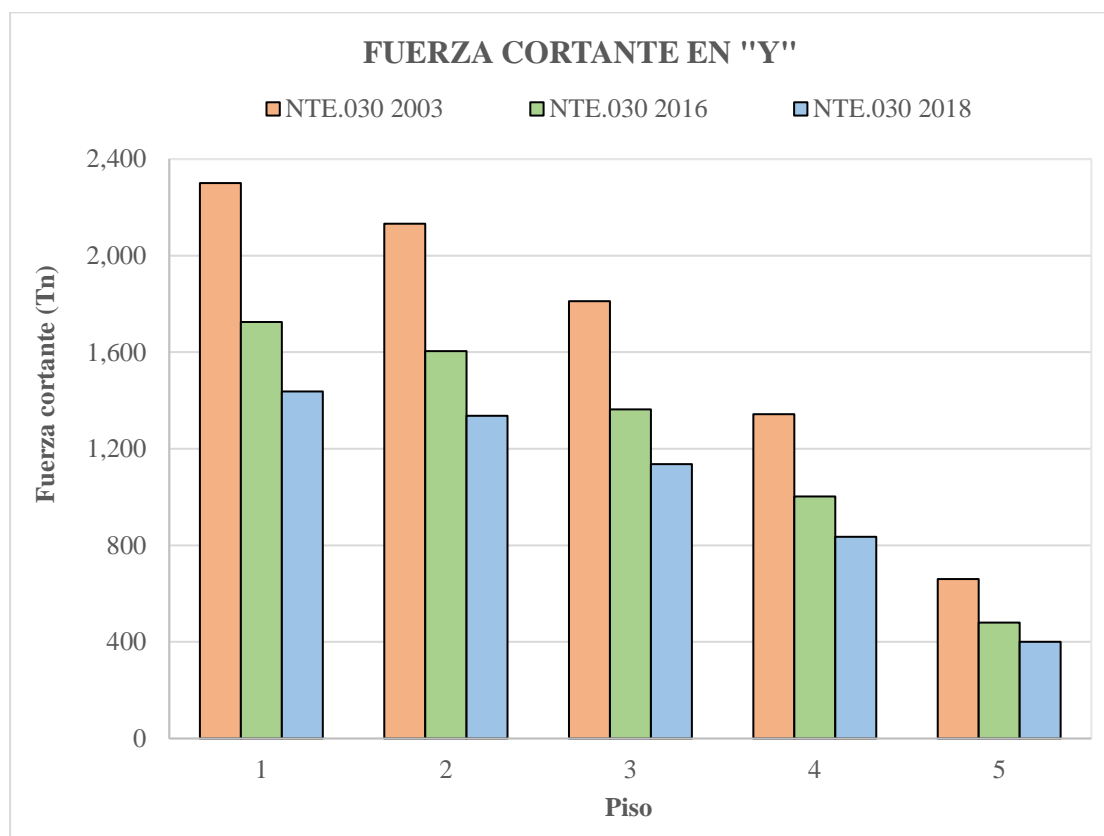
Tabla N° 69.

Fuerza cortante de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis.

Piso	Fuerza Cortante (Tn)		
	NTE.030 2003	NTE.030 2016	NTE.030 2018
Piso 5	660.56	480.70	400.59
Piso 4	1,342.73	1,002.76	835.64
Piso 3	1,810.77	1,363.82	1,136.52
Piso 2	2,131.75	1,604.44	1,337.03
Piso 1	2,300.25	1,725.25	1,437.71

Figura N° 53.

Fuerza cortante de entrepiso al considerar las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 en la dirección “Y” de análisis



CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Parámetros sísmicos

4.1.1. Dirección en “X”

Los parámetros sísmicos indicados en la Tabla N° 62, presentaron las siguientes características:

- ✓ El factor de zona “Z” indicado por la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 varió con respecto de las otras dos versiones debido a que en esta solo se consideran tres zonas sísmicas con un valor diferente al de sus actualizaciones.
- ✓ El factor de uso “U” es el mismo debido a que la edificación es de tipo comercial y en las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 clasifican a este tipo de edificación en una categoría tipo “B”, edificación importante, con un coeficiente de 1.30.
- ✓ El factor de amplificación sísmica “C”, al considerar un análisis estático, se determinó con un valor de 2.50 para las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018.
- ✓ El factor de amplificación del suelo “S” también presentó una variación en la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, esto debido a que solo se considera cuatro tipos de suelo mientras que en las otras versiones se consideran cinco tipos de suelo con diferentes valores por tipo.
- ✓ El coeficiente básico de reducción “R₀” resultó siendo el mismo para las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 debido a que en la dirección de estudio el tipo de sistema estructural es de concreto armado tipo “Dual” con un coeficiente de 7.
- ✓ Las irregularidades se determinaron de acuerdo con lo indicado por cada versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018, teniéndose para las tres versiones las Irregularidades en Planta de Esquinas Entrantes y de Sistemas no Paralelos, sin embargo, al emplear la versión del 2016 se determinó también la existencia de Irregularidad Torsional, es por ello por lo que los factores de irregularidad son diferentes en función a cada versión de norma.

4.1.2. Dirección en “Y”

Con respecto a esta dirección y de acuerdo con la Tabla N° 63, los valores obtenidos en la dirección “Y” presentaron las mismas variaciones que los generados en la dirección “X”, con una única diferencia con respecto al coeficiente Básico de educación de fuerzas sísmicas “R₀” debido a que para la dirección de análisis “Y” el tipo de sistema estructural se trató de un sistema de concreto armado del tipo “Muros Estructurales” con un coeficiente de 6.

4.2. Derivas de entrepiso máxima

4.2.1. Dirección en “X”

De la Tabla N° 64 y la Figura N° 48, se determinó que las derivas máximas de entrepiso para la dirección de análisis en “X” no superan el valor máximo indicado por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018, correspondiente a 0.007 para estructuras de concreto armado, y que los valores máximos del análisis se dieron al emplear la versión del 2016, mientras que para la versión del 2018 se obtuvieron los menores resultados. A su vez, se apreció que las derivas máximas se encontraron en el tercer piso para las tres versiones, representando la generada por la versión del 2016 con respecto a las obtenidas por las del 2003 y 2018 el 112.46% y 117.65% respectivamente.

4.2.2. Dirección en “Y”

De acuerdo con la Tabla N° 65 y Figura N° 49, se observó que las derivas máximas en la dirección “Y” tampoco superan al valor especificado por las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 para sistemas estructurales de concreto armado, 0.007, y que las máximas derivas de entrepiso se dan al aplicar la versión del 2016, mientras que la versión del 2018 presenta los menores valores. Además, se aprecia que las máximas derivas se dan en el cuarto piso, representando la calculada por la versión del 2016 el 109.05% de la del 2003 y el 117.62% de la del 2018.

4.3. Desplazamientos laterales máximos

4.3.1. Dirección en “X”

Los resultados obtenidos para la dirección en “X”, mostrados en la Tabla N° 66 y Figura N° 50, presentaron valores mayores al emplear la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016, mientras que para la versión del 2018 se evidenciaron menores

resultados. Así mismo, el desplazamiento lateral máximo calculado por la versión del 2016 representó el 112.52 % con respecto al de la del 2003 y el 117.66 % de la del 2018.

4.3.2. Dirección en “Y”

De la Tabla N° 67 y Figura N° 51, se determinó que los resultados en la dirección “Y”, son mayores al utilizar la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 y presentan menores valores al emplear la versión del 2018. Además, el desplazamiento lateral máximo calculado por la versión del 2016 representó con respecto a las versiones del 2003 y 2018 el 108.96% y 117.64 % respectivamente.

4.4. Fuerzas cortantes de entrepiso

4.4.1. Dirección en “X”

De acuerdo con la Tabla N° 68 y Figura N° 52, se observó que los valores mayores para las fuerzas cortantes en la dirección “X” son los correspondientes a los calculados por la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003, mientras que los valores menores corresponden a los obtenidos por la versión del 2018. Así mismo, el valor generado del cortante en la base por la versión del 2003 representó el 133.34% con respecto al del 2016 y el 160.00% con respecto a la del 2018.

4.4.2. Dirección en “Y”

En la Tabla N° 69 y Figura N° 53, se mostró que las fuerzas cortantes obtenidas por la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 son las mayores, mientras que, las fuerzas generadas por la versión del 2018 presentaron los menores valores, en la dirección de análisis en “Y”. Además, la fuerza cortante basal obtenida por la versión del 2003 corresponde al 133.33 % de la generada por la del 2016 y el 159.99 % con respecto a la del 2018.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La versión de la Norma Técnica E.030 del 2016 generó una mayor respuesta estructural para la edificación de la galería comercial “Leguía” al obtener mayores derivas relativas y desplazamientos máximos de entrepiso a comparación de las versiones del 2003 y 2018.
- Los parámetros sísmicos correspondientes al factor uso “U”, amplificación sísmica “C” y el coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas “R₀” resultaron ser los mismos al emplear las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018, sin embargo, los parámetros del factor zona “Z” y de amplificación del suelo “S” generados por la versión del 2003 resultaron ser diferentes debido a que estos consideran una clasificación diferente a las versiones del 2016 y 2018.
- Las versiones de la Norma Técnica E.030 del 2003, 2016 y 2018 determinaron que la edificación en estudio se trató de una estructura irregular debido a que existieron las irregularidades en planta de esquinas entrantes y sistemas no paralelos, sin embargo, la versión del 2016 determinó la existencia de la irregularidad torsional por lo que los factores de irregularidad fueron variables en función a cada versión de la norma.
- Las derivas máximas de entrepiso, para ambas direcciones de análisis, se dieron al utilizar la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016, esto debido a que el factor de amplificación de las derivas obtenidas resultó ser el 100% del coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas, mientras que para las versiones del 2003 y 2018 emplearon porcentajes del 75 y 85% respectivamente. Para la dirección en “X”, las derivas máximas de entrepiso se dieron en el tercer piso, siendo la generada por la versión del 2016 (4.16‰) mayor en un 12.46% a la del 2003 (3.70‰) y un 17.65% con respecto a la del 2018 (3.53‰). Así mismo, para la dirección en “Y”, las derivas máximas de entrepiso se dieron en el cuarto piso, siendo la generada por la versión del 2016 (4.57‰) mayor con respecto a las versiones del 2003 (4.519‰) y 2018 (3.87‰) en un 9.05% y 17.62% respectivamente.
- Los desplazamientos laterales máximos, para ambas direcciones de análisis, se presentaron al ser obtenidos mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016, debido a las mismas consideraciones indicadas con respecto a las derivas

máximas de entrepiso. En la dirección “X”, el desplazamiento lateral máximo calculado por la versión del 2016 (54.82 mm) mayor en un 12.52% a la del 2003 (48.72 mm) y un 17.66% con respecto a la del 2018 (46.59 mm). Mientras que, para la dirección en “Y”, el valor obtenido por la versión del 2016 (61.16 mm) es mayor que los generados por las del 2003 (56.14 mm) y 2018 (51.99 mm) en un 8.96% y 17.64% respectivamente.

- La mayor fuerza cortante en la base, generada al realizar el escalamiento por fuerza cortante mínima, se dio al emplear la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003 debido a que los parámetros sísmicos del factor zona “Z” y factor de amplificación de suelo “S” son más conservadores que los de las versiones del 2016 y 2018, además, ya que la versión del 2016 consideró la existencia de la irregularidad torsional en planta, esta generó un mayor valor de fuerza cortante basal con respecto a la versión del 2018. Para la dirección en “X” la fuerza cortante obtenida por la versión del 2003 (1,971.65 Tn) es mayor que la de la del 2016 (1,478.71 Tn) en un 133.34% y mayor que la del 2018 (1,232.26 Tn) en un 60.00%. Así mismo, en la dirección “Y”, las fuerzas cortantes generadas por la versión del 2003 (2,300.25 Tn) es mayor con respecto a las versiones del 2016 (1,725.25 Tn) y 2018 (1,437.71 Tn) en un 33.33% y 59.99% respectivamente.

5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios comparativos de la respuesta estructural generada al emplear distintas versiones de la Norma Técnica E.030 aplicadas hacia edificaciones cuyo sistema estructural sea de acero, albañilería o madera.
- Realizar estudios comparativos que determinen la influencia generada en la respuesta estructural al emplear la Norma Técnica E.030 en edificaciones de la ciudad de Cajamarca al considerar como variable el parámetro sísmico de factor de suelo.
- Realizar evaluaciones de edificaciones de la categoría esencial diseñadas con versiones anteriores a la de la Norma Técnica E.030 del 2018 para así determinar si estas cumplen con lo estipulado por la versión del 2018.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro Ríos, V. (2017). *Estudio Comparativo de la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente y la Norma Chilena NCH433 Diseño Sísmico de Edificios, y su Aplicación a un Edificio de Concreto Armado*. [Tesis de pregrado]. Universidad Privada de Tacna.
- Aranda Nieves, S. A., & Díaz Portilla, M. A. (2017). *Comparación Técnica entre el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente- NSR-98 y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente- NSR-10 en Edificaciones en la ciudad De Bogotá*. [Tesis de pregrado]. Universidad Católica de Colombia.
- Bazán, E., & Meli, R. (2002). *Diseño Sísmico de Edificios* (Primera edición). Limusa Noriega Editores.
- Blanco Blasco, A. (1994). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado* (Segunda Edición). PRINCELINNESS E.I.R.L.
- Cárdenas Muñoz, B. D., & Villegas Sánchez, K. G. (2019). *Comparación en el Análisis Sísmico de una Estructura Irregular considerando las normas E030 2003, 2016 y 2018*. [Tesis pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cutipa Quispe, S. E. (2018). *Análisis Comparativo de la Respuesta Sísmica de un Edificio de Concreto Armado aplicando las Normas de Diseño Sismorresistente de Perú, Chile, Estados Unidos Y Japón*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Altiplano.
- Instituto Americano del Concreto 318. (2014). *Reglamento para Concreto Estructural*.
- Málaga Cardoza, J. F. (2015). *Estudio Comparativo de distintas Normas Internacionales respecto de la Aplicación de los Espectros Sísmicos de Respuesta*. [Tesis de Máster]. Universidad Politécnica del Madrid.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2003). *Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma Técnica de Edificación E.020 Cargas*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú.

- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú.
- Morales Morales, R. (2006). *Diseño en Concreto Armado* (Primera Edición). Fondo Editorial ICG.
- Mosqueira Moreno, M.A. (2020). *Comparación de la respuesta sísmica de un pabellón de configuración irregular de la I.E. Emblemática. Santa Teresita usando la Norma Técnica E030 del 2003 y del 2016*. *Cajamarca*, 19(1-2).
- Predimensionamiento de losas y vigas. (2015). En P. Ambrocio (Comp.), *Dibujo de estructuras*. SENCICO
- Valdivia Chilón, J. F. (2019). *Análisis Comparativo del Diseño Estructural de una Edificación de Tres Niveles de Estructura Irregular según las Normas de Sismorresistencia E.030-2006 y la E.030-2016, en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Zapata Hernández, D. (2019). *Influencia de las Normas E.030-2003 y E.030-2018 en el Diseño Sísmico de Edificaciones de Concreto Armado de diferentes alturas*. [Tesis de pregrado]. Universidad Ricardo Palma.

ANEXOS

Anexo 01: Predimensionamiento de vigas

EJE	LUZ CRITICA (m)	$h = L/10$ (m)	$b = h/2$ (m)	h optado (cm)	b optado (cm)	Sección Final (cm)
1-1	7.53	0.753	0.377	75	40	40 x 75
2-2	7.53	0.753	0.377	75	40	40 x 75
3-3	3.63	0.363	0.182	40	25	25 x 40
4-4	3.63	0.363	0.182	40	25	25 x 40
5-5	3.63	0.363	0.182	40	25	25 x 40
6-6	7.30	0.730	0.365	75	40	40 x 75
7-7	3.63	0.363	0.182	55	30	30 x 55 ⁽¹⁾
8-8	7.53	0.753	0.377	75	40	40 x 75
9-9	6.53	0.653	0.327	65	35	35 x 65
10-10	6.55	0.655	0.328	65	35	35 x 65
11-11	5.40	0.540	0.270	55	30	30 x 55
A-A	7.34	0.734	0.367	75	40	40 x 75
B-B	7.34	0.734	0.367	75	40	40 x 75
C-C	6.48	0.648	0.324	65	35	35 x 65
D-D	5.50	0.550	0.275	55	30	30 x 55
E-E	5.50	0.550	0.275	55	30	30 x 55
F-F	5.50	0.550	0.275	55	30	30 x 55
G-G	5.50	0.550	0.275	55	30	30 x 55
H-H	5.59	0.559	0.280	55	30	30 x 55
I-I	5.50	0.550	0.275	55	30	30 x 55
J-J	5.51	0.551	0.276	55	30	30 x 55
K-K	5.59	0.559	0.280	55	30	30 x 55
L-L	5.50	0.550	0.275	55	30	30 x 55

(1) La sección queda incrementada hasta 30x55 debido a la existencia de un volado al final del eje 7-7.

Anexo 02: Predimensionamiento de losas aligeradas

CARACTERISTICAS	DIRECCION		
	X	Y	INCLINADA
Luz libre máxima (m)	3.30	3.38	3.23
h (m)	0.17	0.18	0.17
h optado (m)	0.20	0.20	0.20
S/C (Kg/m ²)	500.00	500.00	500.00
Peso propio aligerado (Kg/m ²)	300.00	300.00	300.00
Peso propio piso terminado (Kg/m ²)	100.00	100.00	100.00
Peso propio tabiquería (Kg/m ²)	100.00	100.00	100.00
Carga muerta (Kg/m ²)	500.00	500.00	500.00
Carga viva (Kg/m ²)	500.00	500.00	500.00
Peralte efectivo "d" (cm)	17.50	17.50	17.50
Ancho de vigueta "bw" (cm)	10.00	10.00	10.00
Resistencia a compresión del concreto "F'c" (Kg/cm ²)	210.00	210.00	210.00
Carga ultima distribuida "Wu" (Kg/m)	620.00	620.00	620.00
Cortante último "Vu" (Kg)	1176.45	1204.97	1151.50
Cortante a "d" de la cara "Vud" (Kg)	1067.95	1096.47	1043.00
Cortante admisible del concreto "ØVc" (Kg)	1256.71	1256.71	1256.71
Comprobación por corte	Cumple	Cumple	Cumple

Anexo 03: Predimensionamiento de columnas**Datos:**

Peso propio losa aligerada (20cm)	:	300 Kg/m ²
Peso propio piso terminado	:	100 Kg/m ²
Peso tabiquería	:	100 Kg/m ²
Peso propio columnas	:	100 Kg/m ²
Peso propio vigas	:	100 Kg/m ²
Sobrecarga por uso comercial	:	500 Kg/m ²
Número de pisos	:	5 niveles
Carga total por gravedad	:	6,000 Kg/m ²
Resistencia a compresión concreto	:	210 Kg/cm ²

COLUMNA	TIPO	ÁREA (m²)	b*D (cm²)	D optado (cm)	b (cm)	Sección (cm)
C-1	E	5.32	1140.00	45	40	40 x 45
C-2	L	14.29	2041.43	65	40	40 x 65
C-3	L	17.11	2444.29	65	40	40 x 65
C-4	L	7.86	1122.86	55	40	40 x 55
C-5	L	11.51	1644.29	50	40	40 x 50
C-6	L	9.66	1380.00	50	40	40 x 50
C-7	L	11.18	1597.14	65	40	40 x 65
C-8	L	16.78	2397.14	65	40	40 x 65
C-9	L	6.08	868.57	40	30	40 x 40
C-10	C	10.94	1146.10	40	40	40 x 40
C-11	C	28.82	3019.24	70	50	50 x 70
C-12	C	31.79	3330.38	70	50	50 x 70
C-13	C	16.32	1709.71	50	40	40 x 55
C-14	C	37.72	3951.62	85	50	50 x 85
C-15	C	22.37	2343.52	65	40	40 x 65
C-16	C	20.2	2116.19	65	40	40 x 65
C-17	C	18.17	1903.52	65	40	40 x 65
C-18	C	24.61	2578.19	70	50	50 x 70

Anexo 04: Espectro de pseudo aceleraciones en la dirección “X” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018

T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)
0.00	2.50	2.1248	1.45	1.72	1.4654	4.20	0.23	0.1927
0.05	2.50	2.1248	1.50	1.67	1.4165	4.30	0.22	0.1839
0.10	2.50	2.1248	1.55	1.61	1.3708	4.40	0.21	0.1756
0.15	2.50	2.1248	1.60	1.56	1.3280	4.50	0.20	0.1679
0.20	2.50	2.1248	1.70	1.38	1.1764	4.60	0.19	0.1607
0.25	2.50	2.1248	1.80	1.23	1.0493	4.70	0.18	0.1539
0.30	2.50	2.1248	1.90	1.11	0.9417	4.80	0.17	0.1476
0.35	2.50	2.1248	2.00	1.00	0.8499	4.90	0.17	0.1416
0.40	2.50	2.1248	2.10	0.91	0.7709	5.00	0.16	0.1360
0.45	2.50	2.1248	2.20	0.83	0.7024	5.10	0.15	0.1307
0.50	2.50	2.1248	2.30	0.76	0.6427	5.20	0.15	0.1257
0.55	2.50	2.1248	2.40	0.69	0.5902	5.30	0.14	0.1210
0.60	2.50	2.1248	2.50	0.64	0.5439	5.40	0.14	0.1166
0.65	2.50	2.1248	2.60	0.59	0.5029	5.50	0.13	0.1124
0.70	2.50	2.1248	2.70	0.55	0.4663	5.60	0.13	0.1084
0.75	2.50	2.1248	2.80	0.51	0.4336	5.70	0.12	0.1046
0.80	2.50	2.1248	2.90	0.48	0.4042	5.80	0.12	0.1011
0.85	2.50	2.1248	3.00	0.44	0.3777	5.90	0.11	0.0977
0.90	2.50	2.1248	3.10	0.42	0.3538	6.00	0.11	0.0944
0.95	2.50	2.1248	3.20	0.39	0.3320	6.10	0.11	0.0914
1.00	2.50	2.1248	3.30	0.37	0.3122	6.20	0.10	0.0884
1.05	2.38	2.0236	3.40	0.35	0.2941	6.30	0.10	0.0857
1.10	2.27	1.9316	3.50	0.33	0.2775	6.40	0.10	0.0830
1.15	2.17	1.8476	3.60	0.31	0.2623	6.50	0.09	0.0805
1.20	2.08	1.7707	3.70	0.29	0.2483	6.60	0.09	0.0780
1.25	2.00	1.6998	3.80	0.28	0.2354	6.70	0.09	0.0757
1.30	1.92	1.6345	3.90	0.26	0.2235	6.80	0.09	0.0735
1.35	1.85	1.5739	4.00	0.25	0.2125	6.90	0.08	0.0714
1.40	1.79	1.5177	4.10	0.24	0.2022	7.00	0.08	0.0694

Anexo 05: Espectro de pseudo aceleraciones en la dirección “Y” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018

T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)
0.00	2.50	2.4789	1.45	1.72	1.7096	4.20	0.23	0.2248
0.05	2.50	2.4789	1.50	1.67	1.6526	4.30	0.22	0.2145
0.10	2.50	2.4789	1.55	1.61	1.5993	4.40	0.21	0.2049
0.15	2.50	2.4789	1.60	1.56	1.5493	4.50	0.20	0.1959
0.20	2.50	2.4789	1.70	1.38	1.3724	4.60	0.19	0.1874
0.25	2.50	2.4789	1.80	1.23	1.2242	4.70	0.18	0.1796
0.30	2.50	2.4789	1.90	1.11	1.0987	4.80	0.17	0.1721
0.35	2.50	2.4789	2.00	1.00	0.9916	4.90	0.17	0.1652
0.40	2.50	2.4789	2.10	0.91	0.8994	5.00	0.16	0.1587
0.45	2.50	2.4789	2.20	0.83	0.8195	5.10	0.15	0.1525
0.50	2.50	2.4789	2.30	0.76	0.7498	5.20	0.15	0.1467
0.55	2.50	2.4789	2.40	0.69	0.6886	5.30	0.14	0.1412
0.60	2.50	2.4789	2.50	0.64	0.6346	5.40	0.14	0.1360
0.65	2.50	2.4789	2.60	0.59	0.5867	5.50	0.13	0.1311
0.70	2.50	2.4789	2.70	0.55	0.5441	5.60	0.13	0.1265
0.75	2.50	2.4789	2.80	0.51	0.5059	5.70	0.12	0.1221
0.80	2.50	2.4789	2.90	0.48	0.4716	5.80	0.12	0.1179
0.85	2.50	2.4789	3.00	0.44	0.4407	5.90	0.11	0.1139
0.90	2.50	2.4789	3.10	0.42	0.4127	6.00	0.11	0.1102
0.95	2.50	2.4789	3.20	0.39	0.3873	6.10	0.11	0.1066
1.00	2.50	2.4789	3.30	0.37	0.3642	6.20	0.10	0.1032
1.05	2.38	2.3609	3.40	0.35	0.3431	6.30	0.10	0.0999
1.10	2.27	2.2536	3.50	0.33	0.3238	6.40	0.10	0.0968
1.15	2.17	2.1556	3.60	0.31	0.3060	6.50	0.09	0.0939
1.20	2.08	2.0658	3.70	0.29	0.2897	6.60	0.09	0.0911
1.25	2.00	1.9831	3.80	0.28	0.2747	6.70	0.09	0.0884
1.30	1.92	1.9069	3.90	0.26	0.2608	6.80	0.09	0.0858
1.35	1.85	1.8362	4.00	0.25	0.2479	6.90	0.08	0.0833
1.40	1.79	1.7707	4.10	0.24	0.2359	7.00	0.08	0.0809

Anexo 06: Ratios modales de masa participativa del modelado

CASO	MODO	PERÍODO	UX	UY	RZ	ACUM	ACUM	ACUM
		(seg)	(%)	(%)	(%)	UX	UY	RZ
Modal	1	0.377	44.83	31.53	1.15	44.83	31.53	1.15
Modal	2	0.327	23.45	37.66	14.66	68.29	69.19	15.81
Modal	3	0.255	10.80	5.88	58.83	79.09	75.07	74.64
Modal	4	0.111	10.86	3.27	0.64	89.95	78.34	75.28
Modal	5	0.089	2.11	14.22	1.26	92.05	92.56	76.54
Modal	6	0.070	1.57	0.23	16.11	93.62	92.79	92.64
Modal	7	0.059	3.41	0.67	0.32	97.03	93.46	92.97
Modal	8	0.045	0.46	4.29	0.15	97.49	97.75	93.12
Modal	9	0.041	1.41	0.22	0.05	98.90	97.97	93.17
Modal	10	0.036	0.25	0.00	4.63	99.14	97.98	97.80
Modal	11	0.033	0.39	0.05	0.01	99.54	98.03	97.81
Modal	12	0.032	0.14	1.46	0.04	99.68	99.49	97.85
Modal	13	0.026	0.05	0.34	0.00	99.73	99.83	97.85
Modal	14	0.025	0.07	0.01	1.53	99.80	99.84	99.39
Modal	15	0.021	0.02	0.00	0.36	99.82	99.84	99.75

De la tabla se obtiene un período de vibración de 0.377 segundos para la dirección “X” mientras que para la dirección “Y” se obtuvo uno de 0.327 segundos

Anexo 07: Espectro de pseudo aceleraciones escalado en la dirección “X” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018

T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc
(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)
0.00	2.1248	3.2015	1.45	1.4654	2.2079	4.20	0.1927	0.2904
0.05	2.1248	3.2015	1.50	1.4165	2.1343	4.30	0.1839	0.2770
0.10	2.1248	3.2015	1.55	1.3708	2.0655	4.40	0.1756	0.2646
0.15	2.1248	3.2015	1.60	1.3280	2.0009	4.50	0.1679	0.2530
0.20	2.1248	3.2015	1.70	1.1764	1.7725	4.60	0.1607	0.2421
0.25	2.1248	3.2015	1.80	1.0493	1.5810	4.70	0.1539	0.2319
0.30	2.1248	3.2015	1.90	0.9417	1.4189	4.80	0.1476	0.2223
0.35	2.1248	3.2015	2.00	0.8499	1.2806	4.90	0.1416	0.2133
0.40	2.1248	3.2015	2.10	0.7709	1.1615	5.00	0.1360	0.2049
0.45	2.1248	3.2015	2.20	0.7024	1.0583	5.10	0.1307	0.1969
0.50	2.1248	3.2015	2.30	0.6427	0.9683	5.20	0.1257	0.1894
0.55	2.1248	3.2015	2.40	0.5902	0.8893	5.30	0.1210	0.1824
0.60	2.1248	3.2015	2.50	0.5439	0.8196	5.40	0.1166	0.1757
0.65	2.1248	3.2015	2.60	0.5029	0.7578	5.50	0.1124	0.1693
0.70	2.1248	3.2015	2.70	0.4663	0.7027	5.60	0.1084	0.1633
0.75	2.1248	3.2015	2.80	0.4336	0.6534	5.70	0.1046	0.1577
0.80	2.1248	3.2015	2.90	0.4042	0.6091	5.80	0.1011	0.1523
0.85	2.1248	3.2015	3.00	0.3777	0.5692	5.90	0.0977	0.1472
0.90	2.1248	3.2015	3.10	0.3538	0.5330	6.00	0.0944	0.1423
0.95	2.1248	3.2015	3.20	0.3320	0.5002	6.10	0.0914	0.1377
1.00	2.1248	3.2015	3.30	0.3122	0.4704	6.20	0.0884	0.1333
1.05	2.0236	3.0490	3.40	0.2941	0.4431	6.30	0.0857	0.1291
1.10	1.9316	2.9105	3.50	0.2775	0.4182	6.40	0.0830	0.1251
1.15	1.8476	2.7839	3.60	0.2623	0.3952	6.50	0.0805	0.1212
1.20	1.7707	2.6679	3.70	0.2483	0.3742	6.60	0.0780	0.1176
1.25	1.6998	2.5612	3.80	0.2354	0.3547	6.70	0.0757	0.1141
1.30	1.6345	2.4627	3.90	0.2235	0.3368	6.80	0.0735	0.1108
1.35	1.5739	2.3715	4.00	0.2125	0.3201	6.90	0.0714	0.1076
1.40	1.5177	2.2868	4.10	0.2022	0.3047	7.00	0.0694	0.1045

Anexo 08: Espectro de pseudo aceleraciones escalado en la dirección “Y” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2018

T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc
(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)
0.00	2.4789	3.7788	1.45	1.7096	2.6060	4.20	0.2248	0.3427
0.05	2.4789	3.7788	1.50	1.6526	2.5192	4.30	0.2145	0.3270
0.10	2.4789	3.7788	1.55	1.5993	2.4379	4.40	0.2049	0.3123
0.15	2.4789	3.7788	1.60	1.5493	2.3617	4.50	0.1959	0.2986
0.20	2.4789	3.7788	1.70	1.3724	2.0920	4.60	0.1874	0.2857
0.25	2.4789	3.7788	1.80	1.2242	1.8661	4.70	0.1796	0.2737
0.30	2.4789	3.7788	1.90	1.0987	1.6748	4.80	0.1721	0.2624
0.35	2.4789	3.7788	2.00	0.9916	1.5115	4.90	0.1652	0.2518
0.40	2.4789	3.7788	2.10	0.8994	1.3710	5.00	0.1587	0.2418
0.45	2.4789	3.7788	2.20	0.8195	1.2492	5.10	0.1525	0.2324
0.50	2.4789	3.7788	2.30	0.7498	1.1429	5.20	0.1467	0.2236
0.55	2.4789	3.7788	2.40	0.6886	1.0497	5.30	0.1412	0.2152
0.60	2.4789	3.7788	2.50	0.6346	0.9674	5.40	0.1360	0.2073
0.65	2.4789	3.7788	2.60	0.5867	0.8944	5.50	0.1311	0.1999
0.70	2.4789	3.7788	2.70	0.5441	0.8294	5.60	0.1265	0.1928
0.75	2.4789	3.7788	2.80	0.5059	0.7712	5.70	0.1221	0.1861
0.80	2.4789	3.7788	2.90	0.4716	0.7189	5.80	0.1179	0.1797
0.85	2.4789	3.7788	3.00	0.4407	0.6718	5.90	0.1139	0.1737
0.90	2.4789	3.7788	3.10	0.4127	0.6291	6.00	0.1102	0.1679
0.95	2.4789	3.7788	3.20	0.3873	0.5904	6.10	0.1066	0.1625
1.00	2.4789	3.7788	3.30	0.3642	0.5552	6.20	0.1032	0.1573
1.05	2.3609	3.5988	3.40	0.3431	0.5230	6.30	0.0999	0.1523
1.10	2.2536	3.4352	3.50	0.3238	0.4936	6.40	0.0968	0.1476
1.15	2.1556	3.2859	3.60	0.3060	0.4665	6.50	0.0939	0.1431
1.20	2.0658	3.1490	3.70	0.2897	0.4416	6.60	0.0911	0.1388
1.25	1.9831	3.0230	3.80	0.2747	0.4187	6.70	0.0884	0.1347
1.30	1.9069	2.9067	3.90	0.2608	0.3975	6.80	0.0858	0.1308
1.35	1.8362	2.7991	4.00	0.2479	0.3779	6.90	0.0833	0.1270
1.40	1.7707	2.6991	4.10	0.2359	0.3597	7.00	0.0809	0.1234

Anexo 09: Espectro de pseudo aceleraciones en la dirección “X” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016

T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)
0.00	2.50	2.1248	1.45	1.72	1.4654	4.20	0.23	0.1927
0.05	2.50	2.1248	1.50	1.67	1.4165	4.30	0.22	0.1839
0.10	2.50	2.1248	1.55	1.61	1.3708	4.40	0.21	0.1756
0.15	2.50	2.1248	1.60	1.56	1.3280	4.50	0.20	0.1679
0.20	2.50	2.1248	1.70	1.38	1.1764	4.60	0.19	0.1607
0.25	2.50	2.1248	1.80	1.23	1.0493	4.70	0.18	0.1539
0.30	2.50	2.1248	1.90	1.11	0.9417	4.80	0.17	0.1476
0.35	2.50	2.1248	2.00	1.00	0.8499	4.90	0.17	0.1416
0.40	2.50	2.1248	2.10	0.91	0.7709	5.00	0.16	0.1360
0.45	2.50	2.1248	2.20	0.83	0.7024	5.10	0.15	0.1307
0.50	2.50	2.1248	2.30	0.76	0.6427	5.20	0.15	0.1257
0.55	2.50	2.1248	2.40	0.69	0.5902	5.30	0.14	0.1210
0.60	2.50	2.1248	2.50	0.64	0.5439	5.40	0.14	0.1166
0.65	2.50	2.1248	2.60	0.59	0.5029	5.50	0.13	0.1124
0.70	2.50	2.1248	2.70	0.55	0.4663	5.60	0.13	0.1084
0.75	2.50	2.1248	2.80	0.51	0.4336	5.70	0.12	0.1046
0.80	2.50	2.1248	2.90	0.48	0.4042	5.80	0.12	0.1011
0.85	2.50	2.1248	3.00	0.44	0.3777	5.90	0.11	0.0977
0.90	2.50	2.1248	3.10	0.42	0.3538	6.00	0.11	0.0944
0.95	2.50	2.1248	3.20	0.39	0.3320	6.10	0.11	0.0914
1.00	2.50	2.1248	3.30	0.37	0.3122	6.20	0.10	0.0884
1.05	2.38	2.0236	3.40	0.35	0.2941	6.30	0.10	0.0857
1.10	2.27	1.9316	3.50	0.33	0.2775	6.40	0.10	0.0830
1.15	2.17	1.8476	3.60	0.31	0.2623	6.50	0.09	0.0805
1.20	2.08	1.7707	3.70	0.29	0.2483	6.60	0.09	0.0780
1.25	2.00	1.6998	3.80	0.28	0.2354	6.70	0.09	0.0757
1.30	1.92	1.6345	3.90	0.26	0.2235	6.80	0.09	0.0735
1.35	1.85	1.5739	4.00	0.25	0.2125	6.90	0.08	0.0714
1.40	1.79	1.5177	4.10	0.24	0.2022	7.00	0.08	0.0694

Anexo 10: Espectro de pseudo aceleraciones en la dirección “Y” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016

T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)
0.00	2.50	2.4789	1.45	1.72	1.7096	4.20	0.23	0.2248
0.05	2.50	2.4789	1.50	1.67	1.6526	4.30	0.22	0.2145
0.10	2.50	2.4789	1.55	1.61	1.5993	4.40	0.21	0.2049
0.15	2.50	2.4789	1.60	1.56	1.5493	4.50	0.20	0.1959
0.20	2.50	2.4789	1.70	1.38	1.3724	4.60	0.19	0.1874
0.25	2.50	2.4789	1.80	1.23	1.2242	4.70	0.18	0.1796
0.30	2.50	2.4789	1.90	1.11	1.0987	4.80	0.17	0.1721
0.35	2.50	2.4789	2.00	1.00	0.9916	4.90	0.17	0.1652
0.40	2.50	2.4789	2.10	0.91	0.8994	5.00	0.16	0.1587
0.45	2.50	2.4789	2.20	0.83	0.8195	5.10	0.15	0.1525
0.50	2.50	2.4789	2.30	0.76	0.7498	5.20	0.15	0.1467
0.55	2.50	2.4789	2.40	0.69	0.6886	5.30	0.14	0.1412
0.60	2.50	2.4789	2.50	0.64	0.6346	5.40	0.14	0.1360
0.65	2.50	2.4789	2.60	0.59	0.5867	5.50	0.13	0.1311
0.70	2.50	2.4789	2.70	0.55	0.5441	5.60	0.13	0.1265
0.75	2.50	2.4789	2.80	0.51	0.5059	5.70	0.12	0.1221
0.80	2.50	2.4789	2.90	0.48	0.4716	5.80	0.12	0.1179
0.85	2.50	2.4789	3.00	0.44	0.4407	5.90	0.11	0.1139
0.90	2.50	2.4789	3.10	0.42	0.4127	6.00	0.11	0.1102
0.95	2.50	2.4789	3.20	0.39	0.3873	6.10	0.11	0.1066
1.00	2.50	2.4789	3.30	0.37	0.3642	6.20	0.10	0.1032
1.05	2.38	2.3609	3.40	0.35	0.3431	6.30	0.10	0.0999
1.10	2.27	2.2536	3.50	0.33	0.3238	6.40	0.10	0.0968
1.15	2.17	2.1556	3.60	0.31	0.3060	6.50	0.09	0.0939
1.20	2.08	2.0658	3.70	0.29	0.2897	6.60	0.09	0.0911
1.25	2.00	1.9831	3.80	0.28	0.2747	6.70	0.09	0.0884
1.30	1.92	1.9069	3.90	0.26	0.2608	6.80	0.09	0.0858
1.35	1.85	1.8362	4.00	0.25	0.2479	6.90	0.08	0.0833
1.40	1.79	1.7707	4.10	0.24	0.2359	7.00	0.08	0.0809

Anexo 11: Espectro de pseudo aceleraciones corregido en la dirección “X” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016

T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)
0.00	2.50	2.5497	1.45	1.72	1.7584	4.20	0.23	0.2313
0.05	2.50	2.5497	1.50	1.67	1.6998	4.30	0.22	0.2206
0.10	2.50	2.5497	1.55	1.61	1.6450	4.40	0.21	0.2107
0.15	2.50	2.5497	1.60	1.56	1.5936	4.50	0.20	0.2015
0.20	2.50	2.5497	1.70	1.38	1.4116	4.60	0.19	0.1928
0.25	2.50	2.5497	1.80	1.23	1.2591	4.70	0.18	0.1847
0.30	2.50	2.5497	1.90	1.11	1.1301	4.80	0.17	0.1771
0.35	2.50	2.5497	2.00	1.00	1.0199	4.90	0.17	0.1699
0.40	2.50	2.5497	2.10	0.91	0.9251	5.00	0.16	0.1632
0.45	2.50	2.5497	2.20	0.83	0.8429	5.10	0.15	0.1568
0.50	2.50	2.5497	2.30	0.76	0.7712	5.20	0.15	0.1509
0.55	2.50	2.5497	2.40	0.69	0.7083	5.30	0.14	0.1452
0.60	2.50	2.5497	2.50	0.64	0.6527	5.40	0.14	0.1399
0.65	2.50	2.5497	2.60	0.59	0.6035	5.50	0.13	0.1349
0.70	2.50	2.5497	2.70	0.55	0.5596	5.60	0.13	0.1301
0.75	2.50	2.5497	2.80	0.51	0.5204	5.70	0.12	0.1256
0.80	2.50	2.5497	2.90	0.48	0.4851	5.80	0.12	0.1213
0.85	2.50	2.5497	3.00	0.44	0.4533	5.90	0.11	0.1172
0.90	2.50	2.5497	3.10	0.42	0.4245	6.00	0.11	0.1133
0.95	2.50	2.5497	3.20	0.39	0.3984	6.10	0.11	0.1096
1.00	2.50	2.5497	3.30	0.37	0.3746	6.20	0.10	0.1061
1.05	2.38	2.4283	3.40	0.35	0.3529	6.30	0.10	0.1028
1.10	2.27	2.3179	3.50	0.33	0.3330	6.40	0.10	0.0996
1.15	2.17	2.2172	3.60	0.31	0.3148	6.50	0.09	0.0966
1.20	2.08	2.1248	3.70	0.29	0.2980	6.60	0.09	0.0937
1.25	2.00	2.0398	3.80	0.28	0.2825	6.70	0.09	0.0909
1.30	1.92	1.9613	3.90	0.26	0.2682	6.80	0.09	0.0882
1.35	1.85	1.8887	4.00	0.25	0.2550	6.90	0.08	0.0857
1.40	1.79	1.8212	4.10	0.24	0.2427	7.00	0.08	0.0833

Anexo 12: Espectro de pseudo aceleraciones corregido en la dirección “Y” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016

T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)
0.00	2.50	2.9747	1.45	1.72	2.0515	4.20	0.23	0.2698
0.05	2.50	2.9747	1.50	1.67	1.9831	4.30	0.22	0.2574
0.10	2.50	2.9747	1.55	1.61	1.9192	4.40	0.21	0.2458
0.15	2.50	2.9747	1.60	1.56	1.8592	4.50	0.20	0.2350
0.20	2.50	2.9747	1.70	1.38	1.6469	4.60	0.19	0.2249
0.25	2.50	2.9747	1.80	1.23	1.4690	4.70	0.18	0.2155
0.30	2.50	2.9747	1.90	1.11	1.3184	4.80	0.17	0.2066
0.35	2.50	2.9747	2.00	1.00	1.1899	4.90	0.17	0.1982
0.40	2.50	2.9747	2.10	0.91	1.0793	5.00	0.16	0.1904
0.45	2.50	2.9747	2.20	0.83	0.9834	5.10	0.15	0.1830
0.50	2.50	2.9747	2.30	0.76	0.8997	5.20	0.15	0.1760
0.55	2.50	2.9747	2.40	0.69	0.8263	5.30	0.14	0.1694
0.60	2.50	2.9747	2.50	0.64	0.7615	5.40	0.14	0.1632
0.65	2.50	2.9747	2.60	0.59	0.7041	5.50	0.13	0.1573
0.70	2.50	2.9747	2.70	0.55	0.6529	5.60	0.13	0.1518
0.75	2.50	2.9747	2.80	0.51	0.6071	5.70	0.12	0.1465
0.80	2.50	2.9747	2.90	0.48	0.5659	5.80	0.12	0.1415
0.85	2.50	2.9747	3.00	0.44	0.5288	5.90	0.11	0.1367
0.90	2.50	2.9747	3.10	0.42	0.4953	6.00	0.11	0.1322
0.95	2.50	2.9747	3.20	0.39	0.4648	6.10	0.11	0.1279
1.00	2.50	2.9747	3.30	0.37	0.4371	6.20	0.10	0.1238
1.05	2.38	2.8330	3.40	0.35	0.4117	6.30	0.10	0.1199
1.10	2.27	2.7043	3.50	0.33	0.3885	6.40	0.10	0.1162
1.15	2.17	2.5867	3.60	0.31	0.3672	6.50	0.09	0.1127
1.20	2.08	2.4789	3.70	0.29	0.3477	6.60	0.09	0.1093
1.25	2.00	2.3798	3.80	0.28	0.3296	6.70	0.09	0.1060
1.30	1.92	2.2882	3.90	0.26	0.3129	6.80	0.09	0.1029
1.35	1.85	2.2035	4.00	0.25	0.2975	6.90	0.08	0.1000
1.40	1.79	2.1248	4.10	0.24	0.2831	7.00	0.08	0.0971

Anexo 13: Espectro de pseudo aceleraciones escalado en la dirección “X” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016

T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc
(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)
0.00	2.5497	3.8418	1.45	1.7584	2.6495	4.20	0.2313	0.3485
0.05	2.5497	3.8418	1.50	1.6998	2.5612	4.30	0.2206	0.3324
0.10	2.5497	3.8418	1.55	1.6450	2.4786	4.40	0.2107	0.3175
0.15	2.5497	3.8418	1.60	1.5936	2.4011	4.50	0.2015	0.3035
0.20	2.5497	3.8418	1.70	1.4116	2.1269	4.60	0.1928	0.2905
0.25	2.5497	3.8418	1.80	1.2591	1.8972	4.70	0.1847	0.2783
0.30	2.5497	3.8418	1.90	1.1301	1.7027	4.80	0.1771	0.2668
0.35	2.5497	3.8418	2.00	1.0199	1.5367	4.90	0.1699	0.2560
0.40	2.5497	3.8418	2.10	0.9251	1.3938	5.00	0.1632	0.2459
0.45	2.5497	3.8418	2.20	0.8429	1.2700	5.10	0.1568	0.2363
0.50	2.5497	3.8418	2.30	0.7712	1.1620	5.20	0.1509	0.2273
0.55	2.5497	3.8418	2.40	0.7083	1.0672	5.30	0.1452	0.2188
0.60	2.5497	3.8418	2.50	0.6527	0.9835	5.40	0.1399	0.2108
0.65	2.5497	3.8418	2.60	0.6035	0.9093	5.50	0.1349	0.2032
0.70	2.5497	3.8418	2.70	0.5596	0.8432	5.60	0.1301	0.1960
0.75	2.5497	3.8418	2.80	0.5204	0.7840	5.70	0.1256	0.1892
0.80	2.5497	3.8418	2.90	0.4851	0.7309	5.80	0.1213	0.1827
0.85	2.5497	3.8418	3.00	0.4533	0.6830	5.90	0.1172	0.1766
0.90	2.5497	3.8418	3.10	0.4245	0.6396	6.00	0.1133	0.1707
0.95	2.5497	3.8418	3.20	0.3984	0.6003	6.10	0.1096	0.1652
1.00	2.5497	3.8418	3.30	0.3746	0.5645	6.20	0.1061	0.1599
1.05	2.4283	3.6589	3.40	0.3529	0.5317	6.30	0.1028	0.1549
1.10	2.3179	3.4925	3.50	0.3330	0.5018	6.40	0.0996	0.1501
1.15	2.2172	3.3407	3.60	0.3148	0.4743	6.50	0.0966	0.1455
1.20	2.1248	3.2015	3.70	0.2980	0.4490	6.60	0.0937	0.1411
1.25	2.0398	3.0734	3.80	0.2825	0.4257	6.70	0.0909	0.1369
1.30	1.9613	2.9552	3.90	0.2682	0.4041	6.80	0.0882	0.1329
1.35	1.8887	2.8458	4.00	0.2550	0.3842	6.90	0.0857	0.1291
1.40	1.8212	2.7441	4.10	0.2427	0.3657	7.00	0.0833	0.1254

Anexo 14: Espectro de pseudo aceleraciones escalado en la dirección “Y” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2016

T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc
(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)
0.00	2.9747	4.5345	1.45	2.0515	3.1272	4.20	0.2698	0.4113
0.05	2.9747	4.5345	1.50	1.9831	3.0230	4.30	0.2574	0.3924
0.10	2.9747	4.5345	1.55	1.9192	2.9255	4.40	0.2458	0.3748
0.15	2.9747	4.5345	1.60	1.8592	2.8341	4.50	0.2350	0.3583
0.20	2.9747	4.5345	1.70	1.6469	2.5105	4.60	0.2249	0.3429
0.25	2.9747	4.5345	1.80	1.4690	2.2393	4.70	0.2155	0.3284
0.30	2.9747	4.5345	1.90	1.3184	2.0098	4.80	0.2066	0.3149
0.35	2.9747	4.5345	2.00	1.1899	1.8138	4.90	0.1982	0.3022
0.40	2.9747	4.5345	2.10	1.0793	1.6452	5.00	0.1904	0.2902
0.45	2.9747	4.5345	2.20	0.9834	1.4990	5.10	0.1830	0.2789
0.50	2.9747	4.5345	2.30	0.8997	1.3715	5.20	0.1760	0.2683
0.55	2.9747	4.5345	2.40	0.8263	1.2596	5.30	0.1694	0.2583
0.60	2.9747	4.5345	2.50	0.7615	1.1608	5.40	0.1632	0.2488
0.65	2.9747	4.5345	2.60	0.7041	1.0733	5.50	0.1573	0.2398
0.70	2.9747	4.5345	2.70	0.6529	0.9952	5.60	0.1518	0.2314
0.75	2.9747	4.5345	2.80	0.6071	0.9254	5.70	0.1465	0.2233
0.80	2.9747	4.5345	2.90	0.5659	0.8627	5.80	0.1415	0.2157
0.85	2.9747	4.5345	3.00	0.5288	0.8061	5.90	0.1367	0.2084
0.90	2.9747	4.5345	3.10	0.4953	0.7550	6.00	0.1322	0.2015
0.95	2.9747	4.5345	3.20	0.4648	0.7085	6.10	0.1279	0.1950
1.00	2.9747	4.5345	3.30	0.4371	0.6662	6.20	0.1238	0.1887
1.05	2.8330	4.3186	3.40	0.4117	0.6276	6.30	0.1199	0.1828
1.10	2.7043	4.1223	3.50	0.3885	0.5923	6.40	0.1162	0.1771
1.15	2.5867	3.9430	3.60	0.3672	0.5598	6.50	0.1127	0.1717
1.20	2.4789	3.7788	3.70	0.3477	0.5300	6.60	0.1093	0.1666
1.25	2.3798	3.6276	3.80	0.3296	0.5024	6.70	0.1060	0.1616
1.30	2.2882	3.4881	3.90	0.3129	0.4770	6.80	0.1029	0.1569
1.35	2.2035	3.3589	4.00	0.2975	0.4535	6.90	0.1000	0.1524
1.40	2.1248	3.2389	4.10	0.2831	0.4316	7.00	0.0971	0.1481

Anexo 15: Espectro de pseudo aceleraciones en la dirección “X” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003

T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)
0.00	2.50	3.3997	1.45	1.55	2.1101	4.20	0.54	0.7285
0.05	2.50	3.3997	1.50	1.50	2.0398	4.30	0.52	0.7116
0.10	2.50	3.3997	1.55	1.45	1.9740	4.40	0.51	0.6954
0.15	2.50	3.3997	1.60	1.41	1.9123	4.50	0.50	0.6799
0.20	2.50	3.3997	1.70	1.32	1.7998	4.60	0.49	0.6652
0.25	2.50	3.3997	1.80	1.25	1.6998	4.70	0.48	0.6510
0.30	2.50	3.3997	1.90	1.18	1.6104	4.80	0.47	0.6374
0.35	2.50	3.3997	2.00	1.13	1.5298	4.90	0.46	0.6244
0.40	2.50	3.3997	2.10	1.07	1.4570	5.00	0.45	0.6119
0.45	2.50	3.3997	2.20	1.02	1.3908	5.10	0.44	0.5999
0.50	2.50	3.3997	2.30	0.98	1.3303	5.20	0.43	0.5884
0.55	2.50	3.3997	2.40	0.94	1.2749	5.30	0.42	0.5773
0.60	2.50	3.3997	2.50	0.90	1.2239	5.40	0.42	0.5666
0.65	2.50	3.3997	2.60	0.87	1.1768	5.50	0.41	0.5563
0.70	2.50	3.3997	2.70	0.83	1.1332	5.60	0.40	0.5464
0.75	2.50	3.3997	2.80	0.80	1.0927	5.70	0.39	0.5368
0.80	2.50	3.3997	2.90	0.78	1.0551	5.80	0.39	0.5275
0.85	2.50	3.3997	3.00	0.75	1.0199	5.90	0.38	0.5186
0.90	2.50	3.3997	3.10	0.73	0.9870	6.00	0.38	0.5099
0.95	2.37	3.2207	3.20	0.70	0.9562	6.10	0.37	0.5016
1.00	2.25	3.0597	3.30	0.68	0.9272	6.20	0.36	0.4935
1.05	2.14	2.9140	3.40	0.66	0.8999	6.30	0.36	0.4857
1.10	2.05	2.7815	3.50	0.64	0.8742	6.40	0.35	0.4781
1.15	1.96	2.6606	3.60	0.63	0.8499	6.50	0.35	0.4707
1.20	1.88	2.5497	3.70	0.61	0.8269	6.60	0.34	0.4636
1.25	1.80	2.4478	3.80	0.59	0.8052	6.70	0.34	0.4567
1.30	1.73	2.3536	3.90	0.58	0.7845	6.80	0.33	0.4500
1.35	1.67	2.2664	4.00	0.56	0.7649	6.90	0.33	0.4434
1.40	1.61	2.1855	4.10	0.55	0.7463	7.00	0.32	0.4371

Anexo 16: Espectro de pseudo aceleraciones en la dirección “Y” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003

T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)	T (seg)	C	Sa (m/s²)
0.00	2.50	3.9663	1.45	1.55	2.4618	4.20	0.54	0.8499
0.05	2.50	3.9663	1.50	1.50	2.3798	4.30	0.52	0.8301
0.10	2.50	3.9663	1.55	1.45	2.3030	4.40	0.51	0.8113
0.15	2.50	3.9663	1.60	1.41	2.2310	4.50	0.50	0.7933
0.20	2.50	3.9663	1.70	1.32	2.0998	4.60	0.49	0.7760
0.25	2.50	3.9663	1.80	1.25	1.9831	4.70	0.48	0.7595
0.30	2.50	3.9663	1.90	1.18	1.8788	4.80	0.47	0.7437
0.35	2.50	3.9663	2.00	1.13	1.7848	4.90	0.46	0.7285
0.40	2.50	3.9663	2.10	1.07	1.6998	5.00	0.45	0.7139
0.45	2.50	3.9663	2.20	1.02	1.6226	5.10	0.44	0.6999
0.50	2.50	3.9663	2.30	0.98	1.5520	5.20	0.43	0.6865
0.55	2.50	3.9663	2.40	0.94	1.4873	5.30	0.42	0.6735
0.60	2.50	3.9663	2.50	0.90	1.4279	5.40	0.42	0.6610
0.65	2.50	3.9663	2.60	0.87	1.3729	5.50	0.41	0.6490
0.70	2.50	3.9663	2.70	0.83	1.3221	5.60	0.40	0.6374
0.75	2.50	3.9663	2.80	0.80	1.2749	5.70	0.39	0.6263
0.80	2.50	3.9663	2.90	0.78	1.2309	5.80	0.39	0.6155
0.85	2.50	3.9663	3.00	0.75	1.1899	5.90	0.38	0.6050
0.90	2.50	3.9663	3.10	0.73	1.1515	6.00	0.38	0.5949
0.95	2.37	3.7575	3.20	0.70	1.1155	6.10	0.37	0.5852
1.00	2.25	3.5696	3.30	0.68	1.0817	6.20	0.36	0.5757
1.05	2.14	3.3997	3.40	0.66	1.0499	6.30	0.36	0.5666
1.10	2.05	3.2451	3.50	0.64	1.0199	6.40	0.35	0.5578
1.15	1.96	3.1040	3.60	0.63	0.9916	6.50	0.35	0.5492
1.20	1.88	2.9747	3.70	0.61	0.9648	6.60	0.34	0.5409
1.25	1.80	2.8557	3.80	0.59	0.9394	6.70	0.34	0.5328
1.30	1.73	2.7459	3.90	0.58	0.9153	6.80	0.33	0.5249
1.35	1.67	2.6442	4.00	0.56	0.8924	6.90	0.33	0.5173
1.40	1.61	2.5497	4.10	0.55	0.8706	7.00	0.32	0.5099

Anexo 17: Espectro de pseudo aceleraciones escalado en la dirección “X” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003

T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc
(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)
0.00	3.3997	5.8505	1.45	2.1101	3.6313	4.20	0.7285	1.2537
0.05	3.3997	5.8505	1.50	2.0398	3.5103	4.30	0.7116	1.2245
0.10	3.3997	5.8505	1.55	1.9740	3.3971	4.40	0.6954	1.1967
0.15	3.3997	5.8505	1.60	1.9123	3.2909	4.50	0.6799	1.1701
0.20	3.3997	5.8505	1.70	1.7998	3.0973	4.60	0.6652	1.1447
0.25	3.3997	5.8505	1.80	1.6998	2.9253	4.70	0.6510	1.1203
0.30	3.3997	5.8505	1.90	1.6104	2.7713	4.80	0.6374	1.0970
0.35	3.3997	5.8505	2.00	1.5298	2.6327	4.90	0.6244	1.0746
0.40	3.3997	5.8505	2.10	1.4570	2.5074	5.00	0.6119	1.0531
0.45	3.3997	5.8505	2.20	1.3908	2.3934	5.10	0.5999	1.0324
0.50	3.3997	5.8505	2.30	1.3303	2.2893	5.20	0.5884	1.0126
0.55	3.3997	5.8505	2.40	1.2749	2.1939	5.30	0.5773	0.9935
0.60	3.3997	5.8505	2.50	1.2239	2.1062	5.40	0.5666	0.9751
0.65	3.3997	5.8505	2.60	1.1768	2.0252	5.50	0.5563	0.9574
0.70	3.3997	5.8505	2.70	1.1332	1.9502	5.60	0.5464	0.9403
0.75	3.3997	5.8505	2.80	1.0927	1.8805	5.70	0.5368	0.9238
0.80	3.3997	5.8505	2.90	1.0551	1.8157	5.80	0.5275	0.9078
0.85	3.3997	5.8505	3.00	1.0199	1.7552	5.90	0.5186	0.8924
0.90	3.3997	5.8505	3.10	0.9870	1.6985	6.00	0.5099	0.8776
0.95	3.2207	5.5426	3.20	0.9562	1.6455	6.10	0.5016	0.8632
1.00	3.0597	5.2655	3.30	0.9272	1.5956	6.20	0.4935	0.8493
1.05	2.9140	5.0147	3.40	0.8999	1.5487	6.30	0.4857	0.8358
1.10	2.7815	4.7868	3.50	0.8742	1.5044	6.40	0.4781	0.8227
1.15	2.6606	4.5787	3.60	0.8499	1.4626	6.50	0.4707	0.8101
1.20	2.5497	4.3879	3.70	0.8269	1.4231	6.60	0.4636	0.7978
1.25	2.4478	4.2124	3.80	0.8052	1.3856	6.70	0.4567	0.7859
1.30	2.3536	4.0503	3.90	0.7845	1.3501	6.80	0.4500	0.7743
1.35	2.2664	3.9003	4.00	0.7649	1.3164	6.90	0.4434	0.7631
1.40	2.1855	3.7610	4.10	0.7463	1.2843	7.00	0.4371	0.7522

Anexo 18: Espectro de pseudo aceleraciones escalado en la dirección “Y” del modelado mediante la versión de la Norma Técnica E.030 del 2003

T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc	T	Sa Ini	Sa Esc
(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)	(seg)	(m/s²)	(m/s²)
0.00	3.9663	6.9946	1.45	2.4618	4.3415	4.20	0.8499	1.4988
0.05	3.9663	6.9946	1.50	2.3798	4.1967	4.30	0.8301	1.4640
0.10	3.9663	6.9946	1.55	2.3030	4.0614	4.40	0.8113	1.4307
0.15	3.9663	6.9946	1.60	2.2310	3.9344	4.50	0.7933	1.3989
0.20	3.9663	6.9946	1.70	2.0998	3.7030	4.60	0.7760	1.3685
0.25	3.9663	6.9946	1.80	1.9831	3.4973	4.70	0.7595	1.3394
0.30	3.9663	6.9946	1.90	1.8788	3.3132	4.80	0.7437	1.3115
0.35	3.9663	6.9946	2.00	1.7848	3.1476	4.90	0.7285	1.2847
0.40	3.9663	6.9946	2.10	1.6998	2.9977	5.00	0.7139	1.2590
0.45	3.9663	6.9946	2.20	1.6226	2.8614	5.10	0.6999	1.2343
0.50	3.9663	6.9946	2.30	1.5520	2.7370	5.20	0.6865	1.2106
0.55	3.9663	6.9946	2.40	1.4873	2.6230	5.30	0.6735	1.1878
0.60	3.9663	6.9946	2.50	1.4279	2.5180	5.40	0.6610	1.1658
0.65	3.9663	6.9946	2.60	1.3729	2.4212	5.50	0.6490	1.1446
0.70	3.9663	6.9946	2.70	1.3221	2.3315	5.60	0.6374	1.1241
0.75	3.9663	6.9946	2.80	1.2749	2.2483	5.70	0.6263	1.1044
0.80	3.9663	6.9946	2.90	1.2309	2.1707	5.80	0.6155	1.0854
0.85	3.9663	6.9946	3.00	1.1899	2.0984	5.90	0.6050	1.0670
0.90	3.9663	6.9946	3.10	1.1515	2.0307	6.00	0.5949	1.0492
0.95	3.7575	6.6264	3.20	1.1155	1.9672	6.10	0.5852	1.0320
1.00	3.5696	6.2951	3.30	1.0817	1.9076	6.20	0.5757	1.0153
1.05	3.3997	5.9954	3.40	1.0499	1.8515	6.30	0.5666	0.9992
1.10	3.2451	5.7228	3.50	1.0199	1.7986	6.40	0.5578	0.9836
1.15	3.1040	5.4740	3.60	0.9916	1.7486	6.50	0.5492	0.9685
1.20	2.9747	5.2459	3.70	0.9648	1.7014	6.60	0.5409	0.9538
1.25	2.8557	5.0361	3.80	0.9394	1.6566	6.70	0.5328	0.9396
1.30	2.7459	4.8424	3.90	0.9153	1.6141	6.80	0.5249	0.9258
1.35	2.6442	4.6631	4.00	0.8924	1.5738	6.90	0.5173	0.9123
1.40	2.5497	4.4965	4.10	0.8706	1.5354	7.00	0.5099	0.8993

Anexo 19: Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación del proyecto

SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE INGENIERÍA
ELABORACIÓN DE PERFILES Y EXPEDIENTES TÉCNICOS
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
SERVICIO DE TOPOGRAFÍA Y ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
CEL. 939291809 / TEL. 076 633319

RUC: 20602101488

Dirección: Psj. Diego Ferre N° 295 – Barrio San Martín – Cajamarca.

CORREO: guersaningenieros@gmail.com

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACIÓN

PROYECTO:

"MERCADO LEGUÍA".

SOLICITANTE:

INMOTEC INMOBILIARIA

UBICACIÓN:

JR. LEGUÍA 521, DISTRITO DE CAJAMARCA, PROVINCIA
Y REGIÓN DE CAJAMARCA

CAJAMARCA, 7 DE AGOSTO DEL 2020.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


Davis Frank Velásquez Hilario
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	------------------	--------------------

ÍNDICE

1. GENERALIDADES	2
1.1. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	2
1.2. INFORMACIÓN PREVIA	3
a) OBJETIVO DEL INFORME	3
1.3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.....	3
a) UBICACIÓN	3
b) Condición climática y altitud de la zona	4
c) Evaluación geológica.....	4
d) Sismicidad.....	4
2. EXPLORACIÓN DE CAMPO	5
a) Muestreo Disturbado.	5
b) Registros de Excavaciones	5
2.1. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	5
a) Ensayos Estándar	5
b) Ensayos Especiales.....	5
2.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA	6
a) Clasificación de Suelos	6
2.3. PERFIL DEL SUELO	6
a) Descripción de los Perfiles Estratigráficos	6
b) Aspectos Relacionados con la Napa Freática.....	7
2.4. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN	7
a) Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible.	7
b) Cálculo de Asentamientos	8
2.5. AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN	10
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11

Anexo 1: Panel fotográfico

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS- 005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	-------------------------	--------------------

INFORME DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

1. GENERALIDADES

1.1. RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN	
Proyecto: MERCADO LEGUÍA.	
Solicitante: INMOTEC INMOBILIARIA	
Tipo de Cimentación: Zapata	
Profundidad de la Napa Freática: No se encontró	Fecha: Agosto, 2020
Parámetros de Diseño de la Cimentación Profundidad de la Cimentación: Ver Anexo 3 Presión Admisible: Ver Anexo 1 Factor de Seguridad por Corte (Estático, Dinámico): 3.00	
Parámetros Sísmicos del Suelo (De acuerdo a la Norma E.030) Zona Sísmica: (Zona 3) $Z=0.35$ Tipo de perfil del suelo: S_3 Factor del Suelo (S): $S=1.20$ Período TP (s): 1.00 Período TL (s): 1.60	
Agresividad del Suelo a la Cimentación: (En caso de suelos agresivos se debe indicar tipo de agresión, tipo de cemento portland, relación a/c y $f'c$ mínimo, recubrimiento mínimo y otros)	

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------	--------------------

1.2. INFORMACIÓN PREVIA

a) OBJETIVO DEL INFORME

El presente Informe Técnico tiene por finalidad dar a conocer a INMOTEC INMOBILIARIA, los resultados de las investigaciones del suelo del terreno de fundación donde se ejecutará el Proyecto: " MERCADO LEGUÍA ", por medio de trabajos de campo a través de tres (03) pozo de exploración a cielo abierto o calicata, ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, sus propiedades de resistencia y labores de gabinete en base a los cuales se define el perfil estratigráfico, tipo y profundidad de cimentación, Capacidad de Carga Admisible, conclusiones y recomendaciones generales para la cimentación.

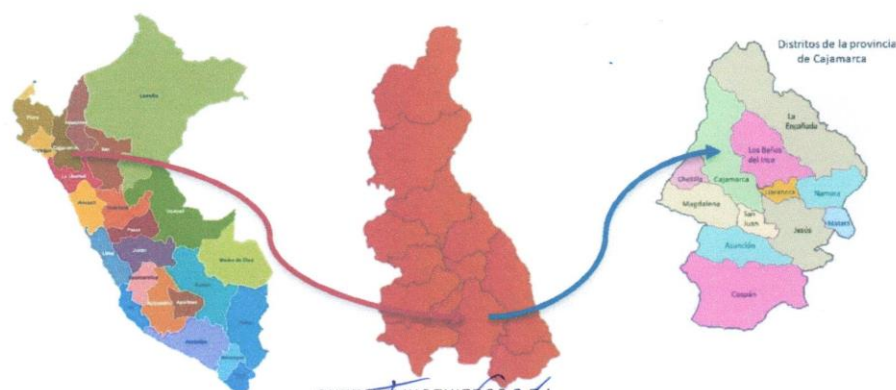
El programa de trabajo realizado con este propósito ha consistido en:


- Reconocimiento del terreno.
- Excavación de Pozos de Exploración.
- Toma de Muestras de campo.
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Análisis de la Capacidad de Carga Admisible.
- Conclusiones y Recomendaciones.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

a) UBICACIÓN

El terreno destinado para la ejecución del Proyecto: "MERCADO LEGUÍA", se encuentra ubicado en el JR. Leguía 521, Distrito, Provincia y Departamento de Cajamarca.



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------	--------------------

b) Condición climática y altitud de la zona

El distrito de Cajamarca se encuentra a una altitud media de 2720 m.s.n.m. El clima es templado y cálido. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos en Cajamarca. La precipitación varía 125 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. La temperatura aquí es en promedio 13.0 °C.

c) Evaluación geológica

El departamento de Cajamarca se encuentra mayormente cubierta por rocas sedimentarias del Cretáceo, del Paleógeno - Neógeno y sedimentos del Cuaternario, en menor proporción rocas del Paleozoico (Ordovícico, Carbonífero, Pérmico), Triásico – Jurásico; así como también rocas del Precámbrico.

Las características geológicas que presenta el departamento de Cajamarca, se encuentran relacionadas a su origen, a su tectónica y a su cronología, siendo el Complejo Maraón el más antiguo y corresponde al Precámbrico.

d) Sismicidad

El Perú por estar comprendido como una de las regiones de más alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circunpácífico, que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo. Razón por la cual debe tenerse la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades altas. Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos. En concordancia con la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, se deduce lo siguiente:

Ubicación del Proyecto	Distrito de Cajamarca, Provincia y Región Cajamarca.
Categoría de la Edificación Factor de Uso (U)	B – 1.3
Zona Sísmica	3
Factor de Zona (Z)	0.35
Perfil Tipo	S ₃
Factor de Suelo (S)	1.20
Periodo (T_p (S))	1.00
Periodo (T_L (S))	1.60

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 David Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS- 005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	-------------------------	--------------------

2. EXPLORACIÓN DE CAMPO

En el presente estudio se realizó 3 calicatas a cielo abierto de manera manual, de dimensiones 2.00 m x 1.00 m con profundidad variable.

a) Muestreo Disturbado.

Se tomaron muestras inalteradas en bloque (Mib) de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente, para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

b) Registros de Excavaciones

Paralelamente al muestreo, se realizó el registro de las Calicatas, bajo la Norma A.S.T.M. D 2488 (Procedimiento Visual-Manual, Descripción e Identificación de Suelos), anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, compacidad, dilatación, plasticidad, tenacidad, etc.

Con la finalidad de determinar el Perfil Estratigráfico del área en estudio, se ha realizado tres (03) excavaciones a cielo abierto o calicata, localizadas convenientemente acorde al área del terreno:

Calicata N°	Estructura	Coordenadas	
		Este	Norte
C - 1	ZAPATA	774277.82	9208890.77
C - 2	ZAPATA	774233.17	9208907.46
C - 2	ZAPATA	774246.45	9208871.85

2.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos Estándar y el Ensayo de Corte Directo en Suelos se realizaron bajo las Normas A.S.T.M. (American Society For testing and Materials).

a) Ensayos Estándar

Se realizaron los siguientes ensayos:

- 03 ensayos de Análisis granulométrico ASTM D 422
- 03 ensayos de Límite Líquido, Límite plástico ASTM D 4318
- 03 ensayos de Contenido de Humedad ASTM D 2216

b) Ensayos Especiales.

Se realizaron los siguientes ensayos:

- 03 ensayo de Corte Directo ASTM D 3080

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------	--------------------

2.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

a) Clasificación de Suelos

Las clasificaciones de las muestras ensayadas en el laboratorio se han clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), bajo la Norma A.S.T.M. D 2487 y la Norma Técnica A.A.S.H.T.O. M 145, según se requiera.

Cuadros de clasificación de suelos

CALICATA	C - 1	C - 2	C - 3
Muestra	M - 1	M - 1	M - 1
Profundidad (m)	0.30 a 5.00	0.40 a 5.00	0.50 a 5.00
% Pasa Tamiz N° 4	100.00	100.00	100.00
% Pasa Tamiz N° 200	72.84	74.56	72.66
Límite Líquido (%)	38.00	36.00	39.00
Índice Plástico (%)	7.00	14.00	7.00
Contenido de Humedad (%)	8.13	13.57	10.18
Clasificación S.U.C.S.	ML	CL	ML

2.3. PERFIL DEL SUELO

a) Descripción del Perfil Estratigráfico

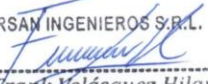
En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

La Calicata C-1, Presenta un primer estrato hasta 0.30 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico color marrón, se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.30 m. a 5.00 m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico, color marrón, mezclado con 27.16% de arena fina a gruesa y con presencia de 10% de bolonería de 3 a 8 pulgadas.

La Calicata C-2, Presenta un primer estrato hasta 0.40 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico color marrón, se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.40 m. a 5.00 m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por arcilla inorgánica de baja plasticidad, color marrón claro, mezclada con 25.48% de arena fina a gruesa y exenta de grava.

La Calicata C-3, Presenta un primer estrato hasta 0.50 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico color marrón, se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.50 m. a 5.00 m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico, color marrón, mezclado con 27.34% de arena fina a gruesa y con presencia de 10% de bolonería de 3 a 8 pulgadas.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS- 005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	-------------------------	--------------------

b) Aspectos Relacionados con la Napa Freática.

Se debe señalar no se encontró napa freática en las calicatas estudiadas.

2.4. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

a) Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible.

Para la determinación de la Capacidad de Carga Admisible, se ha considerado el ángulo de fricción interna y el valor de la cohesión, obtenido del Ensayo de Corte Directo (ASTM D 3080) mostrando los datos a continuación:

CALICATA		C - 1	C - 2	C - 3
Muestra		M - 1	M - 1	M - 1
Tipo de Suelo		ML	CL	ML
Ángulo de Fricción Interna (°)	ϕ	17.24	14.14	16.44
Cohesión (Kg/cm ²)	c	0.150	0.174	0.155
Peso específico húmedo (Kg/cm ³)	γ_H	0.001581	0.001526	0.001595
Profundidad de cimentación (cm)	Df	250.00	250.00	250.00
Ancho de cimentación (cm)	B	150.00	150.00	100.00
Factores de capacidad de carga:	N'c	10.574	9.362	10.239
	N'q	3.185	2.576	3.012
	N' γ	0.789	0.493	0.709
Factor de seguridad		3.000	3.000	3.000

Luego, aplicando la Teoría de Karl Terzaghy (falla por corte local), considerando el tipo de cimentación, cimentación cuadrada, la Capacidad Portante Admisible es:

CALICATA	C - 1	C - 2	C - 3
Muestra	M - 1	M - 1	M - 1
q_{ad} (Kg/cm ²)	0.98	0.89	0.95

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------	--------------------

b) Cálculo de Asentamientos

Se determinó el asentamiento elástico basado en la teoría de la elasticidad, de acuerdo al acápite 17.3. Asentamiento elástico basado en la teoría de la elasticidad del libro Fundamentos de la Ingeniería geotécnica cuarta edición (Braja M. Das, 2014), con la siguiente fórmula:

$$S_e = q_0(\alpha B') \frac{1 - \mu_s^2}{E_s} \cdot I_s \cdot I_f$$

Donde:

- q_0 = Presión neta aplicada sobre la cimentación
- μ_s = Coeficiente de Poisson para el suelo
- E_s = Módulo de elasticidad promedio del suelo debajo de la cimentación medido desde $z=0$ hasta $z=4B$ (Tabla 17.6)
- B' = $B/2$ para el centro de la cimentación
= B para la esquina de la cimentación
- I_s = Factor de forma (Steinbrenner, 1934)

$$I_s = F_1 + \frac{1 - 2\mu_s}{1 - \mu_s} F_2$$

Variación F_1 , F_2 con respecto m' , n' (Tablas 17.3, Tablas 17.4)

Para el centro de la cimentación: $m'=L/B$ y $n'=H/(B/2)$

Para la esquina de la cimentación: $m'=L/B$ y $n'=H/B$

- I_f = Factor de profundidad (Fox, 1948) (Tabla 17.5)
- α = Factor que depende de la ubicación de la cimentación en donde el asentamiento está siendo calculado
Para el centro de la cimentación: $\alpha=4$
Para la esquina de la cimentación: $\alpha=1$

El asentamiento tolerable (Art. 14 de la Norma E.050 RNE) se expresa:

$$S_T = \frac{1}{150} = 0.00667\text{m}$$

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Davis Frank Velásquez Hilario
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------	--------------------

Parámetros utilizados en el cálculo del asentamiento, en el centro y en la esquina de la cimentación:

CALICATA		C - 1, C - 3	
TIPO DE SUELO		ML	
TIPO DE ASENTAMIENTO		CENTRO	ESQUINA
PRESIÓN NETA (Tn)	$q_0 =$	72.00	72.00
MÓDULO DE POISSON	$\mu_s =$	0.300	0.300
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Tn/m ²)	$E_s =$	6118.20	6118.20
B/2 Y B (m)		0.500	1.000
FACTOR DE FORMA	$I_s =$	0.455	0.361
FACTOR DE PROFUNDIDAD	$I_f =$	0.310	0.310
FACTOR α	$\alpha =$	4.00	1.00
ASENTAMIENTO (cm)	$S_e =$	0.00304	0.00121
ASENTAMIENTO TOLERABLE (cm)	$S_e =$	0.00667	

CALICATA		C - 2	
TIPO DE SUELO		CL	
TIPO DE ASENTAMIENTO		CENTRO	ESQUINA
PRESIÓN NETA (Tn)	$q_0 =$	72.00	72.00
MÓDULO DE POISSON	$\mu_s =$	0.450	0.450
MÓDULO DE ELASTICIDAD (Tn/m ²)	$E_s =$	3568.95	3568.95
B/2 Y B (m)		0.500	1.000
FACTOR DE FORMA	$I_s =$	0.443	0.340
FACTOR DE PROFUNDIDAD	$I_f =$	0.350	0.350
FACTOR α	$\alpha =$	4.00	1.00
ASENTAMIENTO (cm)	$S_e =$	0.00497	0.001908
ASENTAMIENTO TOLERABLE (cm)	$S_e =$	0.00667	

Los asentamientos calculados no exceden al asentamiento tolerable de la estructura.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Davis Frank Velásquez Hilario

 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------	--------------------

2.5. AGRESIÓN DEL SUELO A LA CIMENTACIÓN

De los resultados obtenidos del ensayo de análisis de sales agresivas al concreto, realizado en una muestra del suelo representativa de las siguientes calicatas, se tiene:

Calicata	Muestra	pH	Cl ⁻ (%)	SO ₄ ²⁻ (%)
		NTP 339.176	NTP 339.177	NTP 339.178
C - 1	M-1	7.04	0.084	0.143
C - 2	M-1	6.87	0.078	0.154
C - 3	M-1	6.93	0.081	0.146

Este caso se consideraría como exposición moderada a los sulfatos, categoría S clase S0 (proporción de sulfatos: $0.1\% \leq SO_4^{2-} \leq 0.2\%$), según el código ACI 318 S-14 y el capítulo 4 de la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones; por consiguiente, se recomienda utilizar, Cemento Portland Tipo MS, (ASTM C-1157).

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Davis Frank Velásquez Hilario
 DAVIS FRANK VELÁSQUEZ HILARIO
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------	--------------------

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El terreno en estudio encuentra ubicado en el JR. Leguía 521, Distrito, Provincia y Departamento de Cajamarca.
- El subsuelo del terreno destinado para la ejecución del Proyecto: "MERCADO LEGUÍA", está conformado por:

N° CALICATA	S.U.C.S	DESCRIPCIÓN
C - 1	ML	Presenta un primer estrato hasta 0.30 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico color marrón, se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.30 m. a 5.00 m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico, color marrón, mezclado con 27.16% de arena fina a gruesa y con presencia de 10% de bolonería de 3 a 8 pulgadas.
C - 2	CL	Presenta un primer estrato hasta 0.40 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico color marrón, se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.40 m. a 5.00 m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por arcilla inorgánica de baja plasticidad, color marrón claro, mezclada con 25.48% de arena fina a gruesa y exenta de grava.
C - 3	ML	Presenta un primer estrato hasta 0.50 m. de profundidad, constituido por suelo orgánico color marrón, se encuentra con alto contenido de humedad y bajo grado de compacidad. De 0.50 m. a 5.00 m. de profundidad existe un segundo estrato constituido por limo inorgánico, color marrón, mezclado con 27.34% de arena fina a gruesa y con presencia de 10% de bolonería de 3 a 8 pulgadas.

- El peso específico del suelo de fundación, es de:

CALICATA N°	Peso específico (g/cm ³)
C - 1	1.581
C - 2	1.526
C - 3	1.595

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	-------------------------	--------------------

- La capacidad admisible de carga o de diseño del suelo de fundación, es de:

CALICATA Nº	q_{ad} (Kg/cm ²)
C - 1	0.98
C - 2	0.89
C - 3	0.95

- Los asentamientos obtenidos no exceden al asentamiento tolerable de la estructura.
- Se recomienda que no se debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario y que estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad, antes de construir la cimentación y ser reemplazados con materiales seleccionados.
- El ingeniero estructurista estará a cargo de determinar las dimensiones de la cimentación, acorde a la capacidad admisible de carga del terreno de fundación compatible con las cargas transmitidas y la Norma Técnica E-060.
- El concreto a utilizar en la cimentación debe ser diseñado por un especialista en Tecnología del Concreto, empleando agregados que deben cumplir con la Norma A.S.T.M. C 33M-16. Además, el agua a ser utilizada para las mezclas de concreto debe cumplir con la Norma N.T.P, 339.088. Asimismo, utilizar agregados lavados, por cuanto, estos pueden contener sustancias deletéreas que influyen negativamente en las propiedades del concreto endurecido.
- Se recomienda, realizar muestreo de las mezclas de concreto a elaborar en la ejecución de la Obra, acorde a la Norma A.S.T.M. C 172. Asimismo, se debe utilizar un método de curado adecuado para el concreto acorde a la Norma A.S.T. M. C 31M-10 (temperatura de agua de curado: 23°C ± 2°C, humedad relativa 95%), con la finalidad de alcanzar el grado de hidratación y por ende la resistencia mecánica requerida en obra y los especímenes de concreto deberán ensayarse de acuerdo a la Norma A.S.T.M. C 39, con la finalidad de evaluar el control de calidad del concreto en concordancia con el Reglamento ACI 318S-14.


GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. Nº 195303

	GI-EMS- 005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	------------------	--------------------

Anexo 1: Panel fotográfico



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


Davis Frank Velásquez Hilario
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 195303

	GI-EMS- 005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	------------------	--------------------



Fotografía N° 01: Vista general de la calicata C-1.

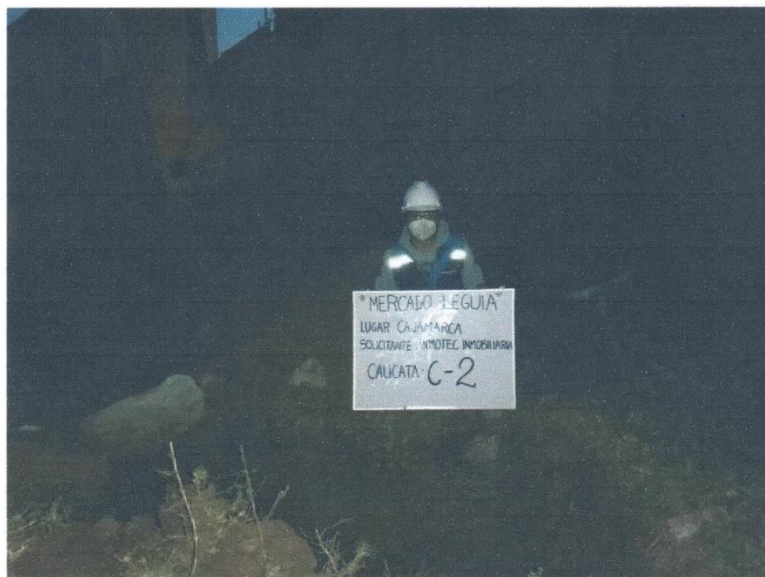


Fotografía N° 02: Vista del perfil estratigráfico de la calicata C-1.

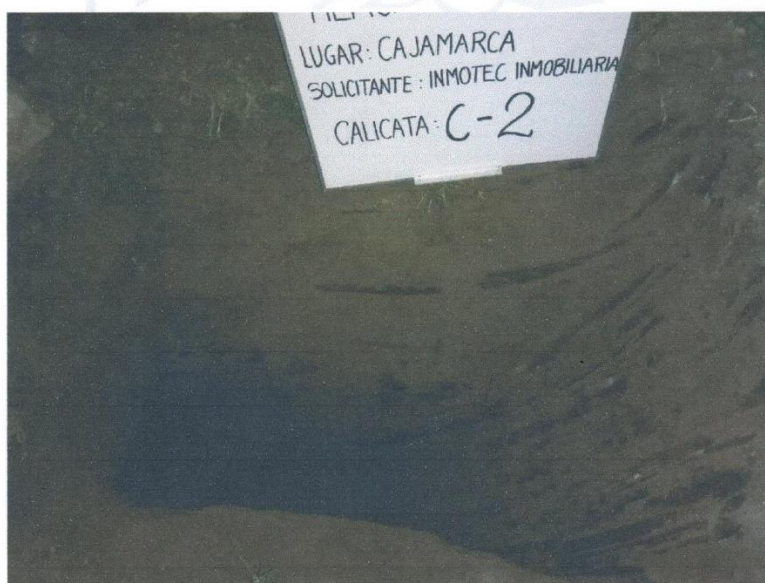
GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


Davis Frank Velásquez Hilario
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 195303

	GI-EMS- 005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	------------------	--------------------



Fotografía N° 03: Vista general de la calicata C-2.



Fotografía N° 04: Vista del perfil estratigráfico de la calicata C-2.

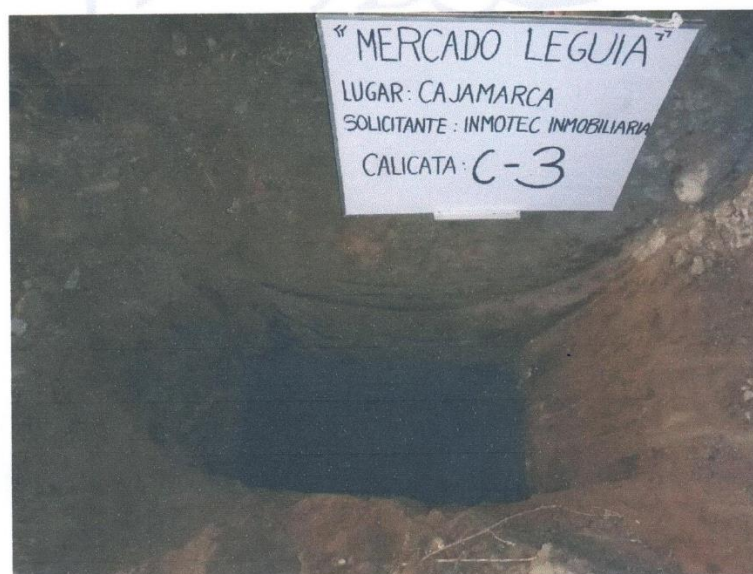
GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 195303

	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	------------------	--------------------



Fotografía N° 05: Vista general de la calicata C-3.

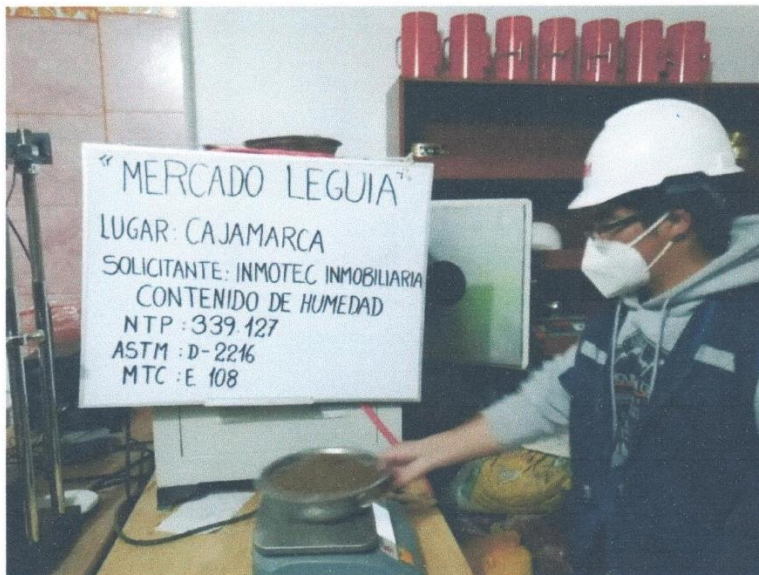


Fotografía N° 06: Vista del perfil estratigráfico de la calicata C-3.

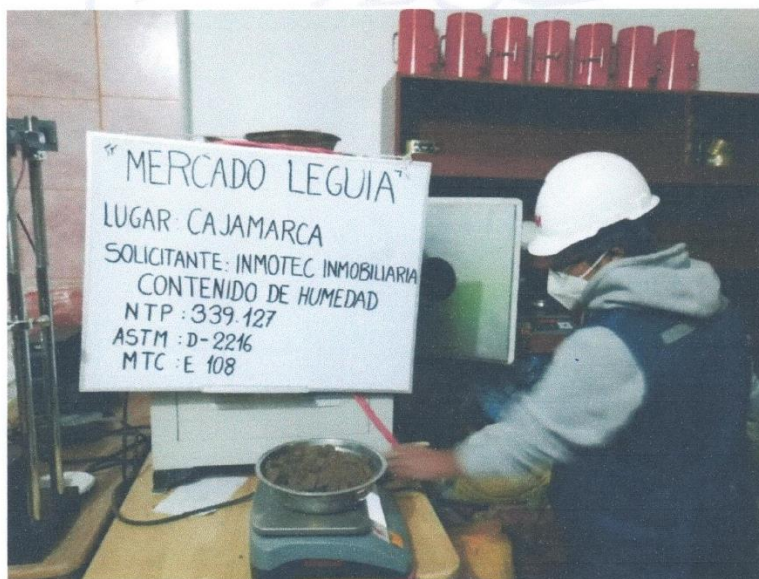
GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS- 005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	------------------	--------------------



Fotografía N° 07: Ensayo de Contenido de Humedad de la calicata C-1.



Fotografía N° 08: Ensayo de Contenido de Humedad de la calicata C-2.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303

	GI-EMS- 005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------	------------------	--------------------



Fotografía N° 09: Ensayo de Contenido de Humedad de la calicata C-3.



Fotografía N° 10: Ensayo de Análisis Granulométrico.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


 Davis Frank Velásquez Hilario
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 195303


	GI-EMS-005-08-20	"MERCADO LEGUÍA"	Fecha: 07/08/20
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------	------------------	--------------------



Fotografía N° 11: Ensayo de Corte Directo.



GUERSAN INGENIEROS S.R.L.


Davis Frank Velásquez Hilario
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 195303