

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“VARIACION DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE TRECE PISOS CON MUROS ESTRUCTURALES Y PLATEA DE CIMENTACIÓN AL INCORPORAR LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA EN LA AV. TACABAMBA. CHOTA”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR

BACH. HENRRY ELIDER TAPIA VÁSQUEZ

ASESOR

DR. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA – PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y haber sido mi guía en todo momento permitiéndome alcanzar parte mis sueños.

A mis padres, hermanos, abuelos y familiares, por brindarme su apoyo incondicional en cada momento, por sus enseñanzas y por su ejemplo, quienes me impulsaron con convicción a lograr mis metas y objetivos, gracias por todo.

A mi asesor de tesis, Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por su apoyo desinteresado y constante con sus sugerencias para lograr hacer realidad este trabajo de investigación.

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Cajamarca, por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales durante mi formación académica.

A mis amigos por su apoyo y sugerencias las cuales me sirvieron para mejorar el presente trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres, Samuel y Rosa por brindarme su apoyo incondicional, por su paciencia quienes son mi soporte y fortaleza en todo momento de mi vida, a ellos por guiarme para lograr hacer realidad uno de mis anhelados sueños, ser profesional.

A mis abuelos, Agustín y Susana quienes con su amor y sabios consejos me formaron con buenos valores para ser mejor persona, a ellos por ser mi mayor motivación para seguir adelante y alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos, Hozver, Fany y Sheni por apoyarme siempre en todos mis proyectos y metas trazadas y de forma especial a mi hermana Sheni que desde el cielo guía mi camino.

A mis tíos, primos y familiares, por sus buenos consejos y su apoyo infinito, gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	2
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.5 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.7 OBJETIVOS.	7
1.7.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	8
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL	8
2.1.2. A NIVEL NACIONAL.	10
2.1.3. A NIVEL LOCAL.....	12
2.2. BASES TEÓRICAS.....	13
2.2.1. SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES.	13
2.2.2. CIMENTACIONES.	14
2.2.3. INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA.....	16
2.2.4. EFECTOS ASOCIADOS CON LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA.	18
2.2.5. TRABAJO ESPACIAL Y MÚLTIPLES COMPONENTES DE LA ACCIÓN SÍSMICA.	19
2.2.6. ANÁLISIS SÍSMICO CON ACELEROGRAMAS.....	19
2.2.7. MODELO WINKLER – COEFICIENTE DE BALASTO.	20
2.2.8. OBTENCION DEL COEFICIENTE DE BALASTO.	22
2.2.9. MODELOS DINAMICOS DE INTERACCION SUELO – PLATEA DE CIMENTACION – SUPERESTRUCTURA.	24

2.2.10.	MODELOS DINAMICOS DE INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA.	26
2.2.11.	DEFINICION DE CONCEPTOS BASICOS.	37
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.		40
3.1.	UBICACION DE LA INVESTIGACIÓN.	40
3.2.	MATERIALES.....	40
3.2.1.	POBLACIÓN.	40
3.2.2.	MUESTRA.	40
3.2.3.	UNIDAD DE ANÁLISIS.	41
3.3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	41
A.	MÉTODO DE ESTUDIO.....	41
B.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.	41
C.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.	41
D.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
3.4.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACION.....	42
3.5.	DEFINICION DE VARIABLES.	42
3.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.	42
3.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	42
3.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	42
3.7.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.8.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.	46
3.9.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	46
3.10.	PROCEDIMIENTO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACIÓN.	47
3.11.	DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.	48
3.12.	CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO.....	48
3.13.	ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	49
3.14.	NORMAS UTILIZADAS.	50
3.15.	PREDIMENSIONAMIENTO.....	51
3.15.1.	PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS.....	51
3.15.2.	PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS.....	52
3.15.3.	PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS.....	54
3.15.4.	PLACAS O MUROS DE CORTE.	58
3.15.5.	PLATEA DE CIMENTACION.	59
3.15.6.	METRADO DE CARGAS SISMICAS.	59
3.16.	ANALISIS SISMICO DEL EDIFICIO.	59
3.16.1.	PARAMETROS SISMICOS.....	59
3.16.2.	MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.....	65

3.16.3.	ANÁLISIS SISMICO ESTÁTICO CON BASE EMPOTRADA.....	74
3.16.4.	ANÁLISIS SISMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL.....	78
3.16.5.	ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO TIEMPO – HISTORIA.....	83
3.16.6.	ANÁLISIS SISMICO CON INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA.....	91
3.16.7.	MODELAMIENTO DEL EDIFICIO CON ISE.....	95
3.16.8.	MODELAMIENTO DEL EDIFICIO CON COEFICIENTE DE BALASTO.....	100
3.17.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	101
A.	RESULTADOS DEL EDIFICIO CON Y SIN INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA.....	101
3.17.1.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS SISMICO ESTÁTICO.....	102
3.17.2.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS SISMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL.....	108
3.17.3.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS SISMICO DINÁMICO TIEMPO HISTORIA.....	133
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		159
4.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	159
4.1.1.	ANÁLISIS SISMICO ESTÁTICO.....	159
4.1.2.	ANÁLISIS SISMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL.....	160
4.1.3.	ANÁLISIS SISMICO DINÁMICO TIEMPO HISTORIA.....	163
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		166
5.1.	CONCLUSIONES.....	166
5.2.	RECOMENDACIONES.....	168
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		169

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Modulo de balasto UPC (Nelson Morrison).....	23
Tabla 2: Coeficiente de poisson según diferentes tipos de suelo.....	23
Tabla 3: Coeficiente “Co” según el tipo de suelo, determinado a través de ensayos experimentales.....	29
Tabla 4: Coeficientes dependientes de los lados de la platea.....	37
Tabla 5: Variable independiente.....	43
Tabla 6: Variable Dependiente.....	44
Tabla 7: Cuadro resumen de las características del edificio en estudio.....	49
Tabla 8: Criterio de verificación de deflexiones.....	53
Tabla 9: Peralte (h) según la categoría de la edificación.....	53
Tabla 10: Predimensionamiento de Vigas.....	54
Tabla 11: Peso según la categoría de la edificación.....	55
Tabla 12: Predimensionamiento de columnas.....	57
Tabla 13: Factor de zona “Z”.....	60
Tabla 14: Categoría de la edificación y factor de uso “U”.....	60
Tabla 15: Factor de suelo “S”.....	60
Tabla 16: Tabla de periodos TP y TL.....	61
Tabla 17: Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.....	62
Tabla 18: Irregularidades estructurales en altura (Ia).....	63
Tabla 19: Irregularidades estructurales en planta (Ip).....	63
Tabla 20: Resumen de pesos sísmicos por piso de la estructura según Etabs.....	64
Tabla 21: Parámetros sismorresistentes para el análisis.....	65
Tabla 22: Distribución de la fuerza sísmica en altura.....	78
Tabla 23: Espectro de diseño E.030-2018.....	81
Tabla 24: Cortante dinámica en la base de la edificación obtenida de ETABS.....	83
Tabla 25: Valores para el escalamiento de acelerogramas.....	84
Tabla 26: Propiedades del suelo de fundación.....	92
Tabla 27: Resumen de masas de la platea de cimentación.....	92
Tabla 28: Coeficientes de rigidez para la platea de cimentación – Barkan.....	93
Tabla 29: Coeficientes de rigidez para la platea de cimentación - Norma Rusa.....	93
Tabla 30: Coeficientes de rigidez para la platea de cimentación – Sargsian.....	93
Tabla 31: Coeficientes de rigidez para la platea de cimentación – Shariya.....	94
Tabla 32: Resumen de los coeficientes de rigidez para los cuatro modelos dinámicos.....	94
Tabla 33: Rigidez para el análisis sísmico estático - balasto vertical.....	95
Tabla 34: Desplazamientos laterales en dirección X con análisis estático.....	102
Tabla 35: Desplazamientos laterales en dirección Y con análisis estático.....	103
Tabla 36: Variación porcentual de desplazamientos máximos del análisis estático.....	104
Tabla 37: Derivas de entrepiso en dirección X con análisis estático.....	104
Tabla 38: Derivas de entrepiso en dirección Y con análisis estático.....	105
Tabla 39: Variación porcentual de las fuerzas internas máximas en columna C9 para sismo en X con análisis estático.....	106
Tabla 40: Variación porcentual de las fuerzas internas máximas en columna C9 para sismo en Y con análisis estático.....	106
Tabla 41: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para sismo en X con análisis estático.....	107
Tabla 42: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para sismo en Y con análisis estático.....	107
Tabla 43: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para sismo en Y con análisis estático.....	107

Tabla 44: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para sismo en Y con análisis estático.	107
Tabla 45: Periodos de vibración obtenidos con análisis convencional y con ISE para los modelos analizados.	108
Tabla 46: Desplazamientos laterales en X con análisis dinámico.	110
Tabla 47: Desplazamientos laterales en Y con análisis dinámico.	111
Tabla 48: Variación porcentual de desplazamientos máximos en X, Y con análisis dinámico.	111
Tabla 49: Derivas de entrepiso en X con análisis dinámico.	112
Tabla 50: Derivas de entrepiso en Y con análisis dinámico.	114
Tabla 51: Variación porcentual de derivas máximas en X, Y con análisis dinámico.	115
Tabla 52: Fuerzas Axiales en columna C9 para el análisis dinámico en X.	116
Tabla 53: Fuerzas Axiales en columna C9 para el análisis dinámico en Y.	117
Tabla 54: Fuerzas Cortantes en columna C9 para el análisis dinámico en X.	118
Tabla 55: Fuerzas Cortantes en columna C9 para el análisis dinámico en Y.	119
Tabla 56: Momentos flectores en columna C9 para el análisis dinámico en X.	120
Tabla 57: Momentos flectores en columna C9 para el análisis dinámico en Y.	121
Tabla 58: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en columna C9 para el análisis dinámico en X.	122
Tabla 59: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en columna C9 para el análisis dinámico en Y.	122
Tabla 60: Fuerzas Cortantes en viga V6 para el análisis dinámico en X.	122
Tabla 61: Fuerzas Cortantes en viga V6 para el análisis dinámico en Y.	123
Tabla 62: Momentos flectores en viga V6 para el análisis dinámico en X.	124
Tabla 63: Momentos flectores en viga V6 para el análisis dinámico en Y.	125
Tabla 64: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para el análisis dinámico en X.	126
Tabla 65: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para el análisis dinámico en Y.	126
Tabla 66: Fuerzas Axiales en placa PL6 para el análisis dinámico en X.	127
Tabla 67: Fuerzas Axiales en placa PL6 para el análisis dinámico en Y.	128
Tabla 68: Fuerzas cortantes en placa PL6 para el análisis dinámico en X.	129
Tabla 69: Fuerzas cortantes en placa PL6 para el análisis dinámico en Y.	130
Tabla 70: Momentos flectores en placa PL6 para el análisis dinámico en X.	131
Tabla 71: Momentos flectores en placa PL6 para el análisis dinámico en Y.	132
Tabla 72: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para el análisis dinámico en X.	133
Tabla 73: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para el análisis dinámico en Y.	133
Tabla 74: Desplazamientos laterales en X para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.	134
Tabla 75: Desplazamientos laterales en Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.	135
Tabla 76: Variación porcentual de desplazamientos máximos en X, Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.	136
Tabla 77: Derivas de entrepiso en X para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico tiempo Historia.	137
Tabla 78: Derivas de entrepiso en Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico tiempo Historia.	139
Tabla 79: Variación porcentual de derivas máximas en X, Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico tiempo Historia.	140

Tabla 80: Fuerzas Axiales en columna C9 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	141
Tabla 81: Fuerzas Axiales en columna C9 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	142
Tabla 82: Fuerzas Cortantes en columna C9 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.	143
Tabla 83: Fuerzas Cortantes en columna C9 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.	144
Tabla 84: Momentos flectores en columna C9 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.	145
Tabla 85: Momentos flectores en columna C9 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.	146
Tabla 86: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en columna C9 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.	147
Tabla 87: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en columna C9 para sismo de ICA 2007 NSX – EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.	147
Tabla 88: Fuerzas Cortantes en viga V6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	147
Tabla 89: Fuerzas Cortantes en viga V6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	148
Tabla 90: Momentos flectores en viga V6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	149
Tabla 91: Momentos flectores en viga V6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	150
Tabla 92: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	151
Tabla 93: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	151
Tabla 94: Fuerzas Axiales en placa PL6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	152
Tabla 95: Fuerzas Axiales en placa PL6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	153
Tabla 96: Fuerzas Cortantes en placa PL6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.	154
Tabla 97: Fuerzas Cortantes en placa PL6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.	155
Tabla 98: Momentos flectores en placa PL6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.	156
Tabla 99: Momentos flectores en placa PL6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.	157
Tabla 100: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.	158
Tabla 101: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.	158
Tabla 102: Variación de los períodos de las 12 primeras formas de vibración libre.	160

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fotografía satelital de la ubicación del proyecto de investigación.....	5
Figura 2: Croquis - delimitación espacial.....	5
Figura 3: Ilustración esquemática de un sistema de muros estructurales.....	14
Figura 4: Tipos de cimentaciones superficiales.....	15
Figura 5: Modelo idealizado del coeficiente de balasto.....	20
Figura 6: Viga discretizada (Modelo de Winkler).....	21
Figura 7: Curva esfuerzo - deformación, coeficiente de balasto.....	22
Figura 8: Esquema de interacción suelo - platea de cimentación.....	24
Figura 14: Ingreso de valores para el modelo en la dirección X, Y, Z.....	66
Figura 15: Definición de material: Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	67
Figura 16: Definición de material: Acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	67
Figura 17: Columnas de sección 0.40x0.50m.....	68
Figura 18: Vigas de sección 30x70m.....	68
Figura 19: Definición de Losa Aligerada de 17 cm.....	69
Figura 20: Definición de Placas con espesor 0.25m.....	69
Figura 21: Vista en planta del sistema estructural del edificio.....	70
Figura 22: Vista en 3D del sistema estructural.....	70
Figura 23: Definición de patrones de carga.....	71
Figura 24: Asignación de cargas.....	71
Figura 25: Asignación de restricciones en la base.....	72
Figura 26: Asignación de diafragmas rígidos para cada entrepiso.....	73
Figura 27: Definición de brazos rígidos.....	73
Figura 28: Definición del peso sísmico.....	74
Figura 29: Definición del análisis estático en X.....	77
Figura 30: Definición del análisis estático en Y.....	77
Figura 31: Definición de Caso de Carga en la dirección X.....	79
Figura 32: Definición de Caso de Carga en la dirección Y.....	79
Figura 33: Espectro de diseño dirección X-X.....	82
Figura 34: Vista del espectro sísmico de diseño norma E.030.....	82
Figura 35: Espectro elástico de diseño E030-2018 con $R=1$	85
Figura 36: Vista del espectro sísmico de diseño con $R=1$ norma E.030.....	85
Figura 37: Acelerograma original y escalado del sismo de Ica 2007 dirección E-O.....	86
Figura 38: Acelerograma original y escalado del sismo de Ica 2007 dirección N-S.....	86
Figura 39: Acelerograma original y escalado del sismo de Ancash 1970 dirección E-O.....	87
Figura 40: Acelerograma original y escalado del sismo de Ancash 1970 dirección N-S.....	87
Figura 41: Acelerograma original y escalado del sismo de Lima 1974 dirección E-O.....	88
Figura 42: Acelerograma original y escalado del sismo de Lima 1974 dirección N-S.....	88
Figura 43: Definición de la función tiempo - historia para el sismo de Ica del 2007.....	90
Figura 44: Definición de Casos de Carga TH- ICA EOX – NSY.....	91
Figura 45: Liberación del empotramiento en la base.....	96
Figura 46: Definición del material de la platea de cimentación.....	97
Figura 47: Asignación de la sección de la platea.....	97
Figura 48: Platea de cimentación dibujada en planta y vista en 3d.....	98
Figura 49: Definición de masas en la dirección x, y, z.....	98
Figura 50: Asignación de los coeficientes de rigidez para el modelo Barkan.....	99
Figura 51: Definición y asignación del resorte (spring) en la platea de cimentación.....	100
Figura 52: Asignación de los coeficientes de rigidez del Balasto vertical.....	101
Figura 53: Desplazamientos en dirección X con análisis estático.....	102
Figura 54: Desplazamientos en dirección Y con análisis estático.....	103

Figura 55: Derivas en dirección X con análisis estático.....	105
Figura 56: Derivas en dirección Y con análisis estático.....	106
Figura 57: Variación de los periodos de vibración con análisis convencional y con ISE para los modelos analizados.....	109
Figura 58: Desplazamientos en X con análisis dinámico.....	110
Figura 59: Desplazamientos en Y con análisis dinámico.....	111
Figura 60: Derivas en X con análisis dinámico.....	113
Figura 61: Derivas en Y con análisis dinámico.....	115
Figura 62: Fuerzas Axiales en columna C9, análisis dinámico en X.....	116
Figura 63: Fuerzas Axiales en columna C9, análisis dinámico en Y.....	117
Figura 64: Fuerzas cortantes en columna C9, análisis dinámico en X.....	118
Figura 65: Fuerzas cortantes en columna C9, análisis dinámico en Y.....	119
Figura 66: Momentos flectores en columna C9, análisis dinámico en X.....	120
Figura 67: Momentos flectores en columna C9, análisis dinámico en Y.....	121
Figura 68: Fuerzas cortantes en viga V6, análisis dinámico en X.....	123
Figura 69: Fuerzas cortantes en viga V6, análisis dinámico en Y.....	124
Figura 70: Momentos flectores en viga V6, análisis dinámico en X.....	125
Figura 71: Momentos flectores en viga V6, análisis dinámico en Y.....	126
Figura 72: Fuerzas Axiales en placa PL6, análisis dinámico en X.....	127
Figura 73: Fuerzas Axiales en placa PL6, análisis dinámico en Y.....	128
Figura 74: Fuerzas cortantes en placa PL6, análisis dinámico en X.....	129
Figura 75: Fuerzas cortantes en placa PL6, análisis dinámico en Y.....	130
Figura 76: Momentos flectores en placa PL6, análisis dinámico en X.....	131
Figura 77: Momentos flectores en placa PL6, análisis dinámico en Y.....	132
Figura 78: Desplazamientos en X para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.....	134
Figura 79: Desplazamientos en Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.....	135
Figura 80: Derivas en X para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.....	138
Figura 81: Derivas en Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.....	140
Figura 82: Fuerzas Axiales en columna C9, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	141
Figura 83: Fuerzas Axiales en columna C9, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	142
Figura 84: Fuerzas cortantes en columna C9, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	143
Figura 85: Fuerzas cortantes en columna C9, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	144
Figura 86: Momentos flectores en columna C9, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	145
Figura 87: Momentos flectores en columna C9, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	146
Figura 88: Fuerzas Cortantes en viga V6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	148
Figura 89: Fuerzas Cortantes en viga V6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	149
Figura 90: Momentos flectores en viga V6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	150
Figura 91: Momentos flectores en viga V6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	151

Figura 92: Fuerzas Axiales en placa PL6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	152
Figura 93: Fuerzas Axiales en placa PL6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	153
Figura 94: Fuerzas Cortantes en placa PL6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	154
Figura 95: Fuerzas Cortantes en placa PL6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	155
Figura 96: Momentos flectores en placa PL6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	156
Figura 97: Momentos flectores en placa PL6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.....	157

RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo determinar la variación del comportamiento sísmico de un edificio de trece pisos con muros estructurales y platea de cimentación al incorporar la Interacción suelo - estructura en la provincia de Chota para un tipo de suelo flexible. Para evaluar el comportamiento sísmico de la estructura se efectuó el modelamiento con análisis convencional (base empotrada) y considerando la influencia de la interacción suelo - estructura mediante los modelos dinámicos de D.D. Barkan – O.A. Savinov, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, A.E. Sargsian y N.G. Shariya, como software de cálculo estructural se utilizó el ETABS 2018. Para determinar la respuesta sísmica del edificio con y sin interacción suelo - estructura se efectuó un análisis estático, dinámico espectral y tiempo historia, de acuerdo a lo establecido en la norma E.030 -2018, realizándose los análisis de la edificación en las dos direcciones horizontales tanto para el método estático, dinámico espectral y tiempo historia, en este último se utilizó tres acelerogramas de sismos ocurridos en el Perú, el del sismo en Ica 2007, Ancash 1970 y Lima 1974, además para realizar el escalamiento de los acelerogramas al espectro elástico de la zona con $R=1$, se utilizó el programa SeismoMatch 2022, asimismo mediante la incorporación de la interacción suelo - estructura en el análisis sísmico del edificio, los periodos de vibración se incrementan en 423.66%, los desplazamientos se incrementan en 674.34%, las derivas aumentan en 485.71% y se reducen las fuerzas axiales en 90.85%, las fuerzas cortantes en 74.82% y los momentos flectores en 84.86%, respecto del modelo convencional empotrado.

Palabras clave: Interacción sísmica suelo – estructura, comportamiento sísmico, respuesta sísmica, modelo dinámico, muros estructurales.

ABSTRACT

This thesis aims to determine the variation of the seismic behavior of a thirteen story building with structural walls and foundation plate by incorporating the soil-structure Interaction in the province of Chota for a flexible soil type. To evaluate the seismic behavior of the structure, modeling was carried out with conventional analysis (recessed base) and considering the influence of soil structure interaction through dynamic models of D.D. Barkan – O.A. Savinov, Russian Standard SNIP 2.02.05-87, A.E. Sargsian and N.G. Shariya, ETABS 2018 was used as structural calculation software. To determine the seismic response of the building with and without soil - structure interaction, a static, dynamic spectral and time history analysis was carried out, in accordance with the provisions of the E.030 -2018 standard, performing the analysis of the building in the two horizontal directions for both the static method, dynamic spectral and time history, in the latter, three accelerograms of earthquakes that occurred in Peru were used, that of the earthquake in Ica 2007, Ancash 1970 and Lima 1974, in addition to scale the accelerograms to the elastic spectrum of the zone with $R=1$, the SeismoMatch 2022 program was used, also by incorporating the soil-structure interaction in the seismic analysis of the building, vibration periods increase by 423.66%, displacements increase by 674.34%, drifts increase by 485.71% and axial forces are reduced by 90.85%, shear forces by 74.82% and bending moments by 84.86%, compared to the conventional recessed model.

KEY WORDS: Soil – structure seismic interaction, seismic behavior, dynamic model, seismic response, structural walls.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el contexto internacional, podemos citar algunos de los terremotos más devastadores producidos a lo largo de la historia, así tenemos los sismos de Chile en 1960 de 9.5 MW, de Indonesia en el 2004 de 9.3 MW y de Japón en el 2011 de 9.0 MW, sucesos catastróficos que provocaron la pérdidas de muchas vidas humanas y cuantiosas pérdidas económicas, por este motivo se está haciendo diversas investigaciones sobre la interacción suelo- cimentación- superestructura para tener una concepción más clara y precisa del comportamiento estructural de las edificaciones ante un evento sísmico de gran magnitud, tal es el caso de los trabajos e investigaciones de los modelos dinámicos dados por: Barkan - Savinov, Norma Rusa, Sargsian, N.G, Shariya entre otros, los cuales se deberá implementar en el análisis sísmico para reducir los esfuerzos internos en los elementos estructurales a fin de obtener resultados más confiables y de esta forma poder prevenir que las edificaciones colapsen como lo sucedido en los terremotos ya indicados. (Garces. L, 2019, p.1).

En el contexto nacional, el Perú se sitúa en el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, característica que lo convierte en una de las zonas de mayor actividad sísmica, por esta razón se busca reducir en lo posible pérdidas humanas y materiales cuando se produzcan eventos sísmicos de gran magnitud como el sismo en Lima-Callao en 1940 de 8.2 MW, el sismo en Ancash en 1970 de 7.8 MW, el sismo en Pisco-Ica-Chincha en el 2007 de 7.9 MW, sucesos fatídicos que causaron la muerte de miles de personas y millones de soles en pérdidas para el país; ante este desafío surge la necesidad de instaurar metodologías en diseño y reforzamiento de edificaciones existentes mucho más seguras, como son la ISE y los disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal. (Vásquez, 2017, p.1).

Además del alto grado de sismicidad por la interacción de las placas tectónicas de Nazca y la placa sudamericana, tenemos problemas con los suelos de baja capacidad portante, que incrementan la aceleración sísmica causando mayor daño en las edificaciones. Asimismo, estas zonas vulnerables con alto peligro sísmico están

siendo ocupadas por una gran cantidad de población, lo cual ante a la ocurrencia de un movimiento telúrico los daños serían cuantiosos. (Valderrama y Meza 2014, p.13).

En el contexto local, la Provincia de Chota, según la Norma de Diseño Sismorresistente E.030-2018, está ubicada dentro de la zona sísmica 2, considerada como una zona de mediana sismicidad, a esto sumado el gran incremento de construcciones informales que carecen de licencias de construcción, que no pasaron por la inspección técnica de un profesional y construidas por maestros de obra sin un criterio técnico adecuado, lo que hace vulnerable las estructuras y no se comporten satisfactoriamente ante la ocurrencia de un evento sísmico fuerte, y lo que se busca es evitar daños y pérdida de vidas humanas.

Es por tal razón que la presente tesis tiene como objetivo determinar la variación del comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales y platea de cimentación al incorporar la interacción suelo – estructura de aquí en adelante (ISE), es decir, calcular cuantitativamente en cuanto varía los esfuerzos internos y deformaciones de los elementos estructurales del edificio debido a la influencia de la ISE para verificar su comportamiento. El edificio está ubicado en la Provincia de Chota y considerado como categoría B al ser destinado para comercio-hospedaje, se realizara un análisis sísmico estático y sísmico dinámico para un modelamiento con y sin ISE a través de los modelos dinámicos de base flexible (Barkan, Norma Rusa, Sargian y Shariya) que consideran las propiedades del suelo de fundación en el análisis, con el propósito de efectuar un análisis comparativo de resultados entre ambos modelos, teniendo en consideración los parámetros de cálculo establecidos en la Norma. E.030 - 2018.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1 PROBLEMA GENERAL.

¿En cuánto varía el comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales y platea de cimentación al incorporar la interacción suelo - estructura en la Av. Tacabamba. Chota?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El desarrollo de la presente investigación es importante y se justifica por las siguientes razones:

Esta investigación es importante porque actualmente nuestro medio requiere edificaciones cada vez de mayor altura diseñados con mayor seguridad, con sistemas estructurales que se comporten satisfactoriamente frente a cargas de sismo, tal es el caso de los muros estructurales, así mismo se hace necesario incorporar al proyecto estructural del edificio la interacción suelo - estructura para comprender mejor el comportamiento sísmico entre la subestructura y la superestructura.

Además, la respuesta sísmica de los edificios es modificada directamente a través de su cimentación, debido a los movimientos sísmicos producidos en el suelo. Las características dinámicas del suelo (Velocidad de ondas de corte, módulo de corte del suelo, coeficiente de amortiguamiento, coeficiente de poisson y coeficiente de balasto), la rigidez, la disposición de la cimentación y el tipo de sistema estructural de la edificación interactúan entre sí para caracterizar los efectos sísmicos sobre ella. (López. 2013). El análisis sísmico convencional consiste en asumir en todos los casos que la superestructura esta empotrada en la base (suelo) restringiendo la totalidad de los grados de libertad de la cimentación y al no tomar en cuenta la ISE, se va a obtener resultados con variaciones significativas en la respuesta sísmica real de la estructura, es decir, tendríamos un diseño inseguro, más aun tratándose de una edificación cimentada sobre suelo blando, de modo que, el empotramiento perfecto en la base no es la idealización más adecuada, debido a que, las edificaciones no están aisladas del suelo de fundación y el suelo no es totalmente rígido como suele plantearse, sino que este tiende a comportarse de forma flexible; siendo indispensable incluir la ISE en el análisis sismorresistente del edificio.

Desde el punto de vista más real, este proyecto de tesis busca integrar los modelos dinámicos de ISE al análisis sísmico debido a que estos toman en cuenta los coeficientes de rigidez del suelo (Barkan, Norma Rusa, Sargian y Shariya) permitiendo disipar gran parte de la energía inducida por el sismo, por lo tanto, se hace imprescindible incorporar dicho tipo de análisis para poder predecir con suficiente aproximación el comportamiento sísmico de la edificación. Lo que nos

permitirá modelar y analizar estructuras más seguras y confiables frente a una amenaza sísmica.

La presente investigación también se justifica porque contribuirá con un nuevo enfoque de análisis sísmico de edificaciones con interacción suelo – estructura y resultados que beneficiará a estudiantes, egresados, ingenieros e investigadores involucrados en esta área, al brindar una metodología de diseño para que usen este tipo de análisis en edificaciones futuras que se proyectan erigir en la ciudad de Chota y la región Cajamarca.

1.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

Este proyecto de investigación es importante porque se busca demostrar que los modelos dinámicos de interacción sísmica suelo-estructura (ISE) evidencian un comportamiento estructural más acorde con la realidad, comparado con el modelo de base empotrada que no refleja el trabajo real de la estructura al no tomar en cuenta las propiedades elásticas del suelo de fundación.

Por este motivo, cobra importancia incorporar la interacción suelo - estructura en el análisis sísmico del edificio para determinar su respuesta dinámica y ver cómo responde toda la estructura en términos de desplazamientos y deformaciones, al estar sometido a acciones sísmicas, además porque influye directamente en los parámetros de cálculos de los periodos de vibración, desplazamientos, así como en los esfuerzos generados en la superestructura y subestructura.

1.5 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación está comprendida en la Av. Tacabamba y el Jr. Camino Real S/N manzana 4, lote 17b centro poblado Chota - sector 1 en la Provincia y Distrito de Chota, Departamento de Cajamarca. Dicha investigación tomó como objeto de estudio a un edificio de 13 pisos (12 niveles superiores y un sótano) con muros estructurales y platea de cimentación, destinado para comercio-hospedaje (categoría B).

Este edificio fue diseñado y construido en el año 2017 llevando como nombre inicial “Torre de Babel” de propiedad del Ing. William Oblitas quien posteriormente

cambio el nombre a “Hotel el Tigre”, los planos de arquitectura fueron elaborados por el Arq. Eri Altamirano Medina y los planos de estructuras por el ingeniero José Luis Silva Tarrillo.

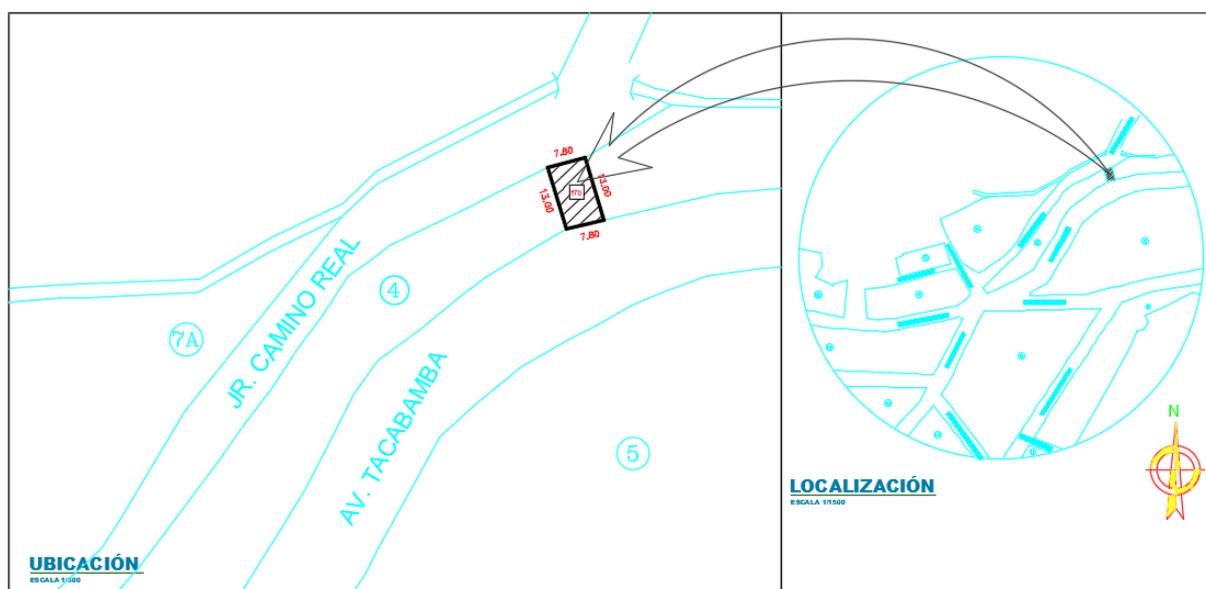
Según la observación realizada in situ, el estado actual en que se encuentra el edificio es en buenas condiciones, sin ningún tipo de fallas o fisuras ya que se trata de una edificación construida recientemente, tal como se puede apreciar en las fotografías del anexo 4.

Figura 1: Fotografía satelital de la ubicación del proyecto de investigación.



Fuente: Google Earth 2021.

Figura 2: Croquis - delimitación espacial.



Fuente: Plano de ubicación y localización.

En la presente tesis, se ha optado por asumir que el sótano está por encima del nivel de terreno natural (nivel cero). Esto con la única finalidad de generar un mayor esfuerzo en el edificio y así obtener las máximas deformaciones y desplazamientos. Para esto se realizó el análisis sísmico estático, sísmico dinámico y sísmico tiempo - historia del edificio y comparar resultados de los modelos que consideren la ISE y el modelo de base empotrada según lo establecido en la Norma E. 030-2018 Diseño Sismorresistente.

Asimismo, para el análisis sísmico tiempo - historia se consideró como mínimo 3 registros de sismos reales con dos componentes ortogonales cada uno, condiciones según lo estipula la norma E.030, obtenidos de la página del Instituto Geofísico del Perú, los acelerogramas de los sismos del 31 de mayo de 1970 en Ancash, del 15 de agosto del 2007 en Ica y del 3 de octubre de 1974 en Lima. Se eligieron dichos sismos porque no se cuenta con registros sísmicos en la zona donde se ubica el edificio, otro criterio tomado en cuenta es la magnitud y en menor medida la distancia, ya que estos han sido de los más fuertes y destructivos, que han causado mucho daño en la historia del Perú. Para realizar el escalamiento de los acelerogramas al espectro elástico de la zona donde se ubica la edificación en estudio con $R=1$, se utilizó el programa SeismoMatch 2022. Con el acelerograma escalado de Ica 2007 se realizó el análisis sísmico, ya que según los resultados del análisis sísmico fue este el que generó mayores respuestas en la estructura. También para analizar los efectos de la interacción suelo - estructura se utilizó el programa ETABS 2018, como resultado del análisis sísmico de la edificación con y sin ISE se logró determinar la variación de los esfuerzos internos, derivas de entrepiso, periodos de vibración y desplazamientos de todos los modelos considerados.

Este proyecto de investigación se limita al análisis sísmico de edificaciones con sistema de muros estructurales de concreto sobre plateas de cimentación que se proyecten construir en la Provincia de Chota, para un tipo de suelo flexible (S3), siguiendo los criterios vigentes de la norma peruana y de los modelos dinámicos de interacción suelo-estructura D.D. Barkan – O.A. Savinov, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, A.E. Sargsian y N.G. Shariya.

Es necesario mencionar que para la elaboración de esta tesis se ha considerado el estudio de Mecánica de Suelos realizado en la etapa de anteproyecto con fines de cimentación a solicitud del propietario del edificio, dicho estudio fue realizado por la empresa consultora “Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto y Diseño de Pavimentos” del Ing. JOSE LEZAMA LEIVA, también es preciso indicar que no se han realizado ensayos de placa de carga.

El análisis sísmico y modelamiento de la edificación fue desarrollado en el software ETABS 2018, programa de cálculo estructural y dimensionamiento de edificios a nivel mundial.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

Las limitaciones encontradas para la elaboración de la presente investigación fueron; la falta de una normativa peruana vigente, que incorpore al diseño sismorresistente la interacción suelo - estructura, debido a que se considera prioritario este tipo de análisis y diseño en nuestra región y el país.

También otro limitante encontrado es la dificultad para obtener el valor del coeficiente de balasto y el módulo de poisson del suelo de fundación, estos valores se obtienen al realizar ensayos de placa de carga y en nuestra región no contamos con dichos equipos. Por lo que, en este proyecto de tesis no se ha calculado el coeficiente de balasto ni el módulo de Poisson del suelo de cimentación del edificio, en consecuencia, para realizar dichos cálculos recurriremos a tablas y algunos estudios teórico - experimentales que investigadores reconocidos han elaborado y con ello se ha determinado dichos coeficientes, el cual ha sido la principal limitación.

1.7 OBJETIVOS.

1.7.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar la variación del comportamiento sísmico de un edificio de trece pisos con muros estructurales y platea de cimentación al incorporar la Interacción Suelo - Estructura en la Av. Tacabamba. Chota.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar la variación de los periodos de vibración, desplazamientos, derivas de entrepiso y fuerzas internas sin considerar la interacción suelo - estructura de un edificio con muros estructurales y platea de cimentación.
- Determinar la variación de los periodos de vibración, desplazamientos, derivas de entrepiso y fuerzas internas al incorporar la interacción suelo - estructura de un edificio con muros estructurales y platea de cimentación.
- Analizar y comparar los resultados obtenidos en los diferentes análisis y modelamientos.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación, describimos de forma breve los antecedentes de la presente investigación.

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL.

Pinto-Vega, Francisco J. y Ledezma, Christian. (2019), en su tesis de doctorado **“Interacción suelo - estructura en edificios de gran altura con subterráneos en Santiago, Chile”**. Pontificia Universidad Católica de Chile. Concluyen que:

Es prioritario evaluar el comportamiento dinámico de edificaciones de gran altura con sótano considerando la interacción dinámica suelo – estructura, ya que la respuesta sísmica de la edificación a nivel de la subestructura, superestructura y del suelo alrededor de la edificación se ven modificados en comparación a los análisis estructurales sísmicos que consideran la base rígida o empotrada.

La incorporación de la estructura modifica el comportamiento de la distribución de presiones sísmicas de tierra a nivel de los muros de retención del subterráneo. Es así que los efectos relativos a la dependencia del movimiento suelo-estructura según las evaluaciones realizadas pueden estar controlados por: La respuesta dinámica de la estructura, la flexibilidad de los muros de retención, y el contacto muro-suelo.

Zuñiga, M. (2017), en su tesis de pregrado **“Revisión de la respuesta sísmica con y sin efectos de interacción suelo estructura de un edificio a base de muros de concreto reforzado para el almacenamiento de archivos”**. **Universidad Nacional Autónoma de México**. Concluye que:

La inclusión de la interacción suelo - estructura frente al modelo convencional de base empotrada es esencial, ya que, el suelo absorbe parte de la energía generada durante un sismo, la comparación de los elementos mecánicos en los muros de cortante lo evidencia, donde para la condición de base empotrada, se encontraron mayores solicitaciones en la estructura y los efectos de la interacción suelo - estructura (ISE) efectivamente redujeron dichos elementos mecánicos.

La incorporación de los efectos del periodo dominante más largo del terreno en el espectro de diseño, permitió que disminuyeran las fuerzas cortantes, las distorsiones y los elementos mecánicos del edificio analizado; aun cuando la estructura es rígida.

La interacción suelo-estructura puede ayudar a economizar el diseño de estructuras de concreto reforzado, puesto que los elementos de diseño suelen ser menores cuando se toman en cuenta las características del suelo. En el caso del presente proyecto dichos elementos disminuyeron alrededor de 30%, sin embargo, estos beneficios pudieron ser mayores si se hubiera tratado de una estructura flexible.

Toapanta, H. (2016), en su tesis de pregrado **“Interacción sísmica entre suelo - estructura en edificios de hormigón armado de 6 pisos limitados por zapatas aisladas en la ciudad de Ambato sector Plaza Urbina”**. **Universidad Técnica de Ambato, Ecuador**. Concluye que:

Los modos de vibración, en el análisis dinámico, al considerar los efectos de interacción suelo - estructura, son menores que al no considerar los efectos de ISE.

Los periodos de vibración en el análisis con interacción suelo - estructura, son menores que los periodos del análisis sin considerar la ISE.

Los desplazamientos de piso y derivas disminuyen en el análisis dinámico con interacción suelo- estructura respecto del análisis de base empotrada, mientras que las reacciones del suelo en el análisis dinámico con el modelo de interacción suelo -

estructura (ISE) presentan los valores más bajos, siendo el análisis estático el que presenta el valor más alto.

Borda, J y Rodríguez, J. (2012), en su investigación **“Análisis de los efectos de interacción sísmica suelo - estructura en una edificación de hormigón armado ubicada en Cochabamba - Bolivia”**, Bolivia.

Utilizaron en su investigación un edificio de 9 pisos más terraza con sistema de pórticos de hormigón armado compuesto por un sótano y una planta baja, con características sísmicas propias del país de Cochabamba – Bolivia. Con el objetivo de analizar el problema de los efectos de la interacción suelo - estructura (ISE) mediante el método de los módulos de reacción para un comportamiento lineal del sistema suelo – estructura y finalmente evaluar sus efectos estructurales respectivos.

Llegando entre otras a la conclusión; que al considerar la interacción suelo - estructura en el análisis y diseño sísmico de la edificación, disminuye los periodos y se incrementa las frecuencias de vibración comparado con el modelo convencional o simplemente apoyado.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL.

Carrasco, K. (2019). En su tesis **“Análisis comparativo entre el diseño estructural con el modelo sísmico normativo y los modelos dinámicos de interacción suelo-estructura para un edificio con pórticos y placas cimentado sobre zapatas aisladas”**. Universidad Nacional de Piura, Perú. El autor llega a las siguientes conclusiones:

La influencia de la interacción suelo estructura se evidencia en el incremento del periodo de la primera forma de vibración de hasta 34.39%; disminuyó la frecuencia correspondiente a la primera forma de vibración hasta en 34.44%; aumentaron los desplazamientos hasta el orden de 35.87 % en el eje X y hasta 39.45% en el eje Y.

Las fuerzas axiales máximas bajaron hasta en un 50.68%, las fuerzas cortantes disminuyeron hasta en un 12.49% y el momento flector máximo sufrió un aumento de 1.24% que no es notorio ya que la variación es casi nula.

Según los resultados obtenidos por ambos modelos dinámicos, Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 y el ASCE/SEI 41-13, nos conllevan a resultados similares. Las

variaciones en los periodos, frecuencias, desplazamientos máximos y fuerzas internas entre estos dos modelos, respecto al modelo sísmico empotrado en el base permitido por la Norma Peruana E.030-2018, son parecidos.

Villarreal, G. (2017), en su libro **“Interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones con plateas de cimentación”**. Lima, Perú. Concluye que el cálculo sísmico con modelos dinámicos de interacción suelo - estructura y al considerar la flexibilidad de la base de fundación influye directamente en la determinación de los parámetros de cálculo, incrementando los períodos de vibración, los desplazamientos máximos en los centros de masa, disminuyendo la fuerza axial máxima, incrementándose la fuerza cortante máxima y el momento flector máximo.

Asimismo, recomienda el uso y aplicación del modelo dinámico de la Norma Rusa por ser el que mejor se ajusta a la realidad peruana, para el caso de interacción suelo - platea - superestructura.

Además, sugiere mejorar la Norma Técnica Peruana E030 - 2016, incluyendo la exigencia de dicho tipo de análisis, el cual describe perfectamente el comportamiento real de la edificación ante un evento sísmico.

Condori, G. (2014), en su proyecto de tesis de pregrado: **“Comportamiento sísmico lineal y no-lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo-estructura”**. Universidad Católica de Santa María de Arequipa, Perú. El autor realiza un análisis estático y dinámico, a un edificio alto con sistema dual (pórticos y muros estructurales), platea de cimentación y zapatas aisladas, para diferentes modelos de I.S.E. llegando a las siguientes conclusiones:

Que los desplazamientos obtenidos por el análisis sísmico dinámico modal espectral empotrado cumplen con la norma y se incrementan al aplicar la interacción suelo-estructura, además concluye que el análisis sísmico dinámico tiempo - historia con interacción suelo estructura es el modelo adecuado para el estudio y análisis sísmico de edificios altos.

López, E. (2013), en su tesis de maestría **“Análisis de interacción sísmica suelo - estructura para reducir esfuerzos en los elementos estructurales en**

edificaciones regulares e irregulares con zapatas aisladas en Huaraz”. **Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.** El autor llega a las siguientes conclusiones:

En la edificación regular e irregular con la interacción suelo-estructura debido a la flexibilidad de la base de fundación: Los desplazamientos de entrepiso se incrementan y los periodos de vibración también aumentan.

En el análisis estático en la edificación regular e irregular, los modelos dinámicos de Ilichev y Sargsian no cumplen con las derivas de la norma E.030, los modelos empotrados en la base, Barkan y la Norma Rusa si cumplen con las derivas de la norma E.030; en el análisis dinámico espectral y tiempo historia los modelos de empotrado en la base, Barkan, Ilichev, Sargsian y la Norma Rusa si cumplen con las derivas de la norma E.030.

Además, tanto para la edificación regular e irregular, los periodos de vibración disminuyen cuando se disminuyen los pisos, porque al disminuir los pisos también se disminuyen las masas y la rigidez del edificio y el análisis modal para obtener los periodos de vibración depende de la masa y de la rigidez del edificio.

2.1.3. A NIVEL LOCAL.

Garay, R. (2017), en su tesis de pregrado **“Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los balcones del valle” barrio Columbo – Cajamarca”.** **Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.** Concluye que:

La incorporación de la interacción suelo - estructura en el análisis sísmico de una edificación influye directamente en la determinación de los parámetros de cálculo y por ende en el comportamiento sísmico del edificio.

Mediante la incorporación de la Interacción suelo-estructura en el análisis sísmico de la edificación, se logró la reducción de las fuerzas internas en los elementos estructurales hasta un 37.18%; aumento de los desplazamientos laterales de entrepiso hasta un 28.49% y un aumento de los periodos de la primera forma de vibración hasta un 23.78%, todo ello con respecto al modelo convencional de empotramiento perfecto.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES.

Los muros estructurales son paredes de concreto armado ampliamente utilizados en proyectos de edificaciones sismorresistentes. Sus características resaltantes de elevada rigidez y ductilidad le permiten resistir de forma muy eficiente las cargas gravitacionales y especialmente cargas laterales debido a las acciones de sismo o viento, reduciendo los desplazamientos laterales de la estructura y permitiendo gran disipación de energía en las zonas diseñadas para tal fin. Por esta razón, ciertos edificios de gran altura se diseñan con este sistema de muros obteniendo un comportamiento estructural eficiente. (Fratelli,1999, p.13).

Según la Norma Técnica E. 030 del RNE – 2018 menciona que: Es el sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base del edificio.

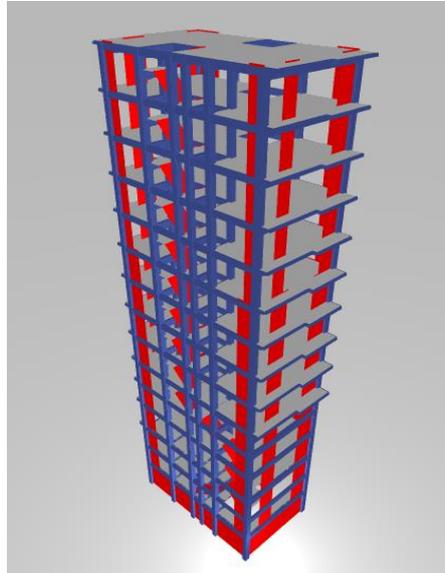
Estos elementos tienen como función principal la de resistir las fuerzas horizontales en su plano, las cuales son originadas por la acción del sismo. También, la de proporcionar una mayor rigidez lateral a la estructura en el sentido en el cual estén orientadas, lo que le permite disminuir sus desplazamientos laterales, disminuyen los esfuerzos que se generan en los pórticos y al mismo tiempo poseen una buena capacidad de deformación que le permite disipar energía y resistir sismos severos. (Caffo, 2019, p.11)

En cuanto a sus dimensiones, este tipo de muros se caracterizan por su reducido espesor en comparación con el resto de sus dimensiones y pueden alcanzar grandes alturas sin presentar problemas de inestabilidad, es decir, le proporciona soporte y estabilidad lateral a las estructuras evitando el pandeo fuera de su plano, agrietamiento, pérdida de capacidad de carga al resistir las fuerzas cortantes y momentos flectores causadas por las fuerzas sísmicas. (Fratelli,1999, p.13).

En lo que se refiere al armado del acero de refuerzo generalmente se hace en las dos direcciones, adicionando refuerzo horizontal y vertical con la finalidad de resistir la fuerza cortante en las dos direcciones ortogonales al plano del muro, así

como las solicitaciones por momento flector y fuerza axial. (Briceño y Carreras, 2013, p.2).

Figura 3: Ilustración esquemática de un sistema de muros estructurales.



Fuente: Planos de estructuras.

2.2.2. CIMENTACIONES.

Conjunto de elementos estructurales cuya función es transmitir las cargas provenientes de la estructura al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen la capacidad portante del suelo, ni produzcan asentamientos diferenciales excesivos y que las deformaciones producidas en éste sean tolerables para la estructura. (Blanco, 2011, p.2).

También Braja Das (1999) afirma de manera similar que: La cimentación es la parte de la estructura que permite transferir las cargas actuantes de la superestructura hacia el suelo. Cuando los suelos reciben las cargas de la estructura, estos se comprimen en mayor o menor grado, produciendo asentamientos en los diferentes elementos de cimentación.

Tenemos dos tipos de cimentación, dependiente de la profundidad de excavación: Cimentación superficial y cimentación profunda.

2.2.2.1. CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

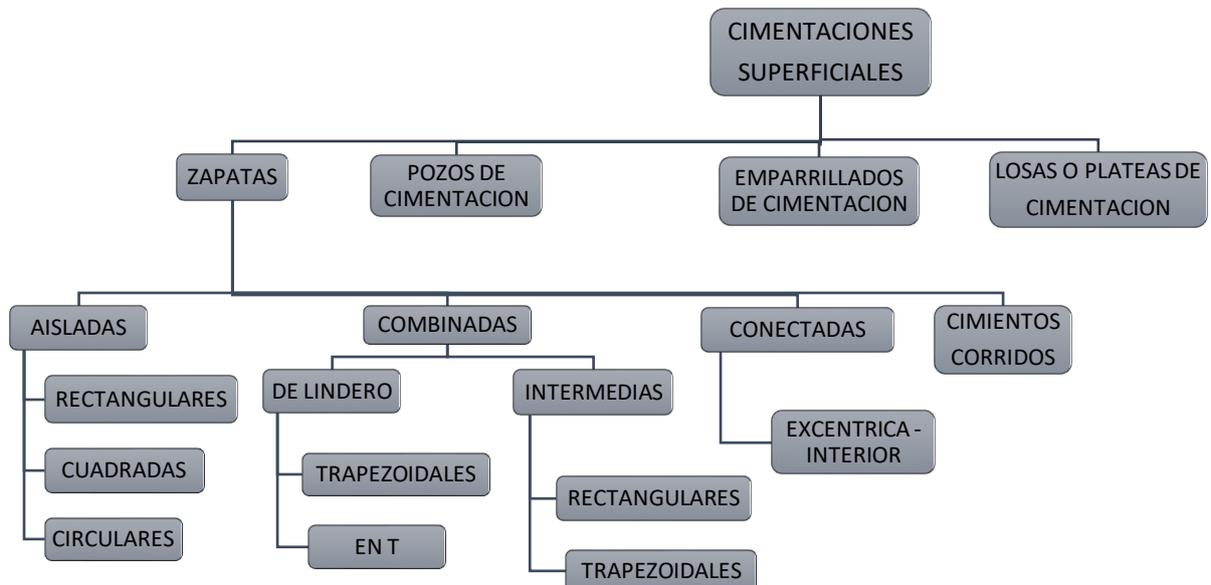
Se denominan cimentaciones superficiales a aquellas que tienen una razón de la profundidad de empotramiento con el ancho aproximadamente menor a cuatro, también las cimentaciones con D_f igual a 3 a 4 veces el ancho de la cimentación se pueden definir como cimentaciones superficiales; y deben tener suficiente capacidad para soportar el peso de las estructuras con un factor de seguridad y capacidad de carga admisible. (Braja Das, 1999).

De acuerdo con la norma E.050 Suelos y Cimentaciones del RNE - 2009: Las cimentaciones superficiales son aquellas en las cuales la relación Profundidad / ancho (D_f / B) es menor o igual a cinco (5), siendo D_f la profundidad de la cimentación y B el ancho o diámetro de la misma.

2.2.2.1.1. TIPOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

Podemos considerar como cimentaciones superficiales a: Las zapatas (aisladas, conectadas y combinadas); las cimentaciones continuas (cimientos corridos) y las losas o plateas de cimentación. (Norma E. 050 del RNE - 2009).

Figura 4: Tipos de cimentaciones superficiales.



Fuente: Elaboración propia.

A. PLATEA DE CIMENTACIÓN.

Se define como una losa de concreto armado apoyado directamente en la superficie del terreno, que se encarga principalmente de distribuir las cargas provenientes de la edificación al suelo. Esta losa de apoyo contiene vigas en todo el perímetro, y debajo de los muros que transmiten cargas. Debido a que la platea o losa de cimentación tiene una gran área de apoyo en el terreno, de manera que los esfuerzos de contacto sean relativamente bajos, es bastante recomendable su uso en suelos de baja capacidad portante, por eso es común observarlas en zonas con suelo tipo blando. (Valderrama y Meza, 2014, p.16).

También desarrollan un comportamiento bueno en suelos heterogéneos, ya que en éstos se podrían generar asentamientos diferenciales si es que se decide usar otro tipo de cimentación, o como recomendación general, cuando el área de contacto con cimentaciones diferentes a la platea de cimentación excede el 75% del área total del terreno, se debería analizar la posibilidad de usar la losa de cimentación. (Valderrama y Meza, 2014, p.16).

2.2.2.2. CIMENTACIONES PROFUNDAS.

Se denominan cimentaciones profundas a aquellas que tienen una razón de la profundidad de empotramiento con el ancho mayor a cuatro. Las cimentaciones con pilotes, micropilotes, pilas o pozos perforados se utilizan para las estructuras más pesadas cuando se requiere gran profundidad para soportar la carga. (Braja Das, 2013).

2.2.3. INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA.

Se conoce como Interacción suelo - estructura a los esfuerzos y deformaciones que se presentan tanto en el suelo como en la estructura debido a la interacción entre ambos, causada por la diferencia entre las rigideces de los materiales que los constituyen. (Arias, 2016, p.3). De manera general, este problema puede ser formulado como un contacto dinámico entre la cimentación y la estructura. (Villareal, 2006, p.9).

Miranda (2012) señala que dicha interacción suelo - estructura crece o decrece en función de algunos factores como (p.112):

- Peso de la estructura
- Rigidez lateral de la estructura
- Altura de la estructura
- Tipo de cimentación
- Relación de esbeltez de la estructura
- Geometría de la cimentación
- Rigidez de la cimentación
- Propiedades dinámicas del suelo
- Estratigrafía del suelo
- Profundidad de enterramiento de la cimentación
- Excitación sísmica

García (2006) sostiene que el efecto de interacción suelo - estructura flexibiliza la base de apoyo, provocando un aumento en el periodo fundamental y también un incremento en el amortiguamiento del sistema en comparación con el modelo de base fija, que no considera al suelo de cimentación.

Es por esta razón, que la ISE modifica las condiciones de diseño estructural, lo que a la vez genera un cambio en la respuesta sísmica estructural. Según estudios actuales y las observaciones postsísmicas plantean que no considerar su influencia de la ISE podría llevar a un diseño inseguro para la superestructura y la cimentación, especialmente para las estructuras fundadas sobre suelo blando. (Khalil et al., 2007).

Por los motivos antes mencionados lo que plantea la interacción suelo - estructura (ISE) es tomar en cuenta las propiedades elásticas del suelo, es decir, el suelo no es infinitamente rígido, como suele plantearse en la gran mayoría de los análisis, sino que tiene cierto grado de amortiguación y absorbe parte de la energía entregada por el sismo. Esto va a ocasionar que una menor cantidad de energía llegue a la superestructura, por ende, los elementos estructurales soportarán menores fuerzas internas que lo que se obtiene del cálculo común sin ISE. (Silva e Ipanaque, 2009).

Asimismo, la respuesta sísmica de las edificaciones está directamente enlazada a la forma como los movimientos sísmicos del terreno afectan la estructura a través de su cimentación. También las características dinámicas del suelo subyacente, la rigidez, la disposición de la cimentación y el tipo de sistema estructural adoptado en la edificación interactúan entre sí para caracterizar los efectos sísmicos sobre ella. Entonces podemos deducir que no tomar en cuenta la rigidez de la cimentación y las características dinámicas del suelo subyacente en el análisis sísmico de las edificaciones puede conducir a variaciones considerables entre la respuesta sísmica estimada y la respuesta real de la estructura. Por las razones anotadas es conveniente incluir los efectos de dicha interacción en el análisis sísmico de las edificaciones. (López, 2013, p.4).

2.2.4. EFECTOS ASOCIADOS CON LA INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA.

Según (NTC- NSR-10, 2010) señala que: Dependiendo de las características de la estructura, de su cimentación y del suelo subyacente, la respuesta de la estructura ante solicitaciones estáticas verticales y dinámicas (sismo) puede variar con respecto al estimativo que se realiza sin tener en cuenta la interacción suelo - estructura en los siguientes aspectos:

- La presencia de suelos blandos y compresibles en la distribución de esfuerzos y deformaciones bajo losas de fundación, tanto ante solicitaciones de cargas verticales como de fuerzas horizontales.
- Variaciones en los periodos de vibración de la estructura.
- Aumento del amortiguamiento viscoso equivalente del sistema estructura-cimentación-suelo.
- Aumento de los desplazamientos laterales de la estructura ante solicitaciones sísmicas.
- Variación en las fuerzas cortantes horizontales producidas por los movimientos sísmicos, entre los diferentes elementos del sistema de resistencia sísmica, especialmente cuando se combinan elementos con rigideces y sistemas de apoyo en la cimentación diferentes, como puede ser el caso de combinación de pórticos y muros estructurales.
- Entre otros.

2.2.5. TRABAJO ESPACIAL Y MÚLTIPLES COMPONENTES DE LA ACCIÓN SÍSMICA.

Actualmente las normas de estructuras aún siguen utilizando el modelo tradicional de cálculo de péndulo invertido empotrado en la base, el cual no refleja el real comportamiento de la estructura ante los sismos, salvo casos especiales donde la estructura es cimentada sobre suelos rígidos o rocosos donde es más acertado este tipo de enfoque. En cambio, el esquema de cálculo espacial si refleja el estado esfuerzo deformación de la edificación. (Villareal, 2006, p.10).

Además, debido a la dificultad que presenta la simulación de los efectos de interacción suelo- cimentación- estructura, se ha optado por ignorar completamente dichos efectos. Por ello el análisis sísmico de un edificio debe tomar en cuenta los efectos ISE puesto que las propiedades dinámicas del sistema real son diferentes a las del modelo empotrado idealizado que no refleja el trabajo verdadero de la estructura. (Zuñiga, 2017, p.31).

El esquema de cálculo del modelo espacial se representa mediante un cuerpo sólido con 6 grados de libertad (3 traslacionales y 3 rotacionales), permitiendo de este modo explicar las vibraciones de desplazamiento y giro, dicho modelo espacial toma en cuenta las propiedades del suelo en el cálculo de edificaciones incluyendo sus coeficientes de rigidez equivalentes, por tratarse de un modelo espacial es necesario incorporar estos coeficientes de rigidez en las direcciones horizontal, vertical y giros respecto a los mismos ejes, con el fin de tratar de determinar las perturbaciones sísmicas que surgen en dicha edificación producto de una acción sísmica. (Garay, 2017, p.22).

2.2.6. ANALISIS SÍSMICO CON ACELEROGRAMAS.

Para el análisis sismorresistente de edificaciones, el cálculo utilizando acelerogramas es de los más rigurosos, otorgándonos resultados muy precisos cuando se realizan con un análisis no lineal, con el propósito de determinar las reacciones sísmicas reales de la edificación. (Villareal, 2006, p.14).

En ese sentido el análisis Tiempo - Historia fue aplicado debido a que representa el verdadero historial del sismo en tiempo y en duración, con lo cual

permitió concluir que en dicho análisis se obtiene resultados más reales de la edificación (Galicia y León, 2007).

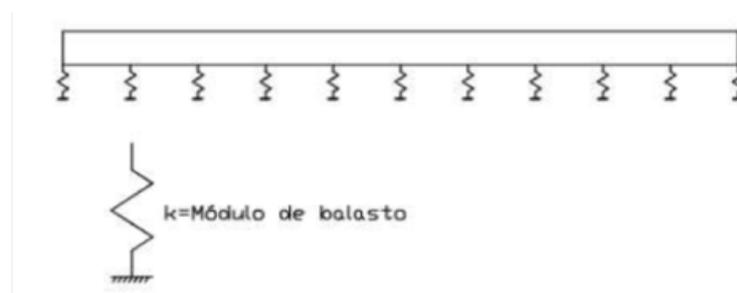
Así mismo, la veracidad de los resultados de cálculo de edificaciones ante las fuerzas sísmicas depende de la veracidad conjunta del modelo matemático de la fuerza sísmica y de la propia edificación. En general, el suelo de fundación viene a estar dado como un semiespacio elastoplástico heterogéneo. Sin embargo, en el cálculo usando acelerogramas se emplean modelos con un suelo de fundación absolutamente rígido, que viene a estar conformado por una plataforma sísmica de “concreto” donde se fija la cimentación de la edificación. Por ello, el acelerograma de vibración de la plataforma sísmica se considera igual para todas las edificaciones construidas ahí. (Villareal, 2006, p.14).

2.2.7. MODELO WINKLER – COEFICIENTE DE BALASTO.

Es uno de los métodos de cálculo más utilizado para modelizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos -muelles o bielas biarticuladas- cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de balasto (K_s), el coeficiente de balasto es la relación entre presión de contacto (q) y el asiento que se produce, es decir, y el desplazamiento (δ). (Freire, 2000, p.47).

$$K_s = \frac{q}{\delta} \quad (\text{Ec. 1})$$

Figura 5: Modelo idealizado del coeficiente de balasto.



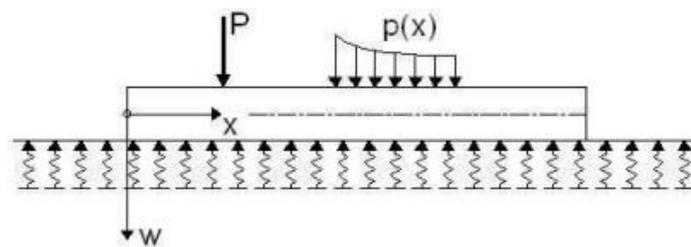
Fuente: Silva e Ipanaque, 2009, p.54

El balasto es la capa de grava que se tiende sobre la explanación de los ferrocarriles para asentar y sujetar las traviesas. A este modelo de interacción se le conoce generalmente como modelo de Winkler debido al nombre de su creador, y

tiene múltiples aplicaciones, no sólo en el campo de las cimentaciones, sino en cualquiera problema que pudiese adaptarse a este modelo. (Silva e Ipanaque, 2009, p.55)

La ecuación diferencial que gobierna el comportamiento de la solución del modelo de Winkler, que es el resultado de suponer a la cimentación como una viga discretizada en infinitas barras de longitud diferencial con nudos en sus extremos es la siguiente. (Silva e Ipanaque, 2009, p.55)

Figura 6: Viga discretizada (Modelo de Winkler).



Fuente: Silva e Ipanaque, 2009, p.55

$$p = k \cdot w(x) + \frac{(E \cdot I)d^4w}{dx^4} \quad (\text{Ec. 2})$$

Siendo:

$w(x)$: Asiento de la viga (m).

x : Coordenada (m).

k : Módulo de balasto (kN/m³)

p : Carga por unidad de longitud (kN/m)

E : Módulo de elasticidad de la losa (kN/m²)

I : Inercia de la viga respecto al eje que pasa por su centro de gravedad (m⁴).

En el caso de la losa la ecuación tiene una forma parecida:

$$\frac{d^4w}{dx^4} + \frac{2d^4}{dx^2 * dy^2} + \frac{(k * w - p)12(1 - \mu^2)}{E * t^3} = 0 \quad (\text{Ec. 3})$$

Siendo:

$W(x,y)$: Asiento de la losa (m)

x y y : Coordenadas (m)

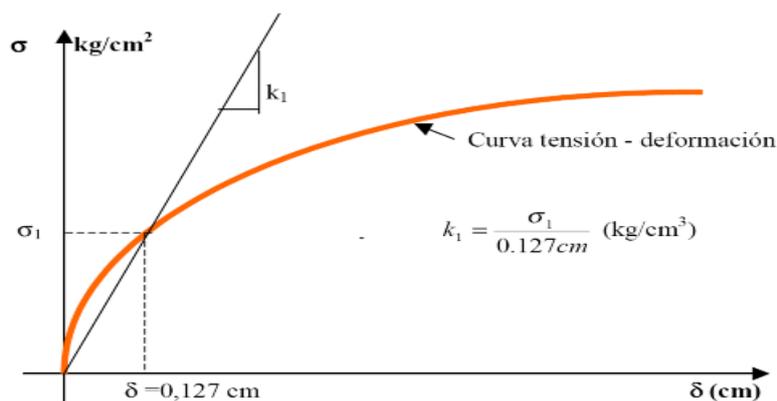
- k : Módulo de balasto (kN/m³)
- p : Carga por unidad de área (kN/m²)
- μ : Coeficiente de Poisson
- E : Módulo de elasticidad de la losa (kN/m²)
- t : Espesor de la losa (m).

2.2.8. OBTENCION DEL COEFICIENTE DE BALASTO.

El valor del módulo de balasto o módulo de Winkler no es función exclusiva del terreno, también depende de las características geométricas de la cimentación y de la estructura que ésta sostiene (interacción suelo – estructura). (Condori. G, 2014, p.46).

Este se define como la tensión necesaria “q” para generar una penetración de la placa en el terreno de 0,05 pulg. que equivale a una deformación o asentamiento de 0,127cm. Es decir, que este coeficiente es la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto de la curva “tensión – deformación” que genera un asentamiento de la placa de 0,127 cm. (Condori. G, 2014, p.46).

Figura 7: Curva esfuerzo - deformación, coeficiente de balasto.



Fuente: Gustavo Condori, 2014.

Este módulo, se obtiene mediante el ensayo de placa de carga sobre el terreno, que se realiza utilizando una placa metálica rígida de sección cuadrada de 30 cm de lado ó de sección circular con un diámetro de 30 cm. (Condori. G, 2014, p.47)

Para calcular el coeficiente de balasto se utilizó la tabla obtenida de la Tesis de maestría “Interacción Suelo - Estructuras: Semi-espacio de Winkler”, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona- España. 1993 (Nelson Morrison).

Tabla 1: Modulo de balasto UPC (Nelson Morrison).

Esf. Adm (kg/cm ²)	Winkler (kg/cm ³)	Esf. Adm (kg/cm ²)	Winkler (kg/cm ³)	Esf. Adm (kg/cm ²)	Winkler (kg/cm ³)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50		
1.50	3.10	2.80	5.60		

Fuente: Morrison, 1993.

Tabla 2: Coeficiente de poisson según diferentes tipos de suelo.

TIPO DE SUELO	μ (-)
ARCILLA: SATURADA	0.4 – 0.5
NO SATURADA	0.1 – 0.3
ARENOSA	0.2 – 0.3
LIMO	0.3 – 0.35
ARENA : DENSA	0.2 – 0.4
DE GRANO GRUESO	0.15
DE GRANO FINO	0.25
ROCA	0.1 – 0.4
LOESS	0.1 – 0.3
HIELO	0.36
CONCRETO	0.15

Fuente: Libro de Cimentaciones Superficiales Dr. Jorge E. Alva Hurtado.

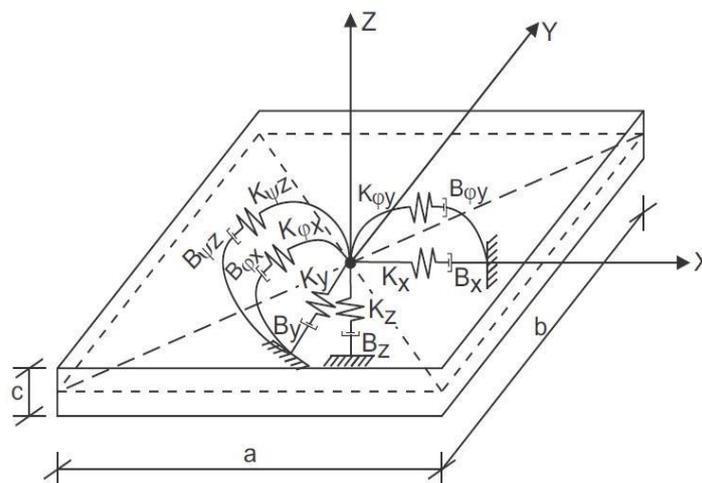
2.2.9. MODELOS DINAMICOS DE INTERACCION SUELO – PLATEA DE CIMENTACION – SUPERESTRUCTURA.

El análisis de interacción suelo – cimentación - superestructura se puede resumir como el contacto dinámico entre el suelo y la cimentación, transmitiendo este último el movimiento al edificio, siendo dicho tipo de análisis el real, que sucede frente a un movimiento telúrico. (Villareal. 2017).

La amplitud de las vibraciones, esfuerzos dinámicos que suceden en la base de la estructura se determinan como resultado de la solución de los problemas de interacción dinámica. Para ello, la cimentación debe ser analizada como un cuerpo sólido indeformable o infinitamente rígido. (Villareal. 2017, p.25).

Para realizar el cálculo de los parámetros de vibración de una estructura rígida con 6 grados de libertad, normalmente se usa el modelo dinámico de la base en forma de un semi espacio isotrópico homogéneo linealmente deformable. Para ello se cuenta con el modelo físico de la base con los 6 desplazamientos (3 lineales en las direcciones de los ejes coordenados y 3 rotacionales alrededor de los ejes coordenados), por lo tanto, se presenta en la forma de resortes y amortiguadores (ver figura 8). En este caso el resorte caracteriza la rigidez cuasi estática de la base y el amortiguador la rigidez acústica de la base y describe la emisión de ondas planas, lo cual surgen como resultado de la interacción del cuerpo rígido con el medio elástico. (Villareal. 2017, p.25).

Figura 8: Esquema de interacción suelo - platea de cimentación.



Fuente: Villareal, 2017, p. 26.

El principal problema de considerar la flexibilidad de la base de fundación consiste en la determinación de los coeficientes de rigidez del suelo (figura 8). (Villareal. 2017, p.26).

K_z : Coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme (KN/m) (Tn/m).

K_x, K_y : Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme (KN/m) (Tn/m).

$K\phi_x, K\phi_y$: Coeficiente de rigidez de compresión elástica no uniforme (KN.m) (Tn.m).

$K\psi_z$: Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme (KN.m) (Tn.m).

Así mismo en la figura 8 se puede considerar la posibilidad de analizar el amortiguamiento, dado por las características de amortiguamiento $B_x, B_y, B_z, B\phi_x, B\phi_y, B\psi_z$. (Villareal. 2017, p.26).

De esta forma, las vibraciones son descritas de la siguiente manera.

- Vibraciones verticales.
- Vibraciones horizontales.
- Vibraciones horizontales – rotacionales.
- Vibraciones rotacionales alrededor del eje vertical.

El modelo de cálculo de la figura 8 debe ser corregido, para el caso de la acción sísmica, bajo los siguientes principios:

A). La cimentación tiene que ser analizada como un cuerpo absolutamente rígido, para ello se debe de asignar las siguientes características.

- Módulo de elasticidad $E_{\text{cimentación}} = 9 \cdot 10^8 \text{ Tn/m}^2$
- Coeficiente de Poisson $\mu_{\text{cimentación}} = 0.05$
- Coeficiente de expansión térmica $\alpha_{\text{cimentación}} = 1.17 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

B). En el sistema dinámico suelo – estructura, la cimentación debe ser descrita como una masa puntual en el centro de gravedad de la platea.

Las masas traslacionales respecto a los ejes centroidales X, Y, Z y las masas rotacionales respecto a los ejes de contacto suelo-platea, indicados como X', Y', Z',

se calculan con las ecuaciones 4 a la 7 como una lámina rectangular delgada y tomando como referencia las dimensiones de la figura 8. (Villareal. 2017, p.27).

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \frac{P_{\text{Platea}}}{g} = \frac{\gamma * a * b * c}{g} \text{ (Tn.s}^2\text{/m)} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$M_{\varphi x'} = M_t * d^2 + I_{mx} = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t * b^2}{12} \text{ (Tn.s}^2\text{.m)} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$M_{\varphi y'} = M_t * d^2 + I_{my} = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t * a^2}{12} \text{ (Tn.s}^2\text{.m)} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$M_{\psi z'} = I_{mz} = \frac{M_t(a^2 + b^2)}{12} \text{ (Tn.s}^2\text{.m)} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

- P_{Platea} : Peso de la platea.
- γ : Peso específico del concreto, como material de la platea.
- a, b : Dimensiones de la cimentación en los ejes X e Y, respectivamente (m).
- c : Peralte de la platea (m)
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²)
- d : Distancia desde el centro de gravedad de la masa de la platea hasta la superficie de contacto con el suelo de fundación.
- I_{mx}, I_{my}, I_{mz} : Momentos de inercia de masa respecto a X, Y, Z.

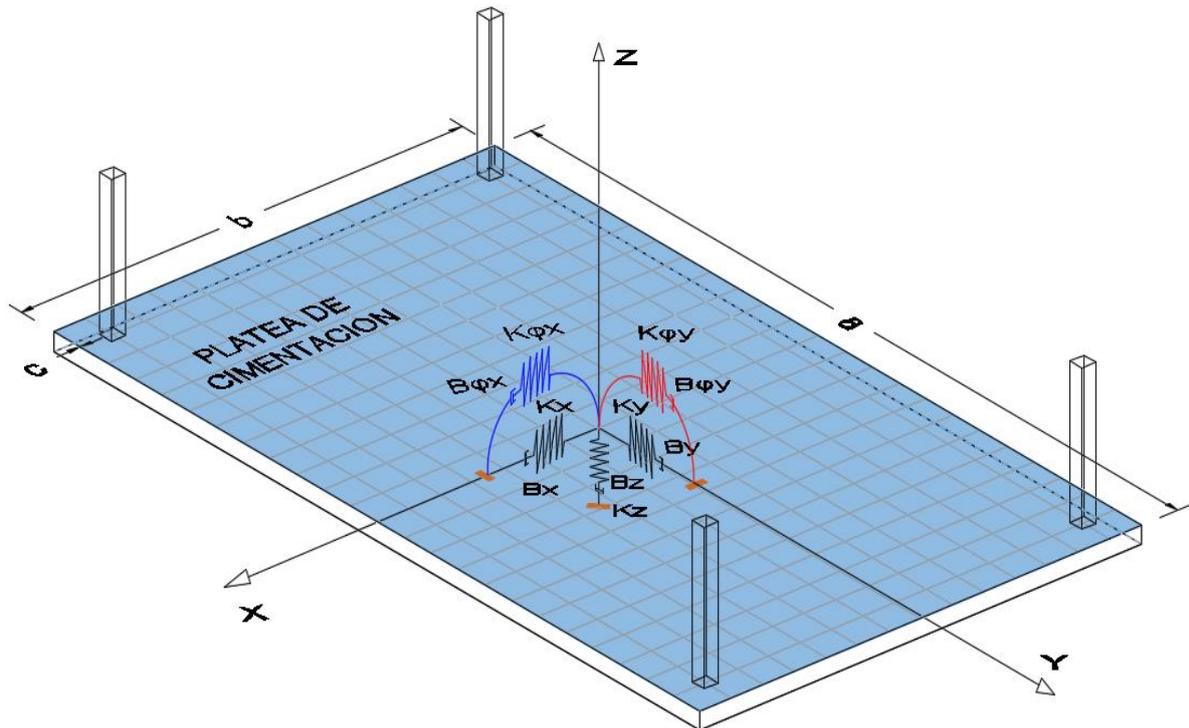
2.2.10. MODELOS DINAMICOS DE INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA.

Existen diversos modelos dinámicos aceptados que se han investigado a lo largo del tiempo en varias partes del mundo, a través de coeficientes de rigidez expresan cómo es que realmente interactúa el suelo con la estructura lo que permitirá tener una concepción más clara del estudio que estamos realizando.

A continuación, se describen algunos de los modelos ISE más conocidos de las investigaciones realizadas por Genner Villarreal y otros investigadores.

2.2.10.1. MODELO DINÁMICO D. D. BARKAN – O. A. SAVINOV.

Figura 9: Esquema de interacción suelo - platea de cimentación modelo Barkan.



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar los coeficientes de rigidez de las cimentaciones, el científico ruso D. D. Barkan, propuso las siguientes expresiones. (Villareal. 2017, p.27).

$$K_x = K_y = C_x * A \quad (\text{Ec.8})$$

$$K_z = C_z * A \quad (\text{Ec.9})$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} * I_x \quad (\text{Ec.10})$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} * I_y \quad (\text{Ec.11})$$

Donde:

- C_x : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme (Kg/cm^3) (Tn/m^3).
- $C_z, C_{\phi x}, C_{\phi y}$: Coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme (Kg/cm^3) (Tn/m^3).
- A : Área de la base de la platea de cimentación (m^2).
- I_x, I_y : Momento de inercia de la platea de cimentación respecto a los ejes principales X e Y, pero perpendicular al plano de vibración (m^4).

Los coeficientes de desplazamiento y compresión de la base en el modelo D. D. Barkan - O. A. Savinov se determinan por las expresiones 12 a la 15.

$$C_x = D_0 * \left[1 + \frac{2(a + b)}{\Delta * A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$C_z = C_0 * \left[1 + \frac{2(a + b)}{\Delta * A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$C_{\varphi x} = C_0 * \left[1 + \frac{2(a + 3b)}{\Delta * A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$C_{\varphi y} = C_0 * \left[1 + \frac{2(b + 3a)}{\Delta * A} \right] * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde:

- C_0 : Coeficiente determinado a través de ensayos experimentales para $\rho_0 = .2 \text{ kg/cm}^2$ o por la tabla 1.
- a,b : Dimensiones de la cimentación en los ejes X e Y, respectivamente (m).
- Δ : Coeficiente empírico, asumido para cálculos prácticos igual a $\Delta = 1\text{m}^{-1}$
- A : Área de la platea de cimentación (m^2).
- ρ : Presión estática, que se determina por la ecuación 16.

$$\rho = \frac{P_{\text{edificio}} + P_{\text{platea}}}{A_{\text{platea}}} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

- P_{edificio} : Peso del edificio (Kg).
- P_{platea} : Peso de la platea de cimentación (Kg).
- A_{platea} : Área de la platea de cimentación (cm^2).

Para el coeficiente D_0 , se puede utilizar la dependencia empírica 17.

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} * C_0 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \right) \quad (\text{Ec. 17})$$

Donde:

- μ : Coeficiente de Poisson del suelo.

El modelo dinámico D.D. Barkan - O.A. Savinov es teórico - experimental, basado en la interacción de la cimentación con la base de fundación en forma de proceso establecido de vibraciones forzadas, como un proceso ondulatorio no estacionario. (Villareal. 2017, p.28).

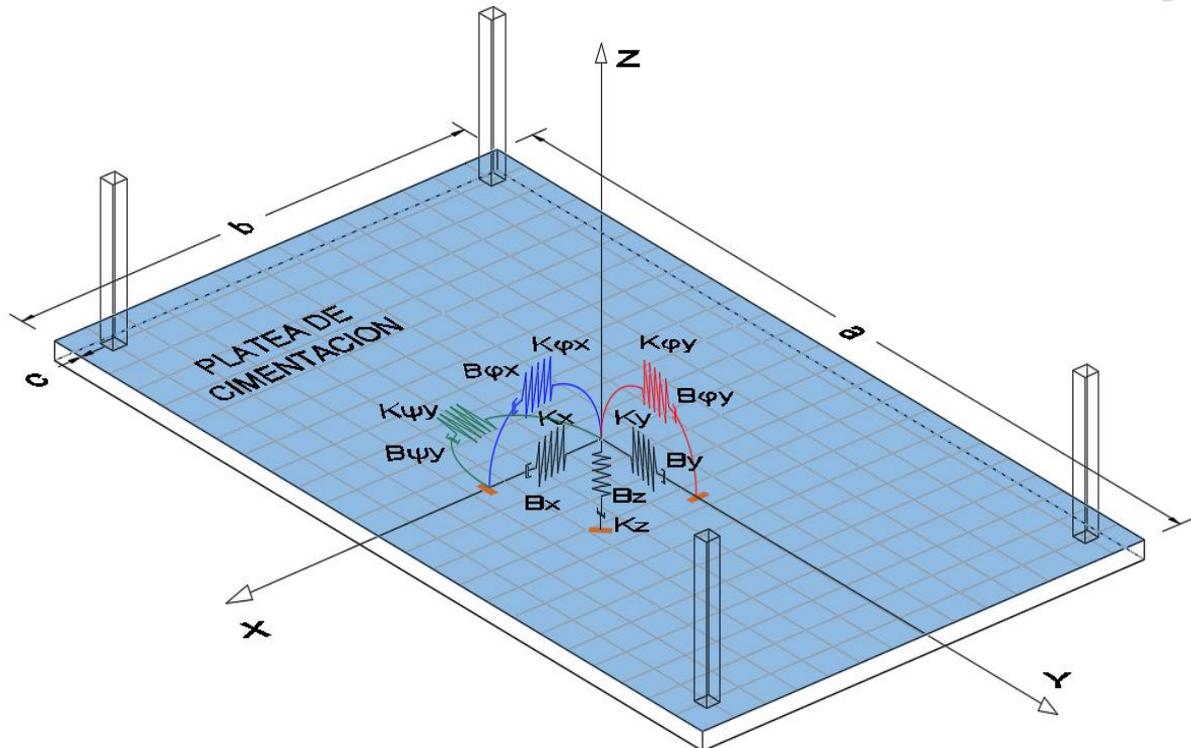
Tabla 3: Coeficiente “Co” según el tipo de suelo, determinado a través de ensayos experimentales.

Tipo de perfil	Característica de la base de fundación	Suelo	$C_0(\text{kg/cm}^3)$
S₀	Roca dura	Roca sana con velocidad de ondas de corte $\nabla_s > 1500\text{m/s}$	4,0
S₁	Roca o suelos muy rígidos	Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$)	3,0
		Arena compacta ($I_L < 0$)	2,2
		Cascajo, grava arenosa densa, canto rodado, arena muy densa	2,6
S₂	Suelos intermedios	Arcilla y arena arcillosa plástica ($0,25 < I_L \leq 0,5$)	2,0
		Arena plástica ($0 < I_L \leq 0,5$)	1,6
		Arena polvorosa medio densa y densa ($e \leq 0,80$)	1,4
		Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad	1,8
S₃	Suelos blandos	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0,5 < I_L \leq 0,75$)	0,8
		Arena plástica ($0,5 < I_L \leq 1$)	1,0
		Arenas polvorosa, saturada, porosa ($e > 0,80$)	1,2
S₄	Condiciones excepcionales	Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0,75$)	0,6
		Arena movediza ($I_L > 1$)	0,6

Fuente: Villareal, 2017, p. 29.

2.2.10.2. MODELO DINÁMICO NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87.

Figura 10: Esquema de interacción suelo - platea de cimentación modelo Norma Rusa.



Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes de rigidez de desplazamiento elástico uniforme K_x , K_y (Tn/m); compresión elástica uniforme K_z (Tn/m); compresión elástica no uniforme $K_{\phi x}$, $K_{\phi y}$ (Tn.m) y desplazamiento elástico no uniforme $K_{\psi z}$ (Tn.m); se calculan por las expresiones 18 a la 22. (Villareal. 2017, p.29).

$$K_x = K_y = C_x * A \quad (\text{Ec.18})$$

$$K_z = C_z * A \quad (\text{Ec.19})$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} * I_x \quad (\text{Ec.20})$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} * I_y \quad (\text{Ec.21})$$

$$K_{\psi z} = C_{\psi z} * I_z \quad (\text{Ec.22})$$

Donde:

- A : Área de la platea de cimentación (m^2).

- I_x, I_y : Momento de inercia de la platea de la cimentación respecto a los ejes principales X e Y (m^4).
- I_z : Momento de inercia de la platea de cimentación respecto al eje vertical Z (momento polar de inercia) (m^4).

La principal característica elástica de la cimentación, es decir, el coeficiente de compresión elástica uniforme C_z (KN/m^3) (Tn/m^3), se determina por medio de ensayos experimentales. En caso de que no exista dicha información se puede determinar por la fórmula 23. (Villareal. 2017, p.29).

$$C_z = b_0 E \left[1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right] \quad (Ec.23)$$

Donde:

- b_0 : Coeficiente de corrección de unidad de medida (m^{-1}), asumido para suelos arenosos igual a 1; para arenas arcillosas 1,2; para arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas y muy densas igual a 1,5.
- E : Módulo de elasticidad del suelo de fundación (KPa).
- A_{10} : $10m^2$
- A : Área de la platea de cimentación (m^2).

Los coeficientes de desplazamiento elástico uniforme C_x (KN/m^3) (Tn/m^3); compresión elástica no uniforme $C_{\phi x}, C_{\phi y}$ (KN/m^3) (Tn/m^3) y desplazamiento elástico no uniforme $C_{\psi z}$ (KN/m^3) (Tn/m^3); se determinan por las expresiones 24 a la 26. (Villareal. 2017, p.30).

$$C_x = 0.70 * C_z \quad (Ec.24)$$

$$C_{\phi x} = C_{\phi y} = 2 * C_z \quad (Ec.25)$$

$$C_{\psi z} = C_z \quad (Ec.26)$$

En las propiedades de amortiguación de la base de la cimentación, se tienen que incluir las amortiguaciones relativas β , determinadas por ensayos de laboratorio.

En el caso que no existan datos experimentales, la amortiguación relativa para las vibraciones verticales β_z se puede determinar por la expresión 27. (Villareal. 2017, p.30).

$$\beta_z = 2 * \sqrt{\frac{E}{C_z * \rho_m}} \quad (\text{Ec.27})$$

Donde:

- E : Módulo de elasticidad del suelo de fundación (KPa).
- C_z : Coeficiente de compresión elástica uniforme (KN/m^3) (Tn/m^3).
- ρ_m : Presión estática media en la base de la cimentación (Kg/cm^2), (Tn/m^2), se determina por la fórmula 28.

$$\rho_m \leq \gamma_{ts} * R \quad (\text{Ec.28})$$

Donde:

- γ_{ts} : Coeficiente de la condición de trabajo del suelo de fundación, asumido igual a 0,7 para arenas saturadas de grano fino o polvorosa y arcillas de consistencia movediza; y para el resto de los suelos es igual a 1.
- R : Resistencia o capacidad portante del suelo de fundación (Kg/cm^2) (Tn/m^2).

Las amortiguaciones relativas para las vibraciones horizontales y rotacionales respecto a sus ejes horizontal y vertical se pueden determinar por las expresiones 29 a la 31. (Villareal. 2017, p.31).

$$\beta_x = 0.6 * \beta_z \quad (\text{Ec.29})$$

$$\beta_{\varphi x} = \beta_{\varphi y} = 0.5 * \beta_z \quad (\text{Ec.30})$$

$$\beta_{\psi z} = 0.3 * \beta_z \quad (\text{Ec.31})$$

Las características de amortiguamiento del suelo de fundación se determinan por las expresiones 32 al 36.

$$B_x = B_y = 2\beta_x * \sqrt{K_x * M_x} \quad (\text{Tn. s/m}) \quad (\text{Ec.32})$$

$$B_z = 2\beta_x * \sqrt{K_z * M_z} \quad (\text{Tn. s/m}) \quad (\text{Ec.33})$$

$$B_{\varphi x} = 2\beta_{\varphi x} * \sqrt{K_{\varphi x} * M_{\varphi x'}} \quad (\text{Tn.s.m}) \quad (\text{Ec.34})$$

$$B_{\varphi y} = 2\beta_{\varphi y} * \sqrt{K_{\varphi y} * M_{\varphi y'}} \quad (\text{Tn.s.m}) \quad (\text{Ec.35})$$

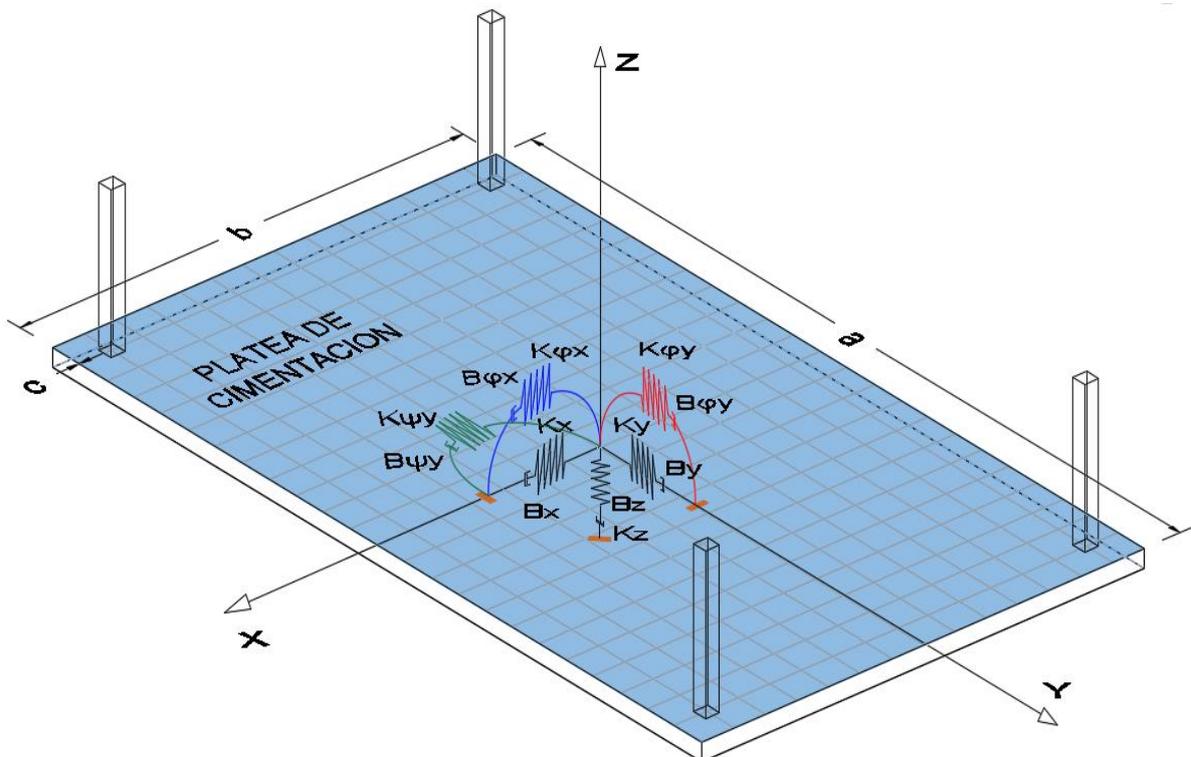
$$B_{\psi z} = 2\beta_{\psi z} * \sqrt{K_{\psi z} * M_{\psi z'}} \quad (\text{Tn.s.m}) \quad (\text{Ec.36})$$

Siendo:

- β : Amortiguación relativa.
- K : Coeficientes de rigidez.
- M : Masa de la patea de cimentación.

2.2.10.3. MODELO DINÁMICO A.E. SARGSIAN.

Figura 11: Esquema de interacción suelo - patea de cimentación modelo Sargsian.



Fuente: Elaboración propia.

Consideró al medio como inercial elástico homogéneo isotrópico, obteniendo los coeficientes de rigidez, con las fórmulas 37 a la 41. (Villareal. 2017, p.31).

$$K_x = K_y = \frac{28.8 * \rho * C_2^2}{\sqrt{\pi} * (7 - 8\mu)} * \sqrt{A} \quad (\text{Ec. 37})$$

$$K_z = \frac{4 * \rho * C_2^2}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu)} * \sqrt{A} \quad (\text{Ec. 38})$$

$$K_{\varphi x} = \frac{8.52 * \rho * C_2^2}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu)} * \frac{I_x}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 39})$$

$$K_{\varphi y} = \frac{8.52 * \rho * C_2^2}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu)} * \frac{I_y}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 40})$$

$$K_{\psi z} = \frac{4 * \rho * C_2^2}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu)} * \frac{I_z}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 41})$$

Las características de amortiguamiento del suelo de fundación se determinan por las expresiones 42 a la 46.

$$B_x = B_y = \frac{14.24 * (1 - \mu) * \rho * C_2}{\pi * (7 - 8\mu)} * A \quad (\text{Ec. 42})$$

$$B_z = \frac{3.4 * \sqrt{1 - 2\mu} * \rho * C_1}{\pi * (1 - \mu) * \sqrt{2(1 - \mu)}} * A \quad (\text{Ec. 43})$$

$$B_{\varphi x} = \frac{1.6 * \sqrt{1 - 2\mu} * \rho * C_1}{\pi * (1 - \mu) * \sqrt{2(1 - \mu)}} * I_x \quad (\text{Ec. 44})$$

$$B_{\varphi y} = \frac{1.6 * \sqrt{1 - 2\mu} * \rho * C_1}{\pi * (1 - \mu) * \sqrt{2(1 - \mu)}} * I_y \quad (\text{Ec. 45})$$

$$B_{\psi z} = \frac{3.4 * \sqrt{1 - 2\mu} * \rho * C_1}{\pi * (1 - \mu) * \sqrt{2(1 - \mu)}} * I_z \quad (\text{Ec. 46})$$

Donde:

- ρ : Densidad del suelo de fundación (Tn. s²/m⁴), (KN.s²/m⁴).
- μ : Coeficiente de Poisson del suelo de fundación.
- C_1 : Velocidad de propagación de las ondas longitudinales en el suelo de fundación (m/s).
- C_2 : Velocidad de propagación de las ondas transversales en el suelo de fundación (m/s).
- A : Área de la platea de cimentación (m²).

- I_x, I_y : Momentos de inercia de la platea de cimentación respecto a los ejes X e Y (m^4).
- I_z : Momento de inercia de la platea de cimentación respecto al eje vertical Z (momento polar de inercia) (m^4).

De acuerdo con la concepción de semi espacio elástico, las velocidades de propagación de las ondas longitudinal y transversal se pueden calcular por las fórmulas 47 y 48. (Villareal. 2017, p.32).

$$C_1 = \sqrt{\frac{(1 - \mu) * E}{(1 + \mu)(1 - 2\mu) * \rho}} \quad (\text{Ec. 47})$$

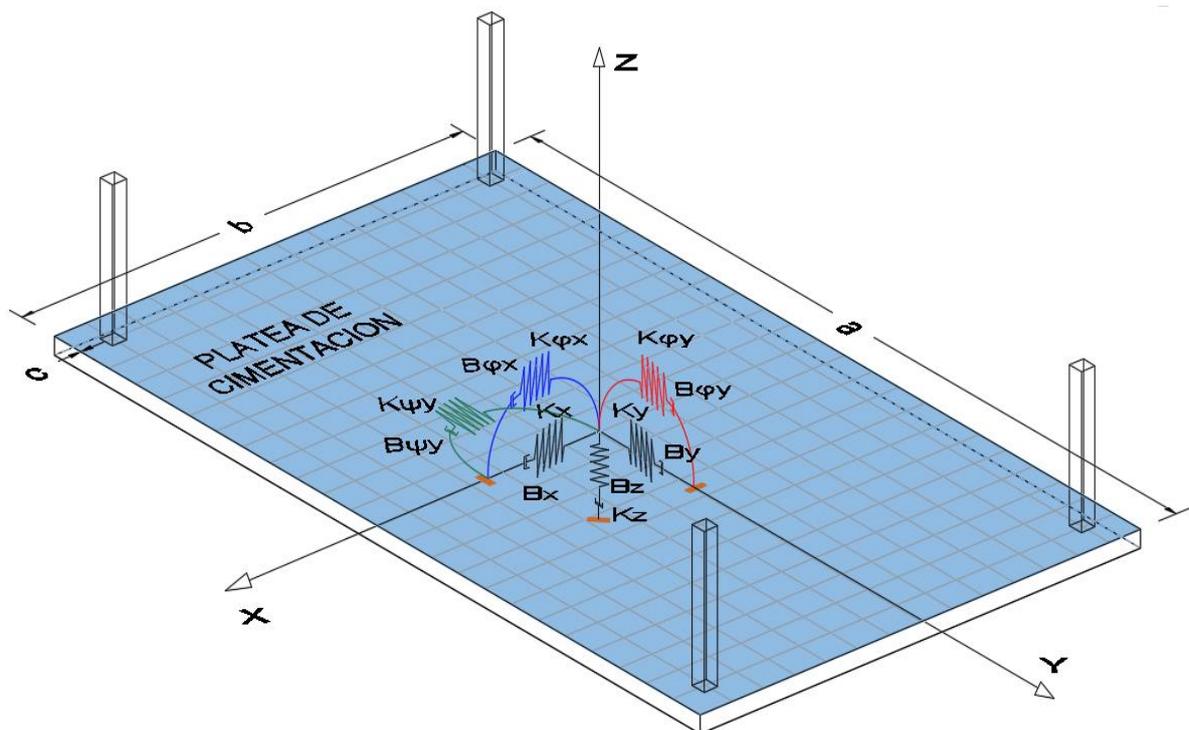
$$C_2 = \sqrt{\frac{E}{2(1 + \mu) * \rho}} \quad (\text{Ec. 48})$$

Siendo:

- E : Módulo de elasticidad del suelo de fundación (KPa).

2.2.10.4. MODELO DINÁMICO N.G. SHARIYA.

Figura 12: Esquema de interacción suelo - platea de cimentación modelo Shariya.



Fuente: Elaboración propia.

Basado en el contacto dinámico de modelos inerciales de interacción suelo - platea de cimentación, y en la determinación de expresiones aproximadas, obtuvo los coeficientes de rigidez, expresados en las fórmulas 49 a la 53. (Villareal. 2017, p.33).

$$K_x = K_y = \frac{\rho * C_2^2}{\lambda * (1 - \mu^2)} * \sqrt{A} \quad (\text{Ec. 49})$$

$$K_z = \frac{(1 - 2\mu) * \rho * C_1^2}{\lambda * (1 - \mu)^2} * \sqrt{A} \quad (\text{Ec. 50})$$

$$K_{\varphi x} = \frac{(1 - 2\mu) * \rho * C_1^2}{\chi * (1 - \mu)^2} * \frac{I_x}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 51})$$

$$K_{\varphi y} = \frac{(1 - 2\mu) * \rho * C_1^2}{\chi * (1 - \mu)^2} * \frac{I_y}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 52})$$

$$K_{\psi y} = \frac{(1 - 2\mu) * \rho * C_1^2}{\chi * (1 - \mu)^2} * \frac{I_z}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 53})$$

Las características de amortiguamiento del suelo de fundación se determinan por las expresiones 54 a la 58.

$$B_x = B_y = \rho * C_2 * A \quad (\text{Ec.54})$$

$$B_z = \rho * C_1 * A \quad (\text{Ec.55})$$

$$B_{\varphi x} = \rho * C_1 * I_x \quad (\text{Ec.56})$$

$$B_{\varphi y} = \rho * C_1 * I_y \quad (\text{Ec.57})$$

$$B_{\psi y} = \rho * C_1 * I_z \quad (\text{Ec.58})$$

Donde:

- λ, χ : Coeficientes determinados por la tabla 3 y dependientes de los lados de la platea.
- ρ : Densidad del suelo de fundación ($\text{Tn.s}^2/\text{m}^4$), ($\text{KN.s}^2/\text{m}^4$).
- μ : Coeficiente de Poisson del suelo de fundación.
- C_1 : Velocidad de propagación de las ondas longitudinales en el suelo de fundación (m/s).

- C_2 : Velocidad de propagación de las ondas transversales en el suelo de fundación (m/s).
- A : Área de la platea de cimentación (m^2).
- I_x, I_y : Momentos de inercia de la platea de cimentación respecto a los ejes X e Y (m^4).
- I_z : Momento de inercia de la platea de cimentación respecto al eje vertical Z (momento polar de inercia) (m^4).

Tabla 4: Coeficientes dependientes de los lados de la platea.

Relación lado mayor / lado menor	λ	χ
1	0.88	0.35
3	0.84	0.24
5	0.77	0.18
10	0.67	0.13

Fuente: Villareal, 2017, p. 34.

2.2.11. DEFINICION DE CONCEPTOS BASICOS.

Sismo: Liberación súbita de energía liberado por el movimiento de grandes volúmenes de roca en el interior de la tierra. (INDECI, 2009).

Acelerograma: Registro de la aceleración del suelo en función del tiempo. (López. E, 2013).

Aceleración: Aumento de la velocidad del movimiento del suelo en función del tiempo. (López. E, 2013).

Intensidad sísmica: En una medida cualitativa de la fuerza de un sismo. Esta fuerza se mide por los efectos del sismo sobre los objetos, la estructura de las construcciones, la sensibilidad de las personas, etc. (INDECI, 2009).

Magnitud sísmica: Es la medida cuantitativa de la fuerza de un sismo expresado en términos de la cantidad de energía liberada en el foco sísmico o hipocentro. ((INDECI, 2009).

Cinturón de fuego del pacífico: Es un conjunto de fronteras de placas tectónicas ubicado en el pacífico, las cuales están en permanente fricción por ende acumulando

tensión, la zona concentra actividad volcánica constante. En esta zona las placas de la corteza terrestre se hunden a gran velocidad y a la vez acumulan enormes tensiones que deben liberarse en forma de sismos. (Martínez, R. 2015).

Cimentación: Elemento estructural que tiene como función transmitir las acciones de carga de la estructura al suelo de fundación. (RNE E. 060- 2009).

Suelo de fundación: Capa de suelo bajo la estructura. (Braja, M. 1999).

Centro de masas: Es la posición geométrica de un cuerpo rígido en la cual se puede considerar concentrada toda su masa, es el punto geométrico en el cual se concentra la fuerza sísmica. (Sucasaca, H. y Mamani, J. 2017).

Diafragma rígido: Losa rígida en su plano, que permite la idealización de la estructura como una unidad, donde las fuerzas horizontales aplicadas pueden distribuirse en las columnas y muros (placas) de acuerdo a su rigidez lateral, manteniendo todas una misma deformación lateral para un determinado nivel. (Blanco. A, 2007).

Elementos estructurales: Elementos que soportan las fuerzas de gravedad, viento, sismo y otros tipos de carga. Pueden ser columnas, vigas, losas, placas, muros, escaleras y cimentaciones. (Blanco. A, 2007).

Análisis sísmico estático: Análisis mediante un conjunto de fuerzas horizontales actuando en cada nivel de la edificación. (RNE E. 030- 2018).

Análisis sísmico dinámico: Análisis realizado mediante procedimientos de combinación espectral o por medio de análisis tiempo – historia. (RNE E. 030- 2018).

Estructura regular: Son las que no tienen discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración resistente a cargas laterales. (RNE E. 030- 2018).

Estructura irregular: Son aquellas que presentan discontinuidades tanto horizontales como verticales en su configuración resistente a cargas laterales. (RNE E. 030- 2018).

Periodo de vibración: Se define como el intervalo de tiempo necesario para que el sistema efectúe un ciclo completo de movimiento. (Garay. R, 2017).

Modos de vibración: Es la determinación de las formas en la cual vibrará la estructura, según sea la participación de las masas de entrepiso, independiente de la fuerza que se aplique, es decir, son las distintas formas de vibrar de una estructura ante cargas dinámicas de sismo. (Garay. R, 2017).

Rigidez: Capacidad del elemento estructural para poder soportar esfuerzos sin llegar a adquirir deformaciones cuantiosas y/o desplazamientos. (Garcés. L, 2019).

Coefficientes de rigidez: Son magnitudes físicas que cuantifican la rigidez de un elemento resistente bajo diversas configuraciones de carga. (Garay. R, 2017).

Coefficiente de Poisson: Es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de un prisma de material elástico lineal e isótropo. Relación entre la deformación lateral y la correspondiente deformación longitudinal, en un cuerpo elástico sometido a un esfuerzo longitudinal. (Garay. R, 2017).

Escala sismológica de Mercalli: La Escala de Mercalli es una escala de 12 grados desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras. Debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli. (Lopez. E, 2013).

Escala sismológica de Richter: La escala sismológica de Richter, también conocida como escala de magnitud local (ML), es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar la energía liberada en un terremoto, denominada así en honor del sismólogo estadounidense Charles Richter (1900-1985). (Lopez. E, 2013).

Peligro sísmico: Son procesos, eventos físicos o fenómenos naturales potencialmente dañinos que pueden causar pérdidas de vida o heridos, daño a la propiedad, alteración social y económica y/o degradación del ambiente en un área determinada y en un período de tiempo dado. (Ocola, L. 2019).

Riesgo sísmico: Es la probabilidad de las consecuencias futuras perjudiciales-dañinas o pérdidas esperadas o anticipadas (muertes, heridos, propiedades, subsistencias, actividad económica alterada o ambiente natural dañado). (Ocola, L. 2019).

Vulnerabilidad sísmica: Se define como el grado al cual un sistema social o natural es susceptible a sufrir daños por sismos y/o fenómenos asociados. (Ocola, L. 2019).

Suelos blandos: Por lo general son suelos arcillosos muy suaves (suelos cohesivos) con una baja capacidad portante, es decir, una resistencia de 2 a 4 golpes en la prueba de penetración estándar (resistencia a la compresión simple 0.25 a 0.50 kg/cm²). (Garay. R, 2017).

Capacidad portante: Llamada también capacidad máxima admisible de carga se refiere a la máxima carga o presión que soporta el suelo que asegura que no habrá falla al corte y los asentamientos serán tolerables. (Braja, M. 2013).

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. UBICACION DE LA INVESTIGACIÓN.

El edificio planteado en la investigación se proyecta en la Av. Tacabamba y el Jr. Camino Real S/N, manzana 4, lote 17b centro poblado Chota - sector 1 en la Provincia y Distrito de Chota, Departamento de Cajamarca. El presente trabajo de investigación está enmarcado en el año 2021.

3.2. MATERIALES.

3.2.1. POBLACIÓN.

La población de estudio de la investigación está conformada por todas las edificaciones mayores de 6 pisos que están en el área de influencia del Centro Poblado Chota - sector 1, en la Provincia y Distrito de Chota, Departamento de Cajamarca.

3.2.2. MUESTRA.

Como muestra para la investigación se consideró un edificio de concreto armado de 13 pisos con muros estructurales y platea de cimentación destinado para comercio-hospedaje, ubicado en la Av. Tacabamba y el Jr. Camino Real S/N, en la Provincia de Chota. La técnica de muestreo utilizada en esta investigación es de tipo intencional, no probabilística, es decir, por conveniencia.

3.2.3. UNIDAD DE ANÁLISIS.

Como unidad de análisis se consideró el lote 17b que corresponde al edificio de 13 pisos (12 niveles superiores y un sótano) con muros estructurales y platea de cimentación, ubicado en la Av. Tacabamba y el Jr. Camino Real S/N, en la ciudad de Chota.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

A. MÉTODO DE ESTUDIO.

La presente investigación empleará el **método descriptivo**; es decir, describir y analizar de forma organizada y sistemática la variación del comportamiento sísmico de un edificio con sistema de muros estructurales de concreto armado y platea de cimentación, teniendo en cuenta los modelos dinámicos que consideran la interacción suelo - estructura (Barkan, Norma Rusa, Sargsian y Shariya) y el modelo sísmico con base empotrada.

El **enfoque** de la investigación es **cuantitativo**, ya que con la ayuda de la recolección de datos la investigación busca probar la hipótesis con base en los parámetros numéricos que puedan ser medibles y comparables con ayuda del análisis estadístico.

B. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es de tipo **aplicada** ya que se busca cuantificar la respuesta sísmica del edificio considerando el modelo de base empotrada y considerando la flexibilidad de la base de fundación con los modelos dinámicos Barkan, Norma Rusa, Sargsian y Shariya.

C. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

La investigación es de nivel **descriptivo** porque se describe la variación del comportamiento entre las variables en estudio (comportamiento sísmico del edificio con muros estructurales y platea de cimentación versus la interacción sísmica suelo – estructura) y así llegar a conclusiones para mejorar el diseño sísmico.

D. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de la investigación es **no experimental – transversal**. Porque los cálculos obtenidos en el análisis estructural son verificados por fórmulas matemáticas que se estipulan en algunas normas e investigaciones establecidas para el análisis sísmico y diseño de edificaciones, teniendo como soporte el software ETABS. Es **transversal** porque la medición de variables se da en un momento dado.

3.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACION.

- La incorporación de la interacción suelo - estructura, influirá variando en más del 10% el comportamiento sísmico de un edificio con muros estructurales y platea de cimentación en la Av. Tacabamba. Chota, al incrementar los periodos de vibración, derivas de entrepiso y desplazamientos laterales y reduciendo los esfuerzos internos.

3.5. DEFINICION DE VARIABLES.

3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

- Interacción sísmica suelo - estructura.

3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

- Comportamiento sísmico del edificio con muros estructurales y platea de cimentación.

3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Tabla 5: Variable independiente.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Interacción sísmica suelo – estructura.	Se conoce como Interacción suelo-estructura a los esfuerzos y deformaciones que se presentan tanto en el suelo como en la estructura debido a la interacción entre ambos, causada por la diferencia entre las rigideces de los materiales que los constituyen.	Coeficiente de rigidez del suelo de fundación.	K_x, K_y : coeficientes de rigidez de desplazamiento elástico uniforme (tn/m). K_z : coeficientes de rigidez de compresión elástica uniforme (tn/m). $K_{\phi x}, K_{\phi y}$: coeficientes de rigidez de compresión elástica no uniforme (tn.m). $K_{\psi z}$: coeficientes de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme (tn.m).
	La interacción suelo - estructura (ISE) toma en cuenta las propiedades elásticas del suelo, es decir, el suelo no es infinitamente rígido, como suele plantearse en la mayoría de los análisis, sino que tiene cierto grado de amortiguación y absorbe parte de la energía entregada por el sismo. Esto va a ocasionar que una menor cantidad de energía llegue a la superestructura, por ende, los elementos estructurales soportarán menores fuerzas internas que lo que se obtiene del cálculo común (empotrado en la base) sin ISE.	Coeficiente de amortiguamiento del suelo de fundación.	B_x, B_y, B_z (tn.s/m) $B_{\phi x}, B_{\phi y}, B_{\psi z}$ (tn.s.m)
		Masas de la platea de cimentación.	M_t (Masas traslacionales respecto a los ejes x, y, z): M_x, M_y, M_z (tn.s ² /m). M_r (Masas rotacionales respecto a los ejes X', Y', Z'): $M_{\phi x'}, M_{\phi y'}, M_{\psi z'}$ (tn.s ² .m).
		Estudios de mecánica de suelos	q_a : Capacidad portante (kg/cm ²), (Tn/m ²). K_z : Coeficiente de balasto (tn/m ³) Tipo de suelo de fundación: Flexible (s3).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Variable Dependiente.

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Comportamiento sísmico del edificio con muros estructurales y platea de cimentación.	Reacción de la estructura al ser sometido a fuerzas externas generadas por un sismo, es decir, consiste en el estudio de los parámetros generados durante un movimiento sísmico, como lo son las fuerzas y los desplazamientos.	Análisis sísmico estático considerando empotramiento en la base y la interacción suelo – estructura.	Desplazamientos (m). Periodos de vibración (seg). Derivas de entrepiso (Δ/h). El límite de la distorsión máxima según la Norma E.030 para edificaciones de concreto armado, es de 0.007 Fuerzas internas máximas. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fuerzas axiales (Tn). ✓ Fuerzas cortantes (Tn). ✓ Momentos flectores (Tn x m).
		Análisis sísmico dinámico modal espectral considerando empotramiento en la base y la interacción suelo – estructura.	Desplazamientos (m). Periodos de vibración (seg). Derivas de entrepiso (Δ/h). El límite de la distorsión máxima según la Norma E.030 para edificaciones de concreto armado, es de 0.007 Fuerzas internas máximas. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fuerzas axiales (Tn). ✓ Fuerzas cortantes (Tn). ✓ Momentos flectores (Tn x m).
		Análisis sísmico dinámico Tiempo – Historia considerando empotramiento en la base y la interacción suelo – estructura.	Desplazamientos (m). Periodos de vibración (seg). Derivas de entrepiso (Δ/h). El límite de la distorsión máxima según la Norma E.030 para edificaciones de concreto armado, es de 0.007 Fuerzas internas máximas. <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fuerzas axiales (Tn). ✓ Fuerzas cortantes (Tn). ✓ Momentos flectores (Tn x m).

Fuente: Elaboración propia.

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la recopilación de datos de la presente investigación generados por el análisis sísmico estático, sísmico dinámico modal espectral y el sísmico tiempo – historia para las direcciones X, Y, con y sin interacción suelo – estructura se realizó en tres fases de acuerdo a la Norma E.030 - 2018 diseño sismorresistente, incorporando los modelos dinámicos de ISE dados por D.D. Barkan - O. A. Savinov, Norma Rusa SNIP 2.02.05.87, A.E. Sargsian y N.G. Shariya. Para esto se utilizó el software de cálculo estructural ETABS 2018, tal como se muestra a continuación.

PRIMERA FASE.

Se recopilará los datos tras introducir los parámetros necesarios del análisis estructural generado por el análisis sísmico estático, para modelarlo considerando empotrada la base de la estructura y considerando la interacción suelo - estructura, para una edificación de 13 pisos con sistema de muros estructurales y platea de cimentación para un suelo flexible (S_3).

SEGUNDA FASE.

Se recopilará los datos tras introducir los parámetros necesarios del análisis estructural generado por el análisis sísmico dinámico modal espectral, para modelarlo considerando empotrada la base de la estructura y considerando la interacción suelo - estructura, para una edificación de 13 pisos con sistema de muros estructurales y platea de cimentación para un suelo flexible (S_3).

TERCERA FASE.

Se recopilará los datos tras introducir los parámetros necesarios del análisis estructural generado por el análisis sísmico dinámico Tiempo – Historia, para modelarlo considerando empotrada la base de la estructura y considerando la interacción suelo-estructura, para una edificación de 13 pisos con sistema de muros estructurales y platea de cimentación para un suelo flexible (S_3).

3.8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.

Los datos serán recolectados directamente del software ETABS 2018 y luego fueron procesados en tres fases, en cada fase se hará el control de derivas y desplazamientos permisibles según la Norma E.030 - 2018.

PRIMERA FASE.

Procesamiento de datos generado por el análisis sísmico estático para modelarlo considerando empotrada la base y la interacción suelo - estructura, para una edificación de 13 pisos con sistema de muros estructurales y platea de cimentación en un suelo flexible (S_3).

SEGUNDA FASE.

Procesamiento de datos generado por el análisis sísmico dinámico modal espectral para modelarlo considerando empotrada en base y la interacción suelo - estructura, para una edificación de 13 pisos con sistema de muros estructurales y platea de cimentación en un suelo flexible (S_3).

TERCERA FASE.

Procesamiento de datos generado por el análisis sísmico dinámico Tiempo - Historia para modelarlo considerando empotrada la base y la interacción suelo-estructura, para una edificación de 13 pisos con sistema de muros estructurales y platea de cimentación en un suelo flexible (S_3).

3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

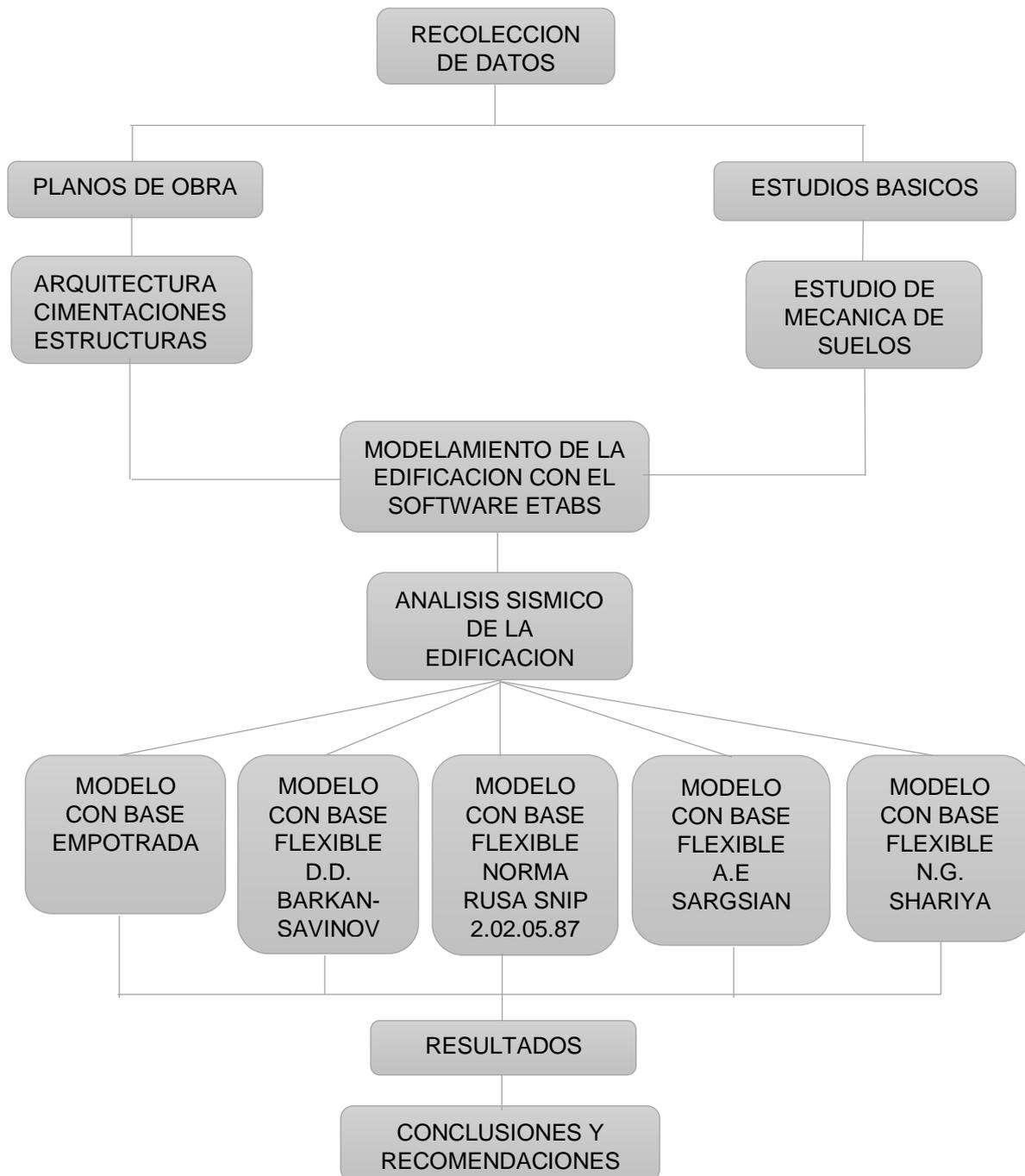
Luego de la recolección de datos en este proyecto de investigación, se procedió al procesamiento de la información, con la elaboración de cuadros y gráficos estadísticos, empleándose para ello el Excel.

Además, se utilizaron esos cuadros y gráficos para el análisis y comparación de los resultados (desplazamientos, derivas de entrepiso, fuerzas internas y periodos de vibración) obtenidos según los modelos a analizar.

3.10. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

Los datos obtenidos servirán para realizar el modelamiento en el software ETABS 2018 y realizar el análisis sísmico con base empotrada y considerando la interacción suelo - estructura, asimismo haremos un análisis comparativo de resultados obtenidos en los diferentes análisis y modelamientos.

Figura 13: Procedimiento para el desarrollo de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

3.11. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO.

El proyecto de investigación de la presente tesis corresponde a un edificio de 13 pisos (12 niveles superiores y un sótano) con sistema de muros estructurales y cimentado sobre una platea de cimentación destinado para comercio - hospedaje (Categoría B). Las dimensiones en planta son de 13m x 7.8m (Ver anexo 03), está ubicado en la Av. Tacabamba y el Jr. Camino Real S/N, en la Provincia de Chota.

3.12. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO.

A. ARQUITECTURA. El edificio cuenta con un área total de 101.40 m², el área techada por piso es el siguiente: Del primer al tercer piso 101.40m² por nivel, del cuarto al treceavo piso 97.46 m² por nivel.

- Sótano, consta de un nivel subterráneo para almacenamiento de mercadería.
- Primer Nivel, cuenta con 01 local comercial, 01 servicio higiénico completo y una altura de entrepiso de 5m respecto al segundo piso y 2.40m respecto al mezanine 1.
- Nivel mezanine 1, cuenta con 01 mezanine y una altura de entrepiso de 2.40m.
- Segundo Nivel, cuenta con 03 dormitorios, 02 servicios higiénicos completos, 01 cocina, 01 sala – comedor y una altura de entrepiso de 3m.
- Tercer Nivel, cuenta con 01 local comercial, 02 servicios higiénicos completos y una altura de entrepiso de 5m respecto al cuarto piso y de 2.40m respecto al mezanine 2.
- Nivel mezanine 2, cuenta con 01 mezanine y una altura de entrepiso de 2.40m.
- Cuarto al Séptimo Nivel, cuenta con 04 habitaciones, 01 recepción, 04 servicios higiénicos completos, 01 servicio higiénico para recepción y personal de servicio y una altura de entrepiso de 2.70m.
- Octavo a Onceavo Nivel, cuenta con 04 habitaciones, 04 servicios higiénicos completos, 01 servicio higiénico para recepción y personal de servicio y una altura de entrepiso de 2.70m.
- Doceavo Nivel, cuenta con 01 auditorio, 2 servicios higiénicos completos y una altura de entrepiso de 2.70m.
- Treceavo Nivel, cuenta con una azotea y lavadero.

Tabla 7: Cuadro resumen de las características del edificio en estudio.

NIVEL	ÁREA(m ²)	ALTURA DE ENTREPISO(m)	USO
SOTANO	92.82	3	ALMACEN
1	101.4	2.4	COMERCIO
MEZANINE 1	23.55	2.4	COMERCIO
2	101.4	3	VIVIENDA
3	101.4	2.4	COMERCIO
MEZANINE 2	31.54	2.4	COMERCIO
4	97.46	2.7	HOSPEDAJE
5	97.46	2.7	HOSPEDAJE
6	97.46	2.7	HOSPEDAJE
7	97.46	2.7	HOSPEDAJE
8	97.46	2.7	HOSPEDAJE
9	97.46	2.7	HOSPEDAJE
10	97.46	2.7	HOSPEDAJE
11	97.46	2.7	HOSPEDAJE
12	97.46	2.7	AUDITORIO
13	97.46	2.7	AZOTEA

Fuente: Elaboración propia.

B. ESTRUCTURAS. El sistema estructural del edificio está conformado por pórticos y muros estructurales de concreto armado en ambas direcciones X-Y. Las placas tienen un espesor de 25cm cumpliendo con las especificaciones de la norma E. 060 para muros de concreto armado, la losa aligerada del sótano es de 0.20m de espesor y de todos los demás pisos incluido los mezanines son losas aligeradas de 0.17m de espesor. Para la cimentación del edificio se utilizó pozos más platea de cimentación, cuyo peralte es de 0.70m.

3.13. ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.

Los materiales para el diseño de los elementos estructurales poseen las siguientes características:

A). CONCRETO.

- Resistencia a la compresión : $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (Cimentación, columnas, vigas, placas, cisterna, escalera y losas).
- Peso específico del concreto : $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3 = 24\text{KN/m}^3$
- Módulo de elasticidad : $E_c = 15000\sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2 = 250998.01\text{kg/cm}^2$

- Módulo de poisson : $\nu = 0.20$

B). ACERO DE REFUERZO.

- Esfuerzo de fluencia : $f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad : $E_s = 2 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de poisson : $\nu = 0.30$

C). RECUBRIMIENTOS MINIMOS.

- Platea de cimentación 7.5cm.
- vigas de cimentación 5cm.
- Columnas, vigas peraltadas, placas 4cm.
- Sisterna, tanque elevado 2.50cm.
- Losas aligeradas, vigas chatas y de borde 2.50cm.
- Losas macizas, escaleras 2.50cm.

D). CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE CIMENTACIÓN.

Estas propiedades se han determinado mediante ensayos de Mecánica de Suelos del suelo de fundación de la edificación en estudio.

- Tipo de suelo : MH (Limo inorgánico de alta compresibilidad)
- Cohesión : $C = 0.22 \text{ Kg/cm}^2$
- Peso específico húmedo : $\gamma_H = 1.80 \text{ gr/cm}^3$
- Contenido de humedad : $W = 27.30 \%$
- Limite liquido : $LL = 57 \%$
- Índice de plasticidad : $LL = 26 \%$
- Angulo de fricción interna : $\phi' = 9.7^0$
- Capacidad portante : $\sigma_{t=0.86} \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad : $E_s = 150 \text{ kg/cm}^2$
- Profundidad de cimentación: $D_f = 3 \text{ m}$

3.14. NORMAS UTILIZADAS.

Las normas utilizadas para la elaboración de esta tesis son el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente, así como la Norma ACI 318-19.

- NTE E. 020 - Cargas
- NTE E. 030 - 2018 - Diseño Sismorresistente
- NTE E. 050 - Suelos y Cimentaciones
- NTE E. 060 - Concreto Armado
- NTE E. 070 – Albañilería
- ACI 318-19 (American Concrete Institute) – Building Code Requirements for Structural Concrete.

3.15. PREDIMENSIONAMIENTO.

Consiste en determinar las dimensiones tentativas de los elementos estructurales para comprobar sus dimensiones según los criterios recomendados por el RNE, el libro de Estructuración y Diseño de edificaciones de Concreto Armado (Blanco, 2007), además de otros criterios para verificar si los elementos estructurales cumplen con las exigencias del análisis sísmico y en base a los resultados cambiar dichas secciones o mantenerlas, los cuales serán detallados a continuación.

3.15.1. PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS ALIGERADAS.

Según la Norma Peruana E.060 de Concreto Armado, sugiere utilizar la siguiente relación.

$$h \geq \frac{L_n}{25} \quad (\text{Ec. 59})$$

Donde:

h: Peralte de la losa aligerada.

L_n : Luz libre máxima de la losa aligerada.

Se prescindirá de la verificación de deflexiones si se cumple con los siguientes criterios:

- Si se tienen sobrecargas menores a 300 Kg /m²
- Si las luces son menores a 7.5 m
- Si se cumple con: $h \geq L_n / 25$

La luz libre más grande se presenta entre los ejes 1-1 y 2-2 de 3.80m y es la elegida para el predimensionamiento.

Así tenemos $h = 3.80/25 = 0.15 \approx 0.17\text{m}$.

$h = 0.17 \text{ m} < 0.25 \text{ m}$, por lo tanto, no se verifica por deflexión.

Se decide usar un espesor de 0.17 m del piso 1 al piso 13 por requerimiento estructural, salvo el aligerado del sótano que se ha considerado $h=0.20\text{m}$.

3.15.2. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS.

Generalmente, las vigas se dimensionan considerando un criterio de altura de peralte del orden de 1/10 a 1/12 la luz libre (L_n), esta altura incluye el espesor de losa del techo o piso. Además, como se trata de una edificación importante, de varios niveles y sometida a cargas considerables debe proveerse una suficiente resistencia y rigidez para garantizar un mayor grado de seguridad a la estructura frente a cargas de gravedad y sismo.

Según la Norma Peruana E.060 de Concreto Armado indica que las vigas que formen parte de pórticos resistentes a fuerzas de sismos deben tener un ancho mínimo de 25 cm, pero tampoco debe ser mayor al ancho de la columna de soporte. El ancho puede variar entre 0.3 hasta 0.5 del peralte, además, el peralte efectivo no debe exceder a 1/4 de la luz libre.

A. PERALTE DE LA VIGA.

La Norma E.060 de Concreto Armado nos indica que no será necesaria la verificación de deflexiones si se cumple con el siguiente criterio:

$$h \geq \frac{L_n}{16} \quad (\text{EC. 60})$$

Donde:

h : Peralte de la viga

L_n : Luz libre entre ejes

Según los planos de arquitectura la máxima luz libre en la dirección X-X es 6.80 m y en la dirección Y-Y es 3.80 m, entonces tenemos:

Tabla 8: Criterio de verificación de deflexiones.

	VIGAS TRANSVERSALES EJE X		VIGAS LONGITUDINALES EJE Y	
Ln (m)	6.80		3.80	
Peralte (m)	0.60		0.40	
Ancho (m)	0.3		0.3	
Comprobación $Ln/16 \leq h$	0.43	Cumple	0.24	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que cumple, por lo tanto, no será necesaria la verificación de deflexiones en ninguna de las dos direcciones.

- Según Antonio Blanco utiliza unos factores para determinar el peralte, esto varía de acuerdo con el criterio estructural.

$$h = \frac{Ln}{10} \quad \text{a} \quad h = \frac{Ln}{12} \quad (\text{EC. 61})$$

Tabla 9: Peralte (h) según la categoría de la edificación.

CATEGORIA DE LA EDIFICACION	PERALTE (h)
Cat. "A" E. Esenciales	1/10
Cat. "B" E. Importantes	1/11
Cat. "C" E. Comunes	1/12

Fuente: Norma E. 030, 2018.

B. ANCHO DE VIGAS.

Para estructuras conformadas por pórticos o estructuras sismorresistentes podemos consideraremos un ancho mínimo de 25cm.

El ancho de la viga puede calcularse como:

$$B = \frac{h}{2} \quad \text{ó} \quad B = \frac{2}{3}h \quad (\text{EC. 62})$$

Además, se busca que las rótulas plásticas de la estructura se formen en las vigas antes que en las columnas, requiriendo que la suma de las resistencias de momentos de las columnas sea mayor que la suma de las resistencias de las vigas, para generar el mecanismo de columna fuerte y viga débil y así se busca que falle la viga y no la columna ya que ocasionarían daños irreparables.

La formación de rótulas en las vigas permite mayores niveles de deformación antes del colapso en las estructuras, condición de ductilidad y mejor garantía en la estabilidad estructural del conjunto. Por el contrario, las rótulas en las columnas generan sistemas estructurales frágiles.

Por eso el ancho de las vigas debe ser menor o igual al ancho de las columnas y se debe cumplir que la inercia de la columna sea mayor a la inercia de la viga. Si el ancho de las vigas fuese mayor al de las columnas estructuralmente no es lo más correcto y no desempeñaría su función adecuadamente además de formarse rotulas plásticas en las columnas que lo harían fallar.

Tabla 10: Predimensionamiento de Vigas.

TIPO	VIGAS	LUZ LIBRE Ln(m)	$h(m)=Ln/10$	$h(m)=Ln/12$	$b(m)=h/2$	$b(m)=2h/3$	$h(m)$ Calculado	$b(m)$ Mínimo	Secciones elegidas
VIGAS TRANSVERSALES (EJE X-X)									
VP	V6. Entre eje A-C	6.80	0.68	0.57	0.28	0.38	0.60	0.30	0.30x0.70
VP	V1, V4. Entre eje A-C	6.80	0.68	0.57	0.28	0.38	0.60	0.30	0.30x0.60
VP	V2, V5. Entre eje B-C	6.10	0.61	0.51	0.25	0.34	0.55	0.25	0.30x0.60
VP	V3. Entre eje A-B	1.70	0.17	0.14	0.07	0.09	0.20	0.25	0.30x0.50
VP	V2a, V3, V4a, V5a. Entre eje A-B	1.70	0.17	0.14	0.07	0.09	0.20	0.25	0.30x0.60
VA	V1a. Entre eje A-C	2.60	0.26	0.22	0.11	0.14	0.25	0.25	0.25x0.17
VA	V3a. Entre eje B-C	2.10	0.21	0.18	0.09	0.12	0.20	0.25	0.25x0.17
VIGAS LONGITUDINALES (EJE Y-Y)									
VS	V7, V15. Entre ejes 1-2	3.80	0.38	0.32	0.16	0.21	0.35	0.25	0.30x0.40
VS	V7a. Entre ejes 1-2	1.15	0.12	0.10	0.05	0.06	0.20	0.25	0.25x0.40
VS	V7b. Entre ejes 1-2	3.80	0.38	0.32	0.16	0.21	0.35	0.25	0.25x0.40
VS	V8. Entre eje 2-3	1.80	0.18	0.15	0.08	0.10	0.20	0.25	0.30x0.40
VS	V9. Entre eje 3-4	1.15	0.12	0.10	0.05	0.06	0.20	0.25	0.30x0.40
VS	V10, V17. Entre eje 4-5	2.80	0.28	0.23	0.12	0.16	0.25	0.25	0.30x0.40
VS	V10a. Entre eje 4-6	2.80	0.28	0.23	0.12	0.16	0.25	0.25	0.25x0.40
VS	V11, V18. Entre eje 5-6	3.45	0.35	0.29	0.14	0.19	0.30	0.25	0.30x0.40
VS	V12. Entre eje 2-3	1.80	0.18	0.15	0.08	0.10	0.20	0.25	0.25x0.40
VS	V13. Entre eje 3-5	3.95	0.40	0.33	0.16	0.22	0.35	0.25	0.25x0.40
VS	V14. Entre eje 5-6	3.45	0.35	0.29	0.14	0.19	0.30	0.25	0.25x0.40
VS	V16. Entre eje 2-4	2.95	0.30	0.25	0.12	0.16	0.25	0.25	0.30x0.40
VS	V16a. Entre eje 2-4	2.95	0.30	0.25	0.12	0.16	0.25	0.25	0.25x0.40
VIGAS DE BORDE EN VOLADIZO (EJE X-X)									
VB	VB1. Entre eje A-C	4.15	0.42	0.35	0.17	0.23	0.35	0.25	0.25x0.17
VB	VB2. Entre eje A-C	3.65	0.37	0.30	0.15	0.20	0.35	0.25	0.25x0.17
VB	VB3. Entre eje A-C	4.15	0.42	0.35	0.17	0.23	0.35	0.25	0.25x0.17
VB	VB4. Entre eje A-C	3.65	0.37	0.30	0.15	0.20	0.35	0.25	0.25x0.17
VIGAS DE BORDE EN VOLADIZO (EJE Y-Y)									
VB	VBA. Entre eje A-C	0.85	0.09	0.07	0.04	0.05	0.17	0.25	0.25x0.17
VB	VBB. Entre eje A-C	0.35	0.04	0.03	0.01	0.02	0.17	0.25	0.25x0.17
VB	VBC. Entre eje A-C	1.2	0.12	0.10	0.05	0.07	0.17	0.25	0.25x0.17
VB	VBA'. Entre eje A-C	0.75	0.08	0.06	0.03	0.04	0.17	0.25	0.25x0.17
VB	VBC'. Entre eje A-C	1.10	0.11	0.09	0.05	0.06	0.17	0.25	0.25x0.17

Fuente: Elaboración propia.

3.15.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS.

Según la norma E.060 considera los siguientes requisitos de dimensionamiento.

- El ancho mínimo es de 25 cm.
- La relación entre la menor sección y la mayor no debe ser inferior a 0.4.
- Verificar que no exista esbeltez: $l/b < 15$ (l : longitud columna y b : ancho columna).

1. Cuando la edificación tenga muros de corte en las dos direcciones, tal que la rigidez lateral y la resistencia van a estar principalmente controlados por los muros, las columnas interiores se pueden dimensionar suponiendo un área igual a:

- Columnas centradas.

$$\text{Area de Columna} = \frac{P(\text{Servicio})}{0.45 * f'c} \quad (\text{EC. 63})$$

2. Para el mismo tipo de edificaciones, las columnas con menos carga axial, como es el caso de las exteriores o esquineras, se dimensionan mediante la siguiente formula:

- Columnas exteriores o esquineras.

$$\text{Area de Columna} = \frac{P(\text{Servicio})}{0.35 * f'c} \quad (\text{EC. 64})$$

Donde:

$$P(\text{Servicio}) = P * A_{\text{trib}} * N_{\text{pisos}}$$

Siendo:

- P : Peso
- A_{trib} : Área Tributaria
- N_{pisos} : Número de pisos
- $f'c$: Esfuerzo de compresión del concreto

Tabla 11: *Peso según la categoría de la edificación.*

CATEGORIA DE LA EDIFICACION	PESO (kg/m2)
Cat. "A"	1500
Cat. "B"	1250
Cat. "C"	1000

Fuente: Norma E. 030, 2018.

Teniendo en cuenta estos criterios en la estructura tenemos las siguientes secciones de columnas.

Tabla 12: Predimensionamiento de columnas.

Categoría B= 1250kg/m², F'c= 280kg/cm²

Tipo de columna		Área Tributaria (m ²)	Peso (kg/m ²)	Nº pisos	P servicio (kg)	Coef. según tipo de columna	f'c (kg/cm ²)	Área columna (cm ²)	Si lado a=b (cm)	a (cm) mínimo	b (cm) calculado	Sección columna axb	Verifica	Secciones elegidas
C1, C14	Esquinada	7.41	1250	13	120412.5	0.35	280	1228.70	35.05	40	35	1400	OK !!!	40x50
C2	Excéntrica	2.66	1250	13	43225	0.35	280	441.07	21.00	40	25	1000	OK !!!	40x50
C3	Centrada	10.36	1250	13	168350	0.45	280	1336.11	36.55	40	35	1400	OK !!!	40x40
C4	Centrada	5.46	1250	13	88725	0.45	280	704.17	26.54	40	25	1000	OK !!!	40x40
C5	Excéntrica	1.4	1250	13	22750	0.35	280	232.14	15.24	40	25	1000	OK !!!	40x40
C6	Excéntrica	9.18	1250	13	149175	0.35	280	1522.19	39.02	40	40	1600	OK !!!	40x50
C7	Excéntrica	2.87	1250	13	46637.5	0.35	280	475.89	21.81	40	25	1000	OK !!!	40x50
C8	Centrada	11.19	1250	13	181837.5	0.45	280	1443.15	37.99	40	40	1600	OK !!!	40x40
C9, C10	Esquinada	7.12	1250	13	115700	0.35	280	1180.61	34.36	40	35	1400	OK !!!	40x50
C11	Excéntrica	9.53	1250	13	154862.5	0.35	280	1580.23	39.75	40	45	1800	OK !!!	40x50
C12	Excéntrica	9.06	1250	13	147225	0.35	280	1502.30	38.76	40	40	1600	OK !!!	40x50
C13	Excéntrica	10.63	1250	13	172737.5	0.35	280	1762.63	41.98	40	45	1800	OK !!!	40x50

Fuente: Elaboración propia.

3.15.4. PLACAS O MUROS DE CORTE.

Para predimensionar muros de corte, la norma E060 en su artículo 21.9.3.2 menciona que el espesor de la placa no deberá ser menor a $L/25$ de la altura entre elementos que le proporcionan apoyo lateral ni menor 10cm y el espesor de muros de sótanos no debe ser menor que 20cm, es decir, se debe cumplir ($10\text{cm} \geq h \geq L/25$). En nuestro proyecto el edificio tiene una altura de muros de 5.00m, entonces:

$$h = 5 \text{ m} / 25 = 0.20 \text{ m (espesor mínimo del muro)}$$

Para el proyecto de investigación tenemos los siguientes espesores de placas:

- Placas en la dirección XX-YY 25cm de espesor
- Placas de sótano 25cm excepto en dirección XX es 30cm de espesor

La ubicación simétrica de los muros en planta es vital para evitar efectos torsionales.

LONGITUD DE LAS PLACAS DIRECCION X-X.

$$L_x = \frac{V_x}{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * 0.8 * l_w} \quad (\text{EC. 65})$$

V _x	480.582	T _n
Coef. ϕ	0.85	
Concreto f'_c	2800	T _n /m ²
l_w	13.60	m
Espesor (b)	0.25	m
Longitud (L_x)	7.41	m

LONGITUD DE LAS PLACAS DIRECCION Y-Y.

$$L_y = \frac{V_y}{0.85 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * 0.8 * l_w} \quad (\text{EC. 66})$$

V _y	480.582	T _n
Coef. ϕ	0.85	
Concreto f'_c	2800	T _n /m ²
l_w	10.60	m
Espesor (b)	0.25	m
Longitud (L_y)	9.51	m

3.15.5. PLATEA DE CIMENTACION.

Para predimensionar peralte de la platea de cimentación se utiliza la siguiente formula:

$$H_{\text{platea}} = \frac{Ln}{10 \text{ a } 12} \geq 0.30\text{m} \quad (\text{EC.67})$$

$$H_{\text{platea}} = \frac{7.8}{10} = 0.78\text{m} ; \quad H_{\text{platea}} = \frac{7.8}{12} = 0.65\text{m}$$

Tomamos h platea = 0.70m

3.15.6. METRADO DE CARGAS SISMICAS.

Consiste en realizar el cálculo de las cargas actuantes sobre los elementos estructurales que conforman el edificio. Para ello, nos guiaremos de la norma de cargas E.020 del RNE.

Los metrados se realizaron por pisos tal como se muestran en las Tablas 1-13 (ver anexo 01). Para la determinación del peso sísmico total de la edificación se consideró lo estipulado por la norma E. 030 - 2018 en su art. 26, que corresponde al 100% de la carga muerta más el 50% de la carga viva (edificación categoría B).

3.16. ANALISIS SISMICO DEL EDIFICIO.

Para iniciar el análisis sísmico de este proyecto primero se tiene que obtener las siguientes condiciones o parámetros.

3.16.1. PARAMETROS SISMICOS.

A. FACTOR DE ZONA (Z).

Zona de ubicación de la edificación.

- ❖ Departamento: Cajamarca
- ❖ Provincia: Chota
- ❖ Distrito: Chota

Tabla 13: Factor de zona “Z”.

Zona	Factor Z
2	0.25

Fuente: Norma E.030 – 2018

- Por estar en una zona 2 al proyecto le corresponde un factor $Z=0.25$

B. FACTOR DE USO (U).

El edificio está considerado para Comercio - hospedaje, y clasifica como categoría B de uso importante según lo indica la norma E.030-2018 en su artículo 15, así tenemos:

Tabla 14: Categoría de la edificación y factor de uso “U”.

CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A	Edificaciones esenciales	1.5
B	Edificaciones importantes	1.3
C	Edificaciones comunes	1
D	Edificaciones temporales	-

Fuente: Norma E.030 - 2018

- Factor $U = 1.3$

C. FACTOR DE SUELO (S).

La edificación está ubicada en la zona 2 y presenta un suelo flexible S3, en la siguiente tabla se determina el parámetro S:

Tabla 15: Factor de suelo “S”.

ZONA	SUELO			
	So	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: Norma E.030 – 2018

- Factor de suelo $S3 = 1.40$

D. FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA (C).

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < TP \quad C = 2.5 \quad (\text{EC. 68})$$

$$TP < T < TL \quad C = 2.5 * \left(\frac{TP}{T}\right) \quad (\text{EC. 69})$$

$$T > TL \quad C = 2.5 * \left(\frac{TP * TL}{T^2}\right) \quad (\text{EC. 70})$$

Los parámetros de sitio TP y TL están en función del tipo de suelo para nuestro caso S3 y se obtiene según la siguiente tabla:

Tabla 16: Tabla de periodos TP y TL.

	SUELO			
	S0	S1	S2	S3
TP	0.3	0.4	0.6	1.0
TL	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: Norma E.030 – 2018

- TP = 1.0 seg y TL = 1.6 seg

Cálculo del periodo fundamental de la estructura (T).

El valor del periodo fundamental de vibración para cada dirección se estimará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Tx = \frac{h_n}{C_{Tx}} \quad Ty = \frac{h_n}{C_{Ty}} \quad (\text{EC. 71})$$

Donde:

- ❖ h_n = Altura total de la edificación = 43,05 m
- ❖ C_t = 60 (para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada).

Dirección	Sistema Estructural	T(Seg.)
X-X	Muros estructurales	0.718
Y-Y	Muros estructurales	0.718

- Como: $T_x = T_y = 0.718 < T_p = 1.00$

- Entonces el valor de la amplificación sísmica $C=2.5$ (para ambas direcciones).

E. COEFICIENTE DE REDUCCION DE LA FUERZA SISMICA (R).

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se determina como el producto del coeficiente R_0 determinado a partir de la Tabla 17 y de los factores I_a , I_p obtenidos de las Tablas 18 y 19 tal como lo indica la norma E.030-2018.

$$R = R_0 * I_a * I_p \quad (\text{EC. 72})$$

Donde:

R_0 : Coeficiente básico de reducción sísmica

I_a : Irregularidad en altura

I_p : Irregularidad en planta

Según el sistema de estructuración para cada dirección de análisis (X, Y), el edificio tiene sistemas estructurales de concreto armado a base de muros estructurales.

Tabla 17: Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_0 (*)
De muros estructurales	6

Fuente: Norma E.030 - 2018.

- Según la tabla 17 el coeficiente básico de reducción sísmica $R_0= 6$

FACTORES DE IRREGULARIDAD DE LA ESTRUCTURA.

A continuación, se verifica la irregularidad en altura y en planta del edificio en estudio.

FACTOR DE IRREGULARIDAD EN ALTURA (I_a).

El factor “ I_a ” se determina como el menor de los valores de la Tabla 8 de la norma E.030 – 2018 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en

altura en las dos direcciones de análisis, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18: Irregularidades estructurales en altura (Ia).

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA (Ia)			Dir. X-X	Dir. Y-Y
• I. de Rigidez - Piso Blando	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
• I. de Resistencia - Piso Débil	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
• I. Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
• I. Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
• I. Masa o Peso	<input checked="" type="checkbox"/> 2 Direcciones X-Y		0.90	0.90
• I. Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
• Discontinuidad de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> 2 Direcciones X-Y		1.00	1.00
• Discontinuidad Extrema de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> 2 Direcciones X-Y		1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	Se toma el valor mas critico		Ia,x= 0.90	Ia,y= 0.90

Fuente: Elaboración propia.

- El edificio presenta irregularidad de masa o peso. Por lo tanto, **Ia = 0.90**

FACTOR DE IRREGULARIDAD EN PLANTA (Ip).

El factor “Ip” se determina como el menor de los valores de la Tabla 9 de la norma E.030 – 2018 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 19: Irregularidades estructurales en planta (Ip).

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA (Ip)			Dir. X-X	Dir. Y-Y
• I. Torsional	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
• I. Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
• Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
• Discontinuidad del Diafragma	<input checked="" type="checkbox"/> 2 Direcciones X-Y		0.85	0.85
• Sistemas No paralelos	<input type="checkbox"/> Dir. X-X	<input type="checkbox"/> Dir. Y-Y	1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	Se toma el valor mas critico		Ip,x= 0.85	Ip,y= 0.85

Fuente: Elaboración propia

- El edificio presenta irregularidad de discontinuidad de diafragma en planta.
Por lo tanto, **Ip = 0.85**

Luego reemplazando valores en la ecuación (72) se tiene:

$$R_x = R_y = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

$$R_x = R_y = 6 \cdot 0.90 \cdot 0.85$$

$$R_x = R_y = 4.59$$

F. ESTIMACION DEL PESO DE LA ESTRUCTURA (P).

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga según lo estipula la norma E.030-2018 en su artículo 26.

La edificación en estudio se ubica en la categoría B de edificaciones importantes, por lo tanto, se tomará el 100% de la carga muerta más el 50% de la carga viva.

Tabla 20: Resumen de pesos sísmicos por piso de la estructura según Etabs.

Nº PISOS	PESO SISMICO (Tn) (100%CM+50%CV)
13	98.793
12	135.523
11	129.674
10	129.674
9	129.674
8	134.300
7	134.720
6	134.720
5	134.792
4	139.824
Mezzanine 2	79.177
3	151.851
2	130.312
Mezzanine 1	86.301
sótano	188.493
TOTAL	1937.830

Fuente: Elaboración propia.

• RESUMEN DE PARAMETROS SISMICOS.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los valores necesarios para calcular el cortante basal estático.

Tabla 21: Parámetros sismorresistentes para el análisis.

CAJAMARCA - CHOTA- CHOTA					
DESCRIPCION	SIMBOLO	VALOR		UNIDAD	OBSERVACION
		DIR. X-X	DIR. Y-Y		
Factor de zona	Z	0.25	0.25		Cajamarca- Chota-Chota
Factor de uso o importancia	U	1.30	1.30		Cat. "B"- Importante
Factor de amplificación sísmica	C	2.5	2.5		
Factor de suelo	S	1.40	1.40		Suelo Flexible $q_a=0.86\text{kg/cm}^2$, S3
Coefficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas	Ro	6	6		Sistema Estructural "Muros estructurales"
Factor de irregularidad en altura	Ia	0.90	0.90		Presenta irregularidad de masa o peso
Factor de irregularidad en planta	Ip	0.85	0.85		Presenta irregularidad por discontinuidad del diafragma
Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas	R	4.59	4.59		$R=Ro * Ia * Ip$
Aceleración de la Gravedad	g	9.81	9.81	m/seg ²	
Periodo que define el inicio de la zona del factor C	TL	1.60	1.60	seg	
Periodo que define la plataforma del factor C	TP	1.00	1.00	seg	
Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.	T	0.718	0.718	seg	
Coefficiente para estimar el período fundamental de un edificio	CT	60	60	seg	
Altura total de la edificación en metros	Hn	43.05	43.05	m	Desde el nivel 0+00
Factor de escala	F.E.(X, Y)	0.972	0.972	m/seg ²	Factor constante de la curva de espectro $F.E.=Z*U*S^g/R_{x,y}$ para ETABS

Fuente: Elaboración propia.

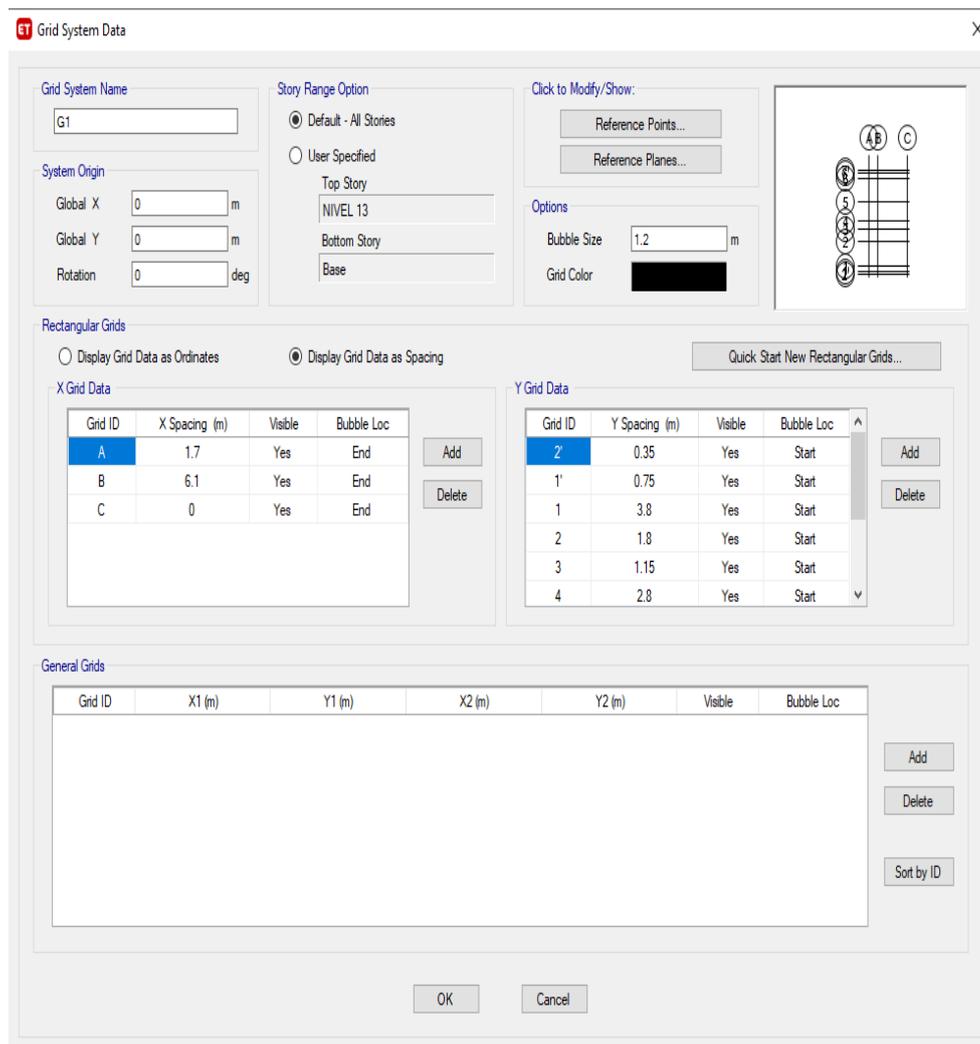
3.16.2. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

Para realizar el modelamiento y análisis de la edificación utilizaremos el programa ETABS. A continuación, se detallará el procedimiento realizado.

3.16.2.1. GEOMETRIA DE LA EDIFICACION EN PLANTA Y ALTURA.

Como paso inicial para empezar la modelación por el método de análisis estático, se configuran las unidades de trabajo (Tn, m, c⁰) respectivamente. Luego se procede a digitar la longitud de luces, alturas de entrepisos y número de pisos (ver figura 14).

Figura 9: Ingreso de valores para el modelo en la dirección X, Y, Z.



Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.2.2. DEFINICION DE MATERIALES.

Un paso previo a dibujar y definir las secciones de las vigas, columnas y muros, se procede a definir los tipos de materiales a utilizar, las cuales son:

Figura 10: Definición de material: Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Material Property Data

General Data

Material Name: Concreto f'c=280 Kg/cm2
Material Type: Concrete
Directional Symmetry Type: Isotropic
Material Display Color: [Color Selection] Change...
Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density
Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³
Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2509980.08 tonf/m²
Poisson's Ratio, U: 0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
Shear Modulus, G: 1045825.03 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...
Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Etabs v18.1.1

Figura 11: Definición de material: Acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

Material Property Data

General Data

Material Name: Acero fy= 4200 Kg/cm2
Material Type: Rebar
Directional Symmetry Type: Uniaxial
Material Display Color: [Color Selection] Change...
Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density
Weight per Unit Volume: 7.849 tonf/m³
Mass per Unit Volume: 0.80038 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²
Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...
Time Dependent Properties...

OK Cancel

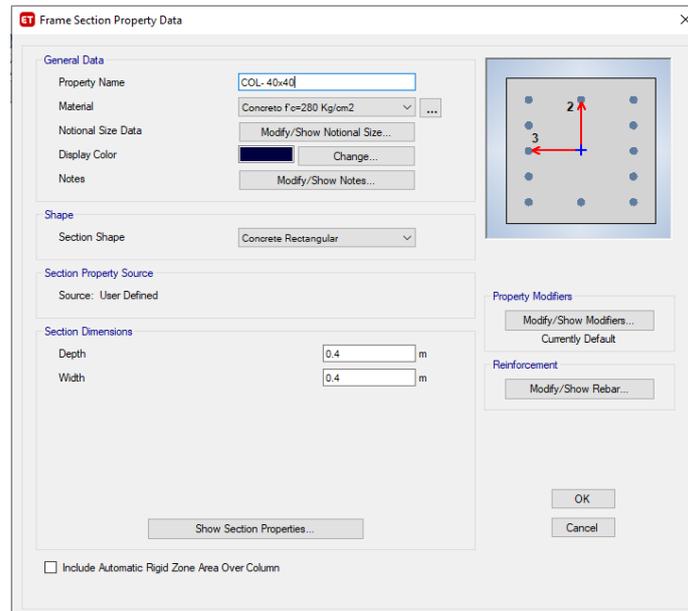
Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.2.3. DEFINICION DE SECCIONES.

Definido los materiales se procede con la inserción de las secciones de los elementos estructurales (columnas y vigas).

Definición de columnas.

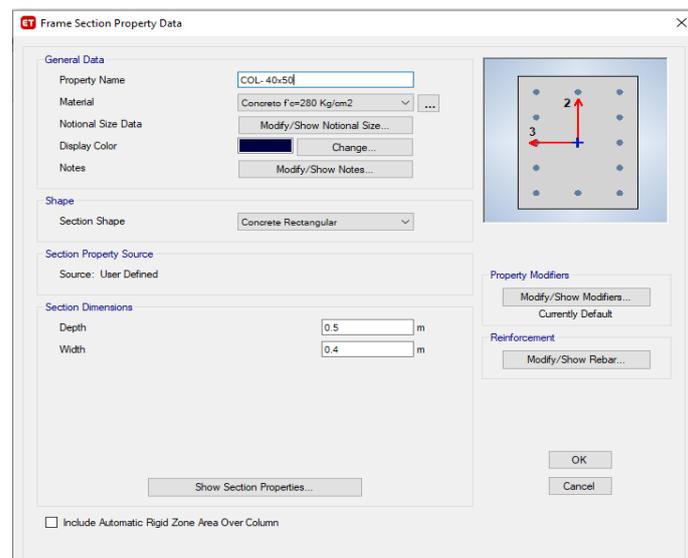
Figura 12: Columnas de sección 0.40x0.50m.



Fuente: Etabs v18.1.1

Definición de vigas.

Figura 13: Vigas de sección 30x70m.



Fuente: Etabs v18.1.1

Definición de elementos Shell.

Figura 14: Definición de Losa Aligerada de 17 cm.

ET Slab Property Data

General Data

Property Name: Losa Aligerada e= 17cm

Slab Material: Concreto f'c=280 Kg/cm2

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

Modeling Type: Shell-Thin

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

Display Color: [Dark Grey] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Ribbed

Overall Depth: 0.17 m

Slab Thickness: 0.05 m

Stem Width at Top: 0.1 m

Stem Width at Bottom: 0.1 m

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.4 m

Rib Direction is Parallel to: Local 2 Axis

OK Cancel

Fuente: Etabs v18.1.1

Figura 15: Definición de Placas con espesor 0.25m.

ET Wall Property Data

General Data

Property Name: PL-25cm

Property Type: Specified

Wall Material: Concreto f'c=280 Kg/cm2

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

Modeling Type: Shell-Thin

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

Display Color: [Red] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.25 m

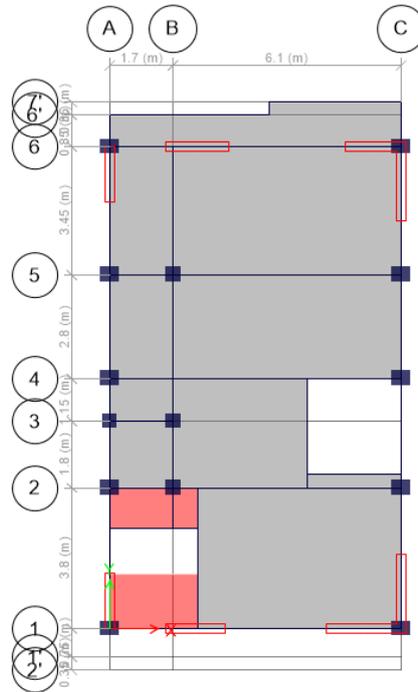
Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK Cancel

Fuente: Etabs v18.1.1

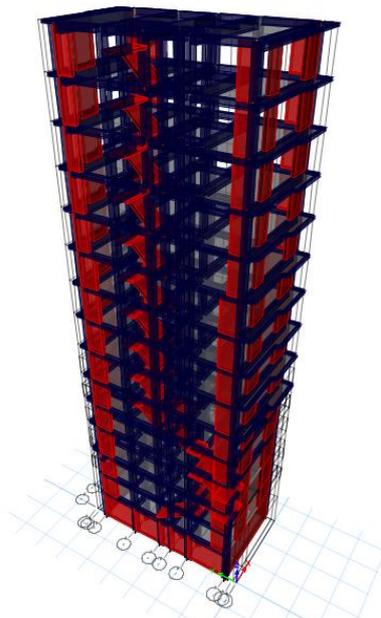
Una vez definidas las secciones de los elementos estructurales se procederá a dibujar columnas, vigas, muros y losas, es decir toda la edificación en planta y en elevación.

Figura 16: Vista en planta del sistema estructural del edificio.



Fuente: Etabs v18.1.1

Figura 17: Vista en 3D del sistema estructural.

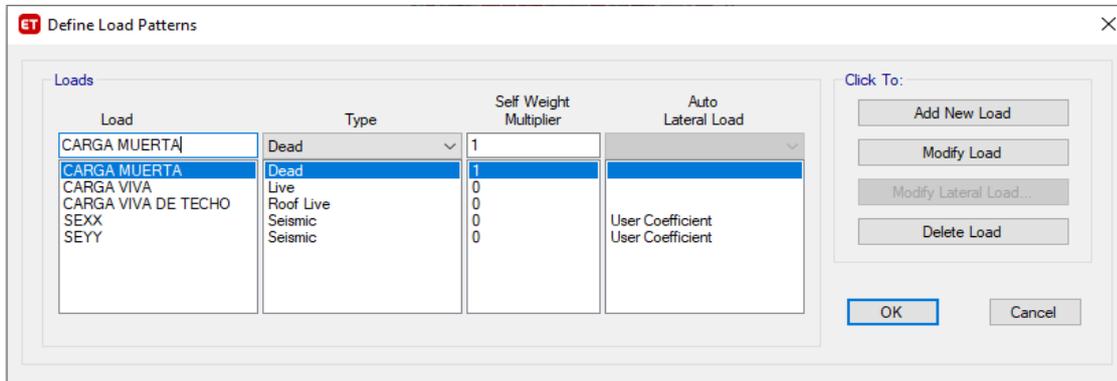


Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.2.4. DEFINICION DE PATRONES DE CARGA.

El siguiente paso es la creación de los tipos de carga que actuaran en el edificio que se definen mediante patrones de carga, tal como se muestra en la figura 23.

Figura 18: Definición de patrones de carga.

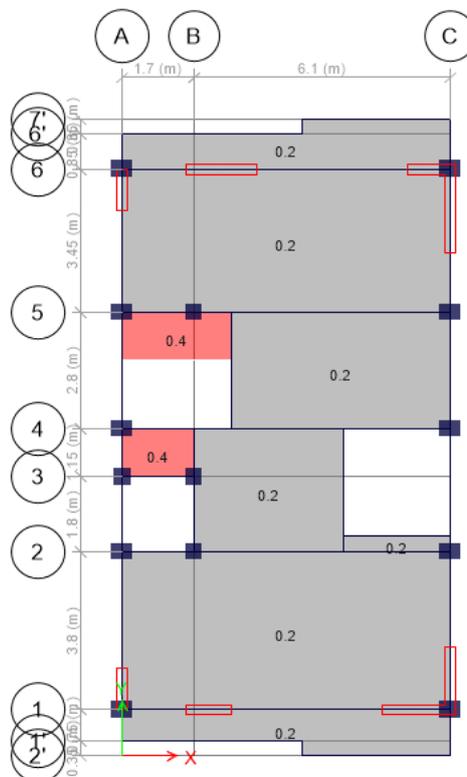


Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.2.5. DEFINICION Y ASIGNACION DE CARGAS.

Aquí se procede a asignar las cargas según corresponda para la edificación.

Figura 19: Asignación de cargas.

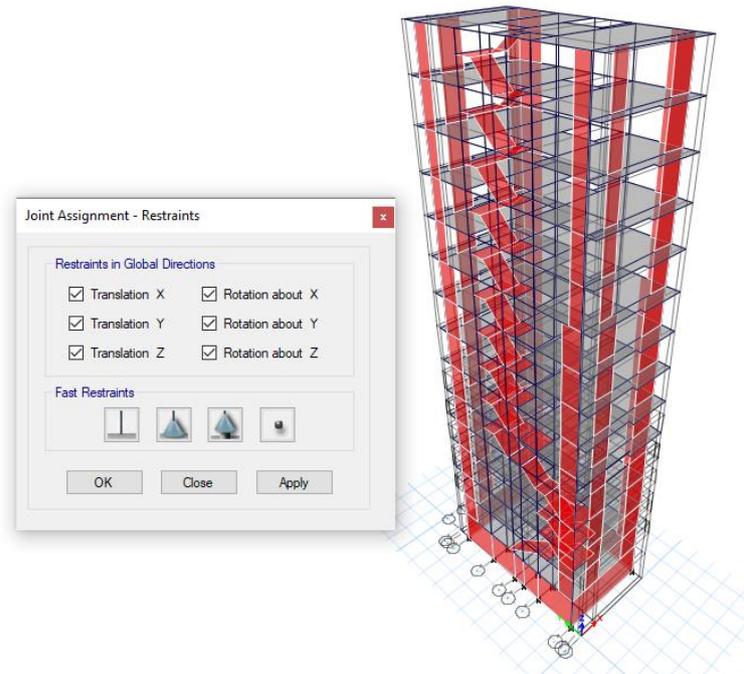


Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.2.6. DEFINICION DE APOYOS EMPOTRADOS EN LA BASE.

Se asigna restricciones de movimiento en la base (restricciones de desplazamiento y rotación alrededor de todos los ejes), a través de un empotramiento perfecto para las columnas y apoyo articulado para las placas o muros de corte, tal como se muestra en la figura 25.

Figura 20: Asignación de restricciones en la base.

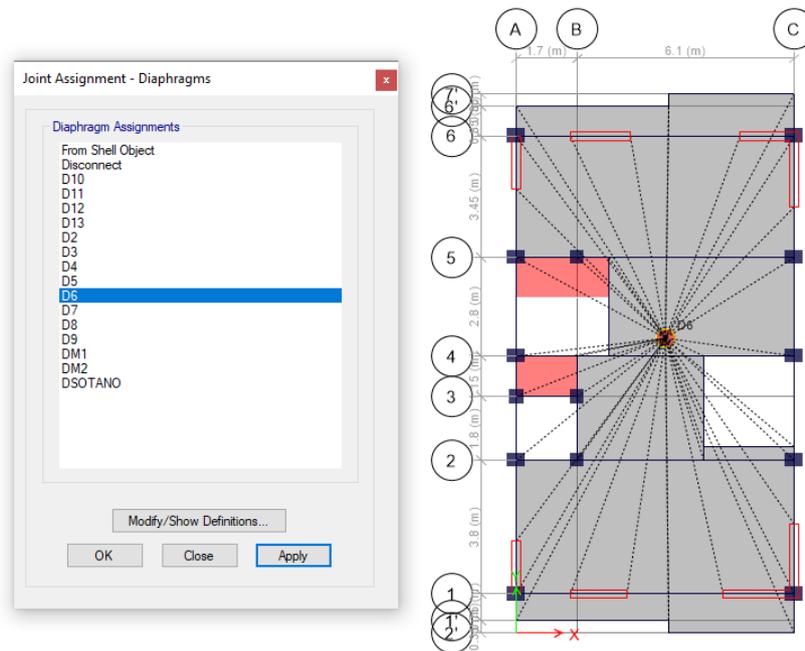


Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.2.7. DEFINICIÓN Y ASIGNACIÓN DE DIAFRAGMA RÍGIDO.

Se definen los diafragmas para que el sistema reconozca a la losa de cada entrepiso como infinitamente rígida, de tal forma que pueda transmitir eficientemente las cargas horizontales (sísmicas) a los elementos encargados de resistirlas, y a la vez hacer que estos elementos no tengan deformaciones variables, tal como se observa en la figura 26.

Figura 21: Asignación de diafragmas rígidos para cada entrepiso.

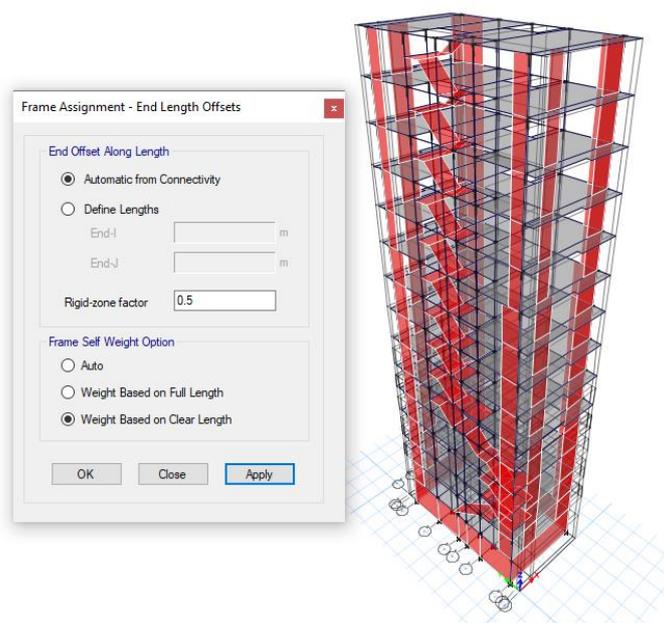


Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.2.8. DEFINICIÓN DE BRAZOS RÍGIDOS.

Para definir los brazos rígidos en cada entrepiso, seleccionamos cada nivel y aplicamos, la implementación de brazo rígido se realiza a las vigas y columnas de todos los pisos, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 22: Definición de brazos rígidos.



Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.2.9. DEFINICIÓN DEL PESO SISMICO.

Se considera el 100% de participación de la carga muerta más el 50% de la carga viva para edificaciones esenciales.

Figura 23: Definición del peso sísmico.

Load Pattern	Multiplier
CARGA MUERTA	1
CARGA MUERTA	1
CARGA VIVA DE TECHO	0.25

Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.3. ANALISIS SISMICO ESTATICO CON BASE EMPOTRADA.

El análisis estático representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación.

Según el Art. 28.1.2. de la norma E0.30 - 2018 “Diseño Sismorresistente”, pueden analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras regulares o irregulares ubicadas en la zona sísmica 1, estructuras regulares de no más de 30 m de altura y las estructuras de muros portantes de concreto armado y albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

Según lo mencionado por la norma E0.30 para esta investigación no aplicaría el método estático, debido a que se cuenta con un edificio de 13 pisos con más de 30m de altura, por lo tanto, este análisis se realizará con fines comparativos con los modelos dinámicos de ISE.

En este proyecto de tesis, se asumirá que el sótano está encima del nivel de terreno natural (nivel +00). Esto a fin de generar mayor esfuerzo en la estructura.

3.16.3.1. FUERZA CORTANTE EN LA BASE (V).

La fuerza cortante total en la base de la estructura, correspondiente a la dirección considerada, se obtendrá por medio de la fórmula dada en el Art. 28.2.1 de la E.030 (2018) – Diseño Sismorresistente.

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P \quad (\text{EC. 73})$$

Donde:

Z: factor de zona

U: factor de uso e importancia

C: factor de amplificación sísmica

S: factor de suelo

R: coeficiente de reducción sísmica

P: peso de la edificación

V: fuerza cortante en la base de la estructura

Además, debiendo considerarse para C/R el siguiente valor mínimo dado en el Art. 28.2.2 de la E.030 (2018) – Diseño Sismorresistente.

$$\frac{C}{R} \geq 0.11 \quad (\text{EC. 74})$$

Parámetros calculados en el ítem 4.6.1.

Z= 0.25

U= 1.3

C= 2.5

S= 1.40

Rx= Ry=4.59

P= 1937.830 Tn

Reemplazando valores en la formula (73) obtenemos.

$$V = \frac{0.25 * 1.3 * 2.5 * 1.40}{4.59} * 1937.830$$

$$V = 480.565 \text{ Tn}$$

Verificación de la relación C/R mediante la ecuación (74).

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

$$\frac{2.5}{4.59} = 0.545 \geq 0.11 \dots \text{Cumple}$$

Cálculo del coeficiente de cortante basal.

$$f_e = \frac{ZUCS}{R}$$

$$f_e = \frac{(0.25)(1.3)(2.5)(1.40)}{4.59} = 0.248$$

3.16.3.2. DISTRIBUCION DE LA FUERZA SISMICA EN ALTURA (Fi).

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i, correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i * V \quad (\text{EC. 75})$$

$$\alpha_i = \frac{P_i * (h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j * (h_j)^j} \quad (\text{EC. 76})$$

Donde:

n: Número de pisos del edificio.

k: Exponente relacionado con el periodo fundamental (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

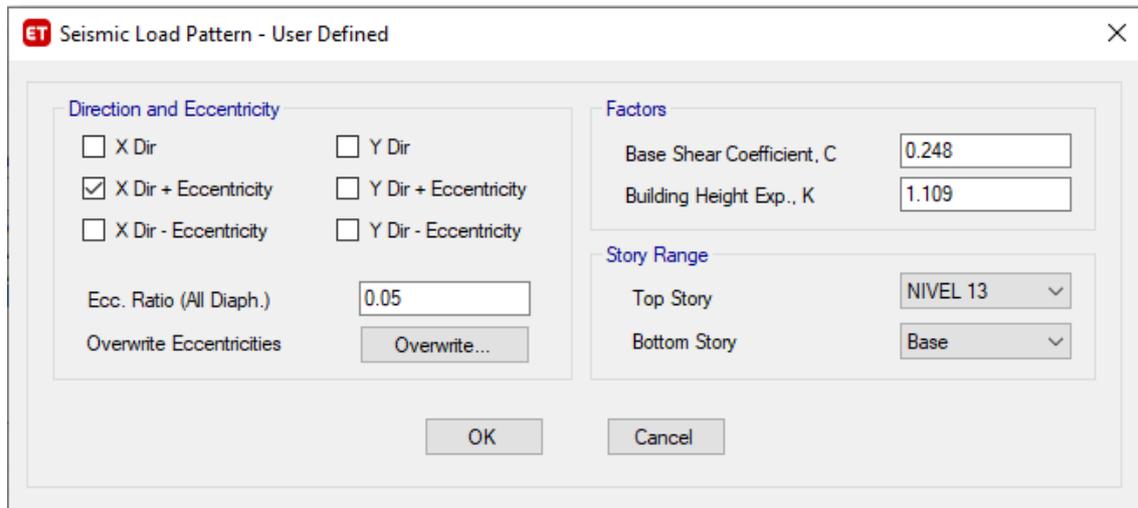
a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: k = 1

b) Para T mayor que 0.5 segundos: k = (0.75 + 0.5 T) ≤ 2.0

Para nuestro caso, como $T > 0.5$ s, $k = (0.75 + 0.5 \cdot 0.718) \leq 2.0$

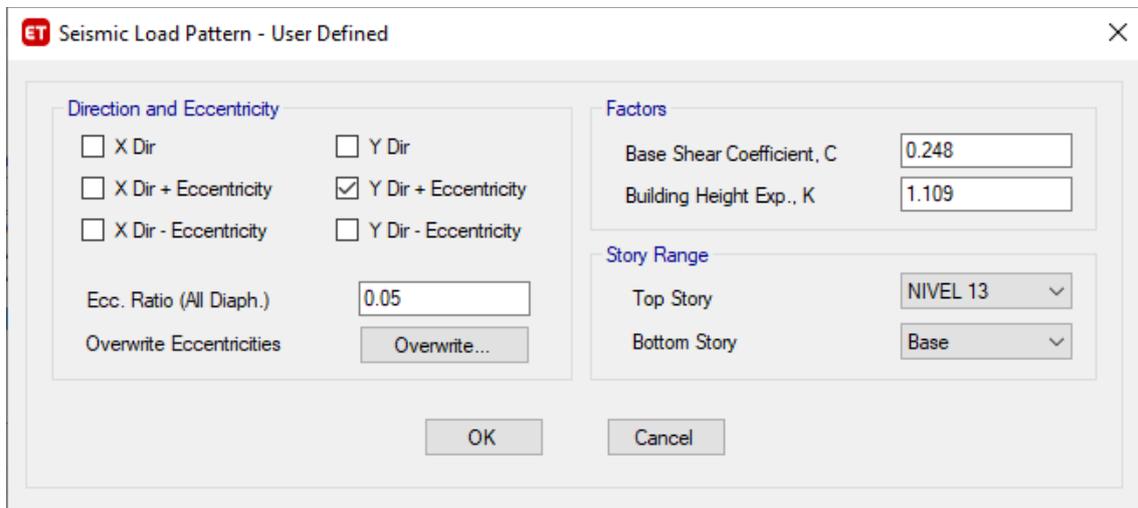
$k = 1.109 \leq 2.0$

Figura 24: Definición del análisis estático en X.



Fuente: Etabs v18.1.1

Figura 25: Definición del análisis estático en Y.



Fuente: Etabs v18.1.1

Tabla 22: Distribución de la fuerza sísmica en altura.

Nº PISOS	Altura hi (m)	Peso Pi (Tn)	Pi* (hi) ^k	Alfa α	Fi (Tn)	Vi (Tn)
NIVEL 13	43.05	98.793	6403.145	0.1025	49.280	49.280
NIVEL 12	40.15	135.523	8130.173	0.1302	62.572	111.853
NIVEL 11	37.25	129.674	7158.790	0.1146	55.096	166.949
NIVEL 10	34.35	129.674	6543.531	0.1048	50.361	217.309
NIVEL 9	31.45	129.674	5933.900	0.0950	45.669	262.978
NIVEL 8	28.55	134.300	5520.503	0.0884	42.487	305.466
NIVEL 7	25.65	134.720	4917.663	0.0788	37.848	343.314
NIVEL 6	22.75	134.720	4305.130	0.0689	33.134	376.447
NIVEL 5	19.85	134.792	3703.021	0.0593	28.499	404.947
NIVEL 4	16.95	139.824	3224.212	0.0516	24.814	429.761
MEZZANINE 2	14.35	79.177	1517.962	0.0243	11.683	441.444
NIVEL 3	11.75	151.851	2332.506	0.0374	17.952	459.395
NIVEL 2	8.55	130.312	1407.028	0.0225	10.829	470.224
MEZZANINE 1	5.95	86.301	623.395	0.0100	4.798	475.022
SOTANO	3.35	188.493	720.175	0.0115	5.543	480.565
TOTAL		1937.830	62441.134		480.565	

Fuente: Elaboración propia.

3.16.4. ANALISIS SISMICO DINAMICO MODAL ESPECTRAL.

Cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral según lo especificado en el Art.29 de la norma E.030 2018 – Diseño Sismorresistente.

Para el análisis modal espectral en cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos el 90% de la masa total, y como mínimo debe tomarse en cuenta por lo menos los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

Así mismo, para realizar el análisis sísmico dinámico, utilizamos el modelo del análisis sísmico estático, con toda sus definiciones y parámetros; luego incorporamos un espectro de pseudo aceleraciones de acuerdo a la norma E-030 - 2018.

3.16.4.1. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

Para realizar el Análisis Sísmico Dinámico con apoyo empotrado en la base realizamos las siguientes definiciones en el programa Etabs.

3.16.4.1.1. DEFINICION DE LOS CASOS DE CARGA.

Definimos los casos de carga sísmica dinámica que actúan en el edificio para el análisis en las direcciones X e Y.

Figura 26: Definición de Caso de Carga en la dirección X.

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

- General:**
 - Load Case Name: SDXX
 - Load Case Type: Response Spectrum
 - Mass Source: Previous (PESO SISMICO)
 - Analysis Model: Default
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTRO E.030 2...	1.2451
- Other Parameters:**
 - Modal Load Case: Modal
 - Modal Combination Method: CQC
 - Include Rigid Response
 - Rigid Frequency, f1: [Empty]
 - Rigid Frequency, f2: [Empty]
 - Periodic + Rigid Type: [Empty]
 - Earthquake Duration, td: [Empty]
 - Directional Combination Type: SRSS
 - Absolute Directional Combination Scale Factor: [Empty]
 - Modal Damping: Constant at 0.05
 - Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Fuente: Etabs v18.1.1

Figura 27: Definición de Caso de Carga en la dirección Y.

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

- General:**
 - Load Case Name: SDYY
 - Load Case Type: Response Spectrum
 - Mass Source: Previous (PESO SISMICO)
 - Analysis Model: Default
- Loads Applied:**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTRO E.030 2...	1.2937
- Other Parameters:**
 - Modal Load Case: Modal
 - Modal Combination Method: CQC
 - Include Rigid Response
 - Rigid Frequency, f1: [Empty]
 - Rigid Frequency, f2: [Empty]
 - Periodic + Rigid Type: [Empty]
 - Earthquake Duration, td: [Empty]
 - Directional Combination Type: SRSS
 - Absolute Directional Combination Scale Factor: [Empty]
 - Modal Damping: Constant at 0.05
 - Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.4.1.2. DEFINICIÓN DEL ESPECTRO DE DISEÑO.

Para ingresar nuestro Espectro de diseño al programa, se procede a calcular de acuerdo a la norma E-030 2018- Diseño Sismorresistente; considerando el Periodo (T) y la Aceleración Espectral definido por:

$$S_{a(x,y)} = \frac{ZUCS}{R(x,y)} * g \quad (EC. 77)$$

Donde:

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Factor de escala para el análisis espectral.

Se obtiene mediante la siguiente expresión para cada dirección de análisis:

$$FE = FE_x = FE_y = \frac{ZUS * g}{R_{x,y}} \quad (EC. 78)$$

Parámetros calculados en el ítem 4.6.1.

Z= 0.25

U= 1.3

S= 1.40

R_x= R_y= 4.59

Reemplazando valores en la formula (78) tenemos.

$$FE_{x,y} = \frac{0.25 * 1.3 * 1.40 * 9.81}{4.59}$$
$$FE_{x,y} = 0.972$$

Para el modelo estudiado el espectro de diseño será utilizado para las direcciones X e Y respectivamente como se muestra a continuación.

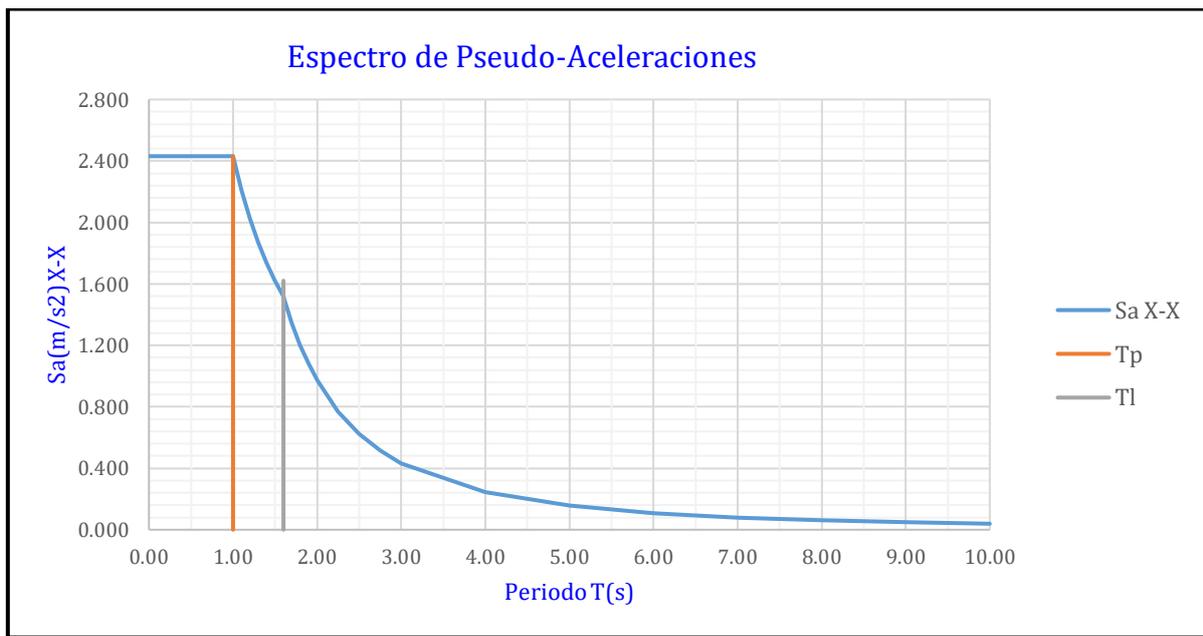
Tabla 23: Espectro de diseño E.030-2018.

C	T	Sa X-X	T	Sa Y-Y
2.50	0.00	2.431	0.00	2.431
2.50	0.02	2.431	0.02	2.431
2.50	0.04	2.431	0.04	2.431
2.50	0.06	2.431	0.06	2.431
2.50	0.08	2.431	0.08	2.431
2.50	0.10	2.431	0.10	2.431
2.50	0.12	2.431	0.12	2.431
2.50	0.14	2.431	0.14	2.431
2.50	0.16	2.431	0.16	2.431
2.50	0.18	2.431	0.18	2.431
2.50	0.20	2.431	0.20	2.431
2.50	0.25	2.431	0.25	2.431
2.50	0.30	2.431	0.30	2.431
2.50	0.35	2.431	0.35	2.431
2.50	0.40	2.431	0.40	2.431
2.50	0.45	2.431	0.45	2.431
2.50	0.50	2.431	0.50	2.431
2.50	0.55	2.431	0.55	2.431
2.50	0.60	2.431	0.60	2.431
2.50	0.65	2.431	0.65	2.431
2.50	0.70	2.431	0.70	2.431
2.50	0.75	2.431	0.75	2.431
2.50	0.80	2.431	0.80	2.431
2.50	0.85	2.431	0.85	2.431
2.50	0.90	2.431	0.90	2.431
2.50	0.95	2.431	0.95	2.431
2.50	1.00	2.431	1.00	2.431
2.27	1.10	2.210	1.10	2.210
2.08	1.20	2.026	1.20	2.026
1.92	1.30	1.870	1.30	1.870
1.79	1.40	1.737	1.40	1.737
1.67	1.50	1.621	1.50	1.621
1.56	1.60	1.519	1.60	1.519
1.38	1.70	1.346	1.70	1.346
1.23	1.80	1.201	1.80	1.201
1.11	1.90	1.078	1.90	1.078
1.00	2.00	0.972	2.00	0.972
0.79	2.25	0.768	2.25	0.768
0.64	2.50	0.622	2.50	0.622
0.53	2.75	0.514	2.75	0.514
0.44	3.00	0.432	3.00	0.432
0.25	4.00	0.243	4.00	0.243
0.16	5.00	0.156	5.00	0.156
0.11	6.00	0.108	6.00	0.108
0.08	7.00	0.079	7.00	0.079
0.06	8.00	0.061	8.00	0.061
0.05	9.00	0.048	9.00	0.048
0.04	10.00	0.039	10.00	0.039

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra la gráfica correspondiente al espectro de diseño para la dirección X, Y respectivamente.

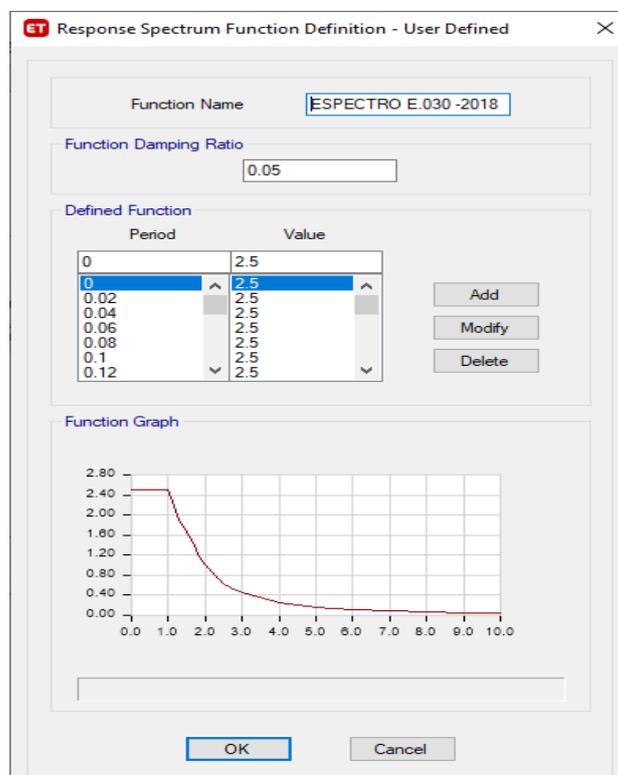
Figura 28: Espectro de diseño dirección X-X.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado el espectro de respuesta, lo ingresamos en el programa para un amortiguamiento del 5%, tal como se muestra en la figura 34.

Figura 29: Vista del espectro sísmico de diseño norma E.030.



Fuente: Etabs v18.1.1

A. CORTANTE DINÁMICO EN LA BASE.

La fuerza cortante basal dinámica en la base del edificio para cada dirección del sismo (X, Y) se obtuvo mediante el programa ETABS 2018, al incorporar el espectro de diseño para perfil de suelo S3 al edificio, teniendo como resultado lo siguiente.

Tabla 24: Cortante dinámica en la base de la edificación obtenida de ETABS.

EDIFICIO	V DINAMICO (Tn.f)	
	SISMO X	SISMO Y
PISO 1	432.630	432.620

Fuente: Elaboración propia.

B. FUERZA CORTANTE MINIMA.

La fuerza cortante basal dinámica calculada por este método para cada dirección de análisis será:

- (V dinámico \geq 90% V estático) para estructuras irregulares
- (V dinámico \geq 80% V estático) para estructuras regulares.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir con los mínimos señalados en la norma E.030 (por lo menos 90% u 80% del cortante estático), se deberá escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos. Si se cumple con lo especificado en la norma E.030 el factor de escala será F.E. = 1 caso contrario se escalarán los resultados.

3.16.5. ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO TIEMPO – HISTORIA.

Para este análisis al no contar con registros sísmicos de la zona del proyecto en estudio, se utilizó tres registros de aceleraciones con dos componentes ortogonales cada uno, tal como lo estipula la norma E030, los acelerogramas del sismo de Ica 2007, sismo de Ancash 1970 y sismo de Lima 1974 obtenidos de la página web del Instituto Geofísico del Perú, los cuales se han escalado al espectro elástico de la zona donde se ubica la edificación con $R=1$, mediante el software SeismoMatch 2022 considerado un amortiguamiento del 5%.

Con los acelerogramas escalados se procedió a realizar el análisis de la estructura en el ETABS para cada modelo estudiado en esta tesis, es importante

indicar que; las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las derivas (distorsiones) de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis.

3.16.5.1. ESCALAMIENTO DE LOS ACELEROGRAMAS AL ESPECTRO OBJETIVO CON R=1.

Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo se escalan los acelerogramas con el programa SeismoMatch y se construye un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con 5% de amortiguamiento. Ambas componentes se escalan por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre $0,2 T$ y $1,5 T$ (siendo T el período fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada según el numeral 29.2 con $R = 1$.

El espectro elástico de diseño se elabora en función de los parámetros sísmicos reales de la edificación calculados anteriormente, con la diferencia que el coeficiente de reducción sísmica será $R=1$. Se escalan los acelerogramas para que sean compatibles con el espectro de respuesta elástica y con la aceleración sísmica de cálculo de la zona de estudio, para introducirlos en el análisis y diseño estructural. Los datos necesarios para realizar el escalamiento son los siguientes.

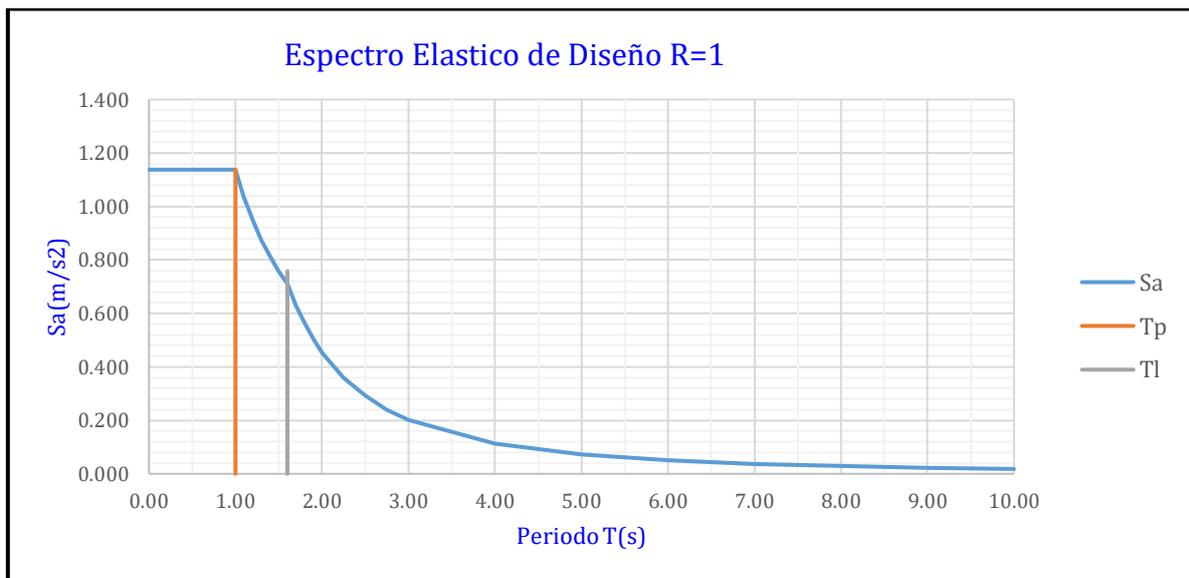
Tabla 25: Valores para el escalamiento de acelerogramas.

VALORES PARA EL ESCALAMIENTO	
Periodo fundamental de la estructura.	$T=0.718$
Rango de escalamiento (según norma el rango de periodos va desde $0.2T$ a $1.5T$).	0.144 a 1.077
Espectro elástico de diseño de la norma E.030 -2018, con $R=1$	$R=1$

Fuente: Elaboración propia.

Con los parámetros de la tabla N°21 graficaremos el espectro de pseudo aceleración “ S_a ” con un factor de reducción $R=1$, por lo que el espectro objetivo quedara como se muestra a continuación.

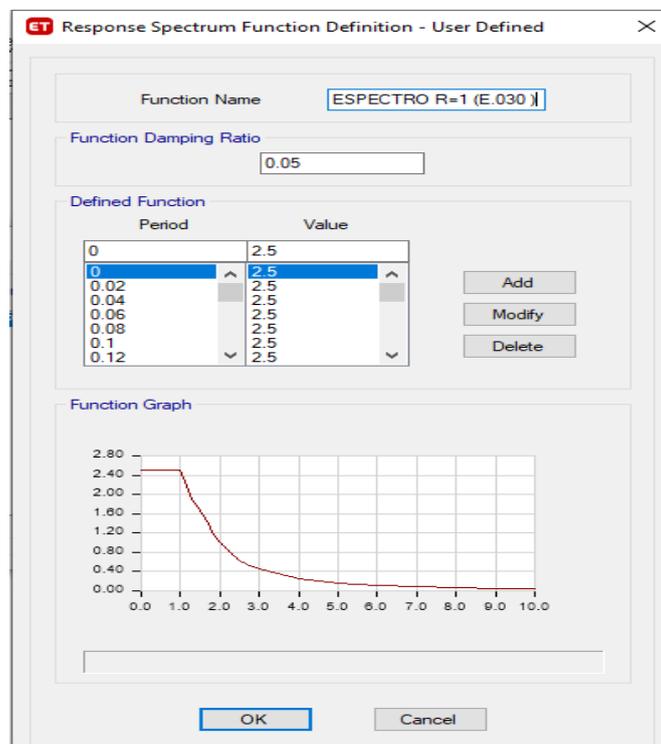
Figura 30: Espectro elástico de diseño E030-2018 con $R=1$.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez calculado el espectro de pseudo aceleración con $R=1$, lo ingresamos en el programa para un amortiguamiento del 5% tal como se muestra en la figura 33, es decir, se sigue el mismo procedimiento que se realizó para el análisis sísmico dinámico modal espectral.

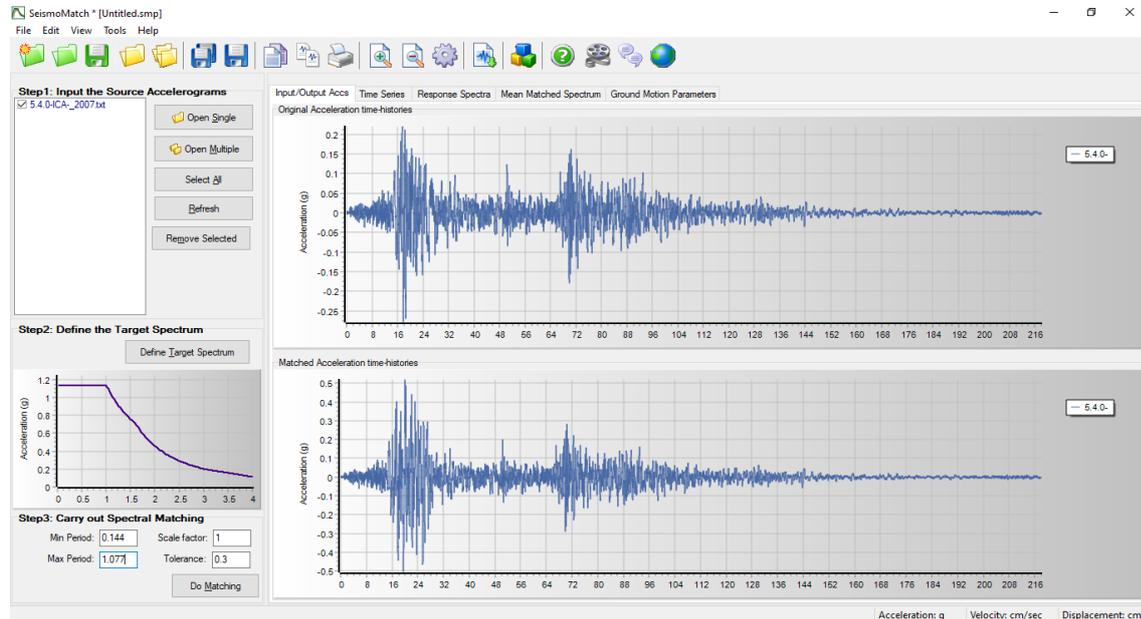
Figura 31: Vista del espectro sísmico de diseño con $R=1$ norma E.030.



Fuente: Etabs v18.1.1

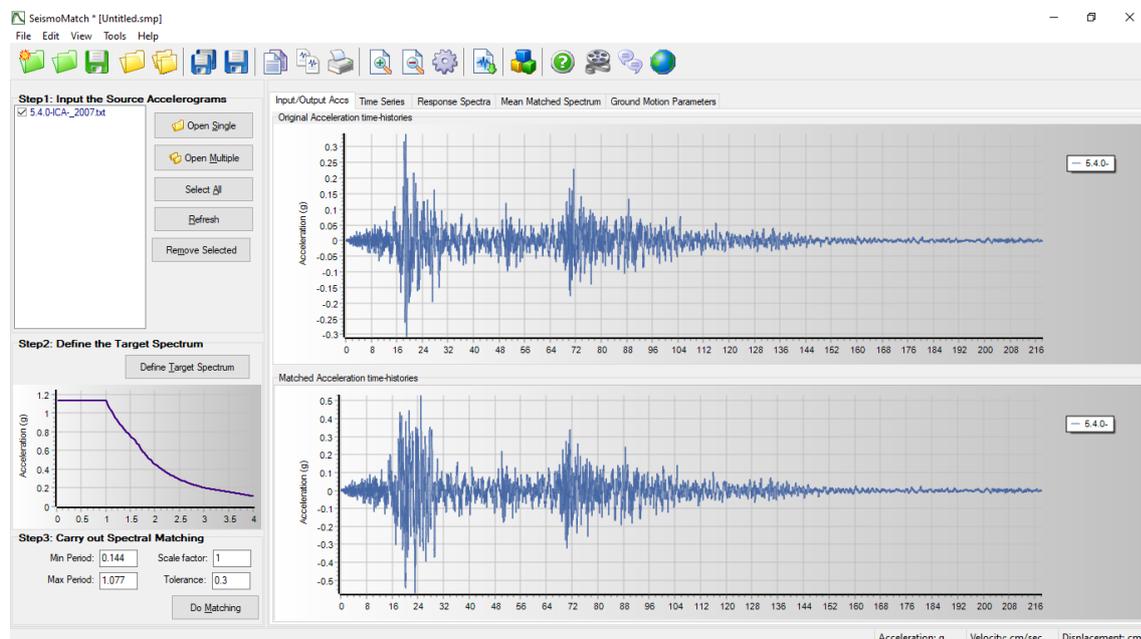
Luego con ayuda del programa SeismoMatch 2022 se procedió a escalar cada uno de los acelerogramas y los resultados se pueden observar a continuación.

Figura 32: Acelerograma original y escalado del sismo de Ica 2007 dirección E-O.



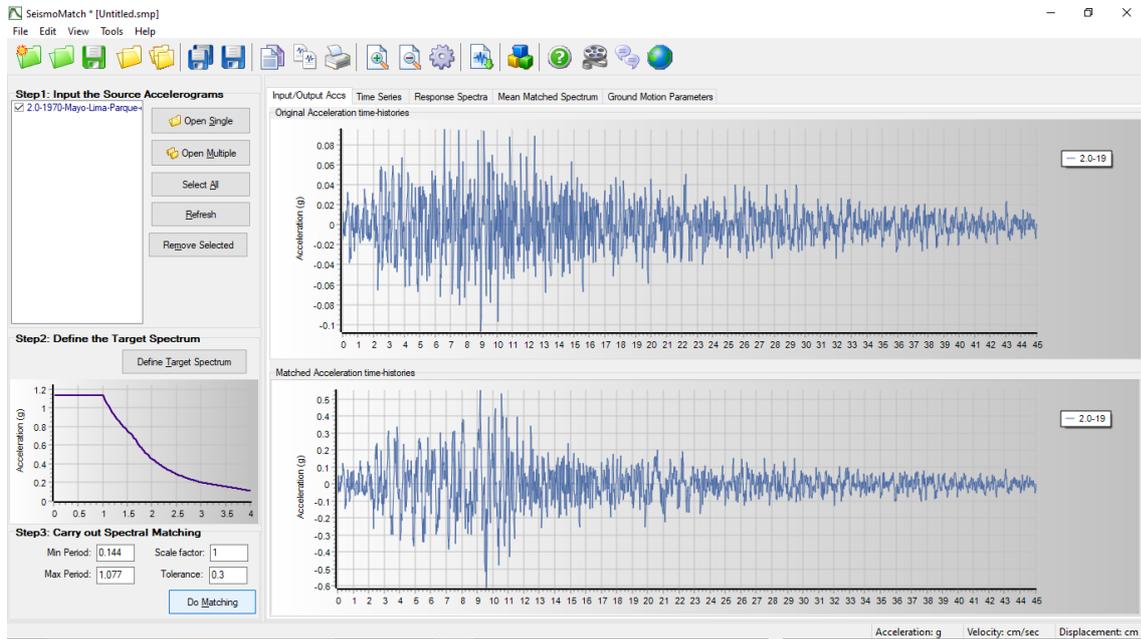
Fuente: SeismoMatch.

Figura 33: Acelerograma original y escalado del sismo de Ica 2007 dirección N-S.



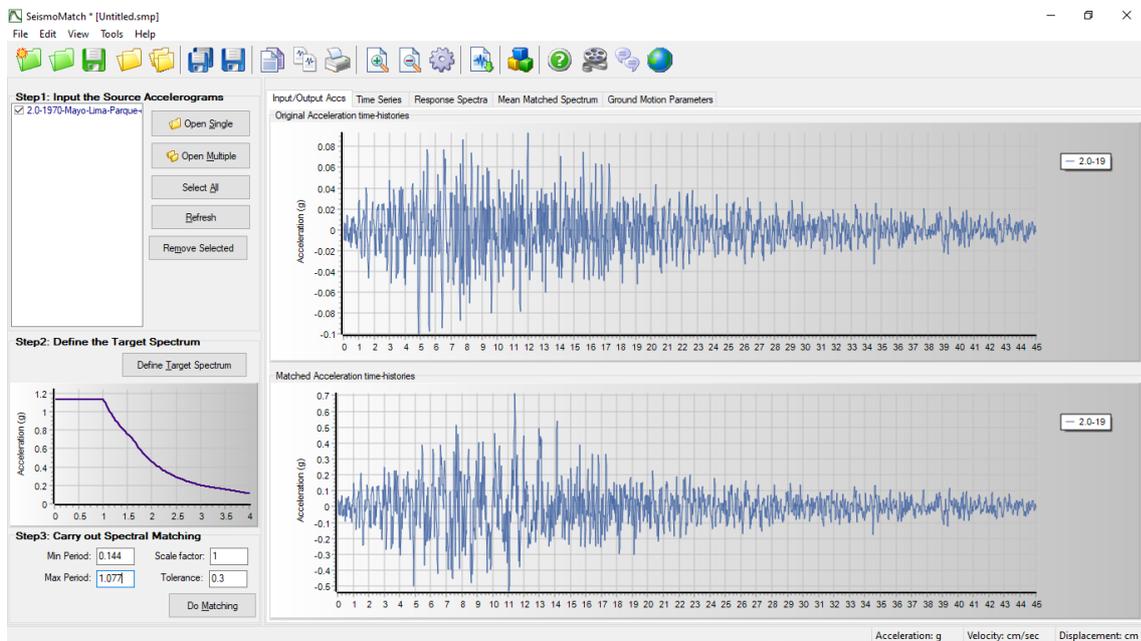
Fuente: SeismoMatch.

Figura 34: Acelerograma original y escalado del sismo de Ancash 1970 dirección E-O.



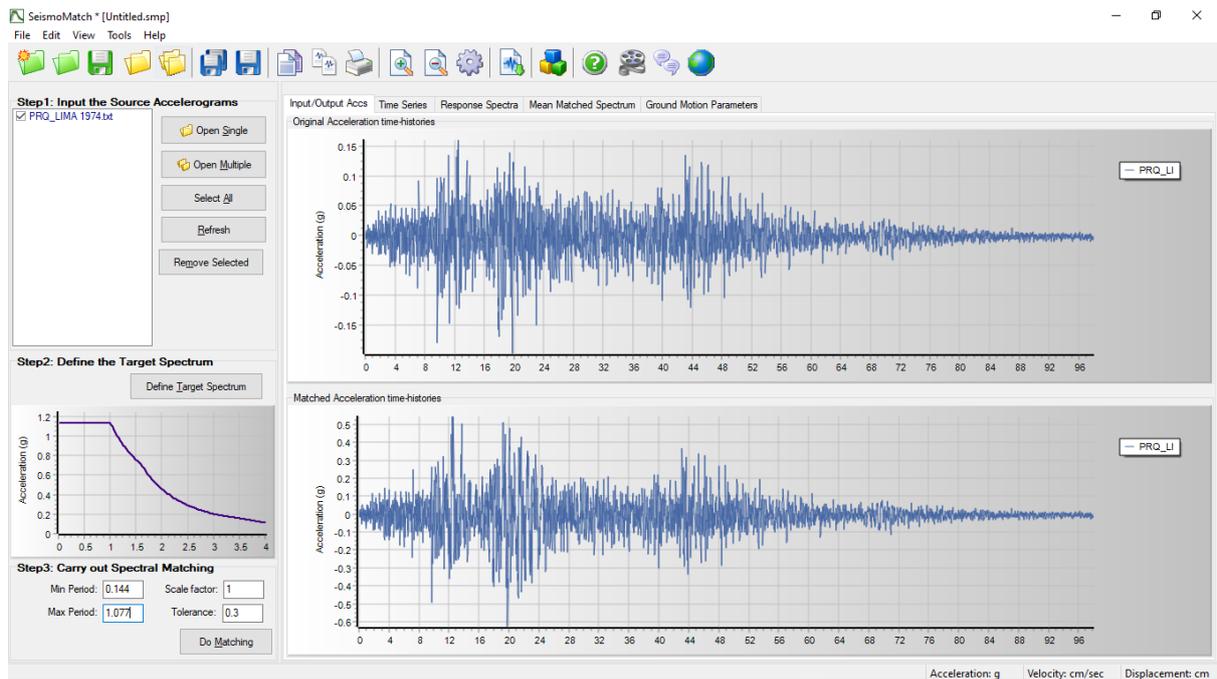
Fuente: SeismoMatch.

Figura 35: Acelerograma original y escalado del sismo de Ancash 1970 dirección N-S.



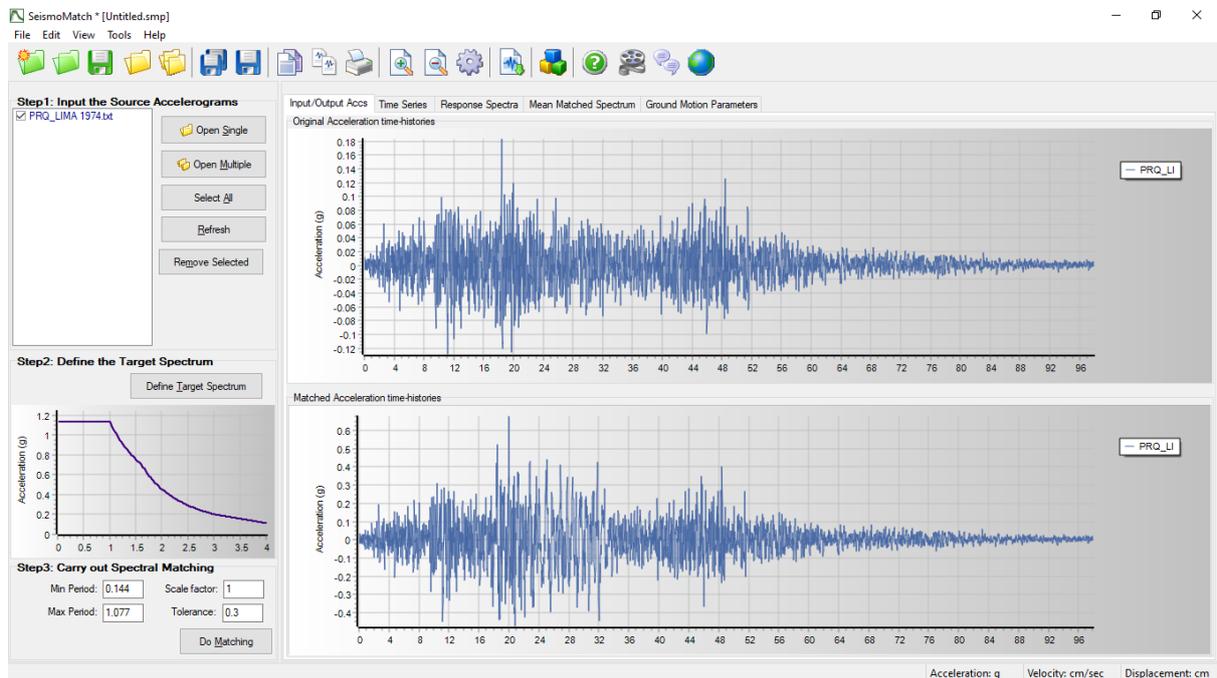
Fuente: SeismoMatch.

Figura 36: Acelerograma original y escalado del sismo de Lima 1974 dirección E-O.



Fuente: SeismoMatch.

Figura 37: Acelerograma original y escalado del sismo de Lima 1974 dirección N-S.



Fuente: SeismoMatch.

Acelerograma escalado del sismo de Ica 2007 dirección E-O.

Time Series from Matched Accelerogram			
Time (s)	Acc (g)	Vel (cm/sec)	Disp (cm)
0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
0.01000	0.00068	0.00334	0.00001
0.02000	0.00126	0.01288	0.00009
0.03000	0.00022	0.02017	0.00026
0.04000	-0.00009	0.02084	0.00047
0.05000	0.00151	0.02784	0.00070
0.06000	0.00355	0.05268	0.00108
0.07000	0.00474	0.09337	0.00181
0.08000	0.00554	0.14379	0.00298
0.09000	0.00615	0.20113	0.00470
0.10000	0.00550	0.25827	0.00701
0.11000	0.00352	0.30251	0.00983
0.12000	0.00233	0.33120	0.01301
0.13000	0.00336	0.35909	0.01645
0.14000	0.00502	0.40019	0.02023
0.15000	0.00493	0.44902	0.02448
0.16000	0.00313	0.48856	0.02918
0.17000	0.00154	0.51145	0.03419
0.18000	0.00136	0.52567	0.03938
0.19000	0.00233	0.54375	0.04472

Obtenido los acelerogramas escalados para las dos direcciones horizontales, se procedió a realizar el análisis sísmico tiempo – historia del edificio en el ETABS para cada uno de los modelos, de acuerdo a lo estipulado en la norma E-030 2018 - Diseño Sismorresistente.

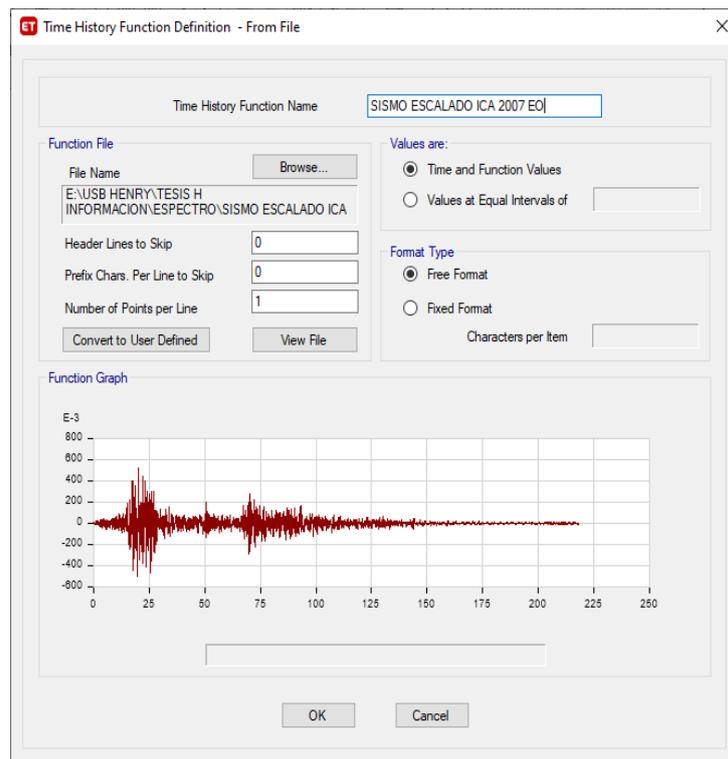
3.16.5.2. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

Para realizar el análisis sísmico dinámico tiempo – historia, utilizamos el modelo del análisis sísmico dinámico, con toda sus definiciones y parámetros; luego incorporamos la función Tiempo - Historia para el análisis de acuerdo a la norma E-030 - 2018.

3.16.5.2.1. DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN TIEMPO – HISTORIA.

Se carga la función Tiempo - Historia para el análisis en el ETABS, tal como se puede visualizar en la figura 43.

Figura 38: Definición de la función tiempo - historia para el sismo de Ica del 2007.



Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.5.2.2. DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE CARGA.

Definimos los estados de carga sísmica dinámica Tiempo – Historia que actúan en el edificio para el análisis en las direcciones X e Y. Por cada registro sísmico se tiene dos casos de carga, debido a que cada registro tiene dos componentes ortogonales una en la dirección EO y la otra en la dirección NS.

➤ **CASO 1:** ANALISIS TH-EOX-NSY

Cuando a la estructura se somete a la acción dinámica simultánea en la dirección X e Y de tal forma que, la componente E-O del sismo actuará en la dirección X y la componente N-S del sismo, actuará en la dirección Y.

➤ **CASO 2:** ANALISIS TH-NSX-EOY

Cuando a la estructura se somete a la acción dinámica simultánea en la dirección X e Y de tal forma que, la componente N-S del sismo actuará en la dirección X y la componente E-O del sismo actuará en la dirección Y.

En la figura 44, se muestra el estado de carga para el caso 1.

Figura 39: Definición de Casos de Carga TH- ICA EOX – NSY.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SISMO ESCALADO ...	1
Acceleration	U2	SISMO ESCALADO ...	1

Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.6. ANALISIS SISMICO CON INTERACCION SUELO – ESTRUCTURA.

Para realizar el análisis sísmico considerando la Interacción Suelo-Estructura, liberamos los apoyos en la base de la estructura; definimos y asignamos las propiedades de los elementos estructurales de la subestructura, es decir, incorporamos los coeficientes de rigidez del suelo de cimentación en la dirección X, Y, Z, también alrededor del eje X y del eje Y, restringiendo el giro alrededor del eje Z, según sea el caso. Para realizar el cálculo de las rigideces utilizamos los modelos dinámicos propuestos por D.D Barkan – O.A. Savinov, A.E. Sargian, N.G. Shariya y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87.

A. PROPIEDADES DEL SUELO DE FUNDACION.

Para realizar los cálculos de los coeficientes de rigidez del suelo de fundación a través de los modelos dinámicos se ha utilizado los resultados obtenidos del Estudio de Mecánica de Suelos, la información se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 26: Propiedades del suelo de fundación.

PROPIEDADES DEL SUELO	VALORES
Tipo de suelo	MH (Limo inorgánico de alta compresibilidad)
Cohesión	$C=0.22 \text{ Kg/cm}^2$
Peso específico húmedo	$\gamma_H=1.80 \text{ gr/cm}^3$
Contenido de humedad	$W=27.30 \%$
Limite líquido	$LL=57 \%$
Índice de plasticidad	$IP=26 \%$
Módulo de poisson	$\mu_s = 0,33$
Coefficiente de balasto	1.95 kg/cm^3
Angulo de fricción interna	$\phi' = 9.7^\circ$
Capacidad portante	$q_{adm} = 0.86 \text{ Kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad	$E_s = 150 \text{ kg/cm}^2$
Profundidad de cimentación	$D_f = 3 \text{ m}$

Fuente: Elaboración propia.

Además, para el edificio en estudio, se tiene una platea de cimentación con dimensiones de 13 x 7.80 x 0.70 m según los planos existentes.

- **CÁLCULO DE MASAS DE LA PLATEA DE CIMENTACION.**

Las masas traslacionales respecto a los ejes centroidales X, Y, Z y las masas rotacionales respecto a los ejes de contacto suelo-platea, indicados como X', Y', Z', se calculan con las ecuaciones 4 a la 7 como una lámina rectangular delgada y tomando como referencia las dimensiones de la figura 8.

Para la platea de cimentación de 7.8x13m

Tabla 27: Resumen de masas de la platea de cimentación.

M_x ($\text{Tn.s}^2/\text{m}$)	M_y ($\text{Tn.s}^2/\text{m}$)	M_z ($\text{Tn.s}^2/\text{m}$)	$M_{\phi x'}$ ($\text{Tn.s}^2.\text{m}$)	$M_{\phi y'}$ ($\text{Tn.s}^2.\text{m}$)	$M_{\psi y'}$ ($\text{Tn.s}^2.\text{m}$)
17.365	17.365	17.365	246.686	90.168	332.600

Fuente: Elaboración propia.

3.16.6.1. MODELO DINÁMICO D.D. BARKAN – O.A. SAVINOV.

Para este análisis se empleará las fórmulas y parámetros dados en el ítem 2.2.10.1. de la presente tesis, las cuales se utilizaron para obtener los coeficientes de rigidez de la estructura en estudio.

Determinamos los coeficientes de rigidez K_x , K_y , K_z , $K_{\phi x}$, $K_{\phi y}$ con las fórmulas 8 a la 11.

Tabla 28: Coeficientes de rigidez para la platea de cimentación – Barkan.

MODELO DINÁMICO	COEFICIENTES DE RIGIDEZ				
	K_x (Tn/m)	K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\phi x}$ (Tn.m)	$K_{\phi y}$ (Tn.m)
BARKAN	210724.201	210724.201	262618.967	3717439.880	1335558.279

Fuente: Elaboración propia.

3.16.6.2. MODELO DINÁMICO NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87.

Para este modelo se utilizaron las fórmulas y parámetros dados en el ítem 2.2.10.2. de la presente tesis, las cuales se utilizaron para obtener los coeficientes de rigidez de la edificación en estudio.

Cálculo de los coeficientes de rigidez K_x , K_y , K_z , $K_{\phi x}$, $K_{\phi y}$, $K_{\psi z}$ por las ecuaciones 18 a la 22.

Tabla 29: Coeficientes de rigidez para la platea de cimentación - Norma Rusa.

MODELO DINÁMICO	COEFICIENTES DE RIGIDEZ					
	K_x (Tn/m)	K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\phi x}$ (Tn.m)	$K_{\phi y}$ (Tn.m)	$K_{\psi y}$ (Tn.m)
NORMA RUSA	167886.642	167886.642	239838.060	6755438.689	2431957.928	4593698.309

Fuente: Elaboración propia.

3.16.6.3. MODELO DINÁMICO A.E. SARGSIAN.

Para realizar este análisis se utilizó las fórmulas y parámetros dados en el ítem 2.2.10.3. de la presente tesis, las cuales se utilizaron para obtener los coeficientes de rigidez de la edificación en estudio.

Cálculo de los coeficientes de rigidez K_x , K_y , K_z , $K_{\phi x}$, $K_{\phi y}$, $K_{\psi z}$ por las fórmulas 37 a la 41.

Tabla 30: Coeficientes de rigidez para la platea de cimentación – Sargsian.

MODELO DINÁMICO	COEFICIENTES DE RIGIDEZ					
	K_x (Tn/m)	K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\phi x}$ (Tn.m)	$K_{\phi y}$ (Tn.m)	$K_{\psi y}$ (Tn.m)
SARGSIAN	21162.144	21162.144	19126.647	573751.606	206550.578	366339.054

Fuente: Elaboración propia.

3.16.6.4. MODELO DINÁMICO N.G. SHARIYA.

Para este modelo se empleará las fórmulas y parámetros dados en el ítem 2.2.10.4. de la presente tesis, los cuales se utilizaron para obtener los coeficientes de rigidez de la estructura de este proyecto.

Cálculo de los coeficientes de rigidez K_x , K_y , K_z , $K_{\phi x}$, $K_{\phi y}$, $K_{\psi z}$ por las ecuaciones 49 a la 53.

Tabla 31: Coeficientes de rigidez para la platea de cimentación – Shariya.

MODELO DINÁMICO	COEFICIENTES DE RIGIDEZ					
	K_x (Tn/m)	K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\phi x}$ (Tn.m)	$K_{\phi y}$ (Tn.m)	$K_{\psi z}$ (Tn.m)
SHARIYA	7352.754	7352.754	19558.327	761873.122	274274.324	1036147.446

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 32 se presentan los coeficientes de rigidez para los cuatro modelos dinámicos que consideran la interacción suelo - estructura (Barkan, Norma Rusa, Sargsian y Shariya).

Tabla 32: Resumen de los coeficientes de rigidez para los cuatro modelos dinámicos.

MODELO DINÁMICO	COEFICIENTES DE RIGIDEZ					
	K_x (Tn/m)	K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\phi x}$ (Tn.m)	$K_{\phi y}$ (Tn.m)	$K_{\psi z}$ (Tn.m)
BARKAN	310762.186	310762.186	387293.172	7437789.329	2391993.048	-
NORMA RUSA	167886.642	167886.642	239838.060	6755438.689	2431957.928	4593698.309
SARGSIAN	21162.144	21162.144	19126.647	573751.606	206550.578	366339.054
SHARIYA	7352.754	7352.754	19558.327	761873.122	274274.324	1036147.446

Fuente: Elaboración propia.

3.16.6.5. MODELO DE WINKLER O COEFICIENTE DE BALASTO.

Con este modelo se realizará el análisis sísmico estático con interacción suelo estructura. Para determinar el coeficiente o módulo de balasto se utilizó la tabla 1 (Tabla UPC, Nelson Morrison), indicando que solo se tendrá un coeficiente de rigidez en la dirección Z y se obtuvo el siguiente resultado:

- Como nuestra capacidad portante (esfuerzo admisible) del terreno es: $q_a = 0.86$ kgf/cm², interpolando tenemos.

$$\text{Coeficiente de balasto (winkler)} = \mathbf{K1} = \mathbf{Cz} = \frac{1.95\text{kgf}}{\text{cm}^3} = \mathbf{1950 \text{ Tn/m}^3}$$

Cálculo de la rigidez equivalente vertical K_z , por coeficiente de balasto.

$$k_z = \mathbf{K1} * \text{Acimentacion}$$

Tabla 33: Rigidez para el análisis sísmico estático - balasto vertical.

ELEMENTO	DIMENSION		AREA (m ²)	COEF. BALASTO (Tn/m ³)	COEF. RIGIDEZ EQUIVALENTE KZ (Tn/m)	PUNTOS A APLICAR	COEF. RIGIDEZ ETABS (Tn/m)
	A(m)	B(m)					
PLATEA	13	7.8	101.40	1950	197730	416	475.313

Fuente: Elaboración propia.

3.16.7. MODELAMIENTO DEL EDIFICIO CON ISE.

Para la modelación del edificio, se tomó como referencia los modelamientos realizados para el análisis sísmico estático, dinámico y tiempo – historia, incorporando la dimensión de la platea, las masas y los coeficientes de rigidez del suelo de fundación para los modelos Barkan, Norma Rusa, Sargsian y Shariya.

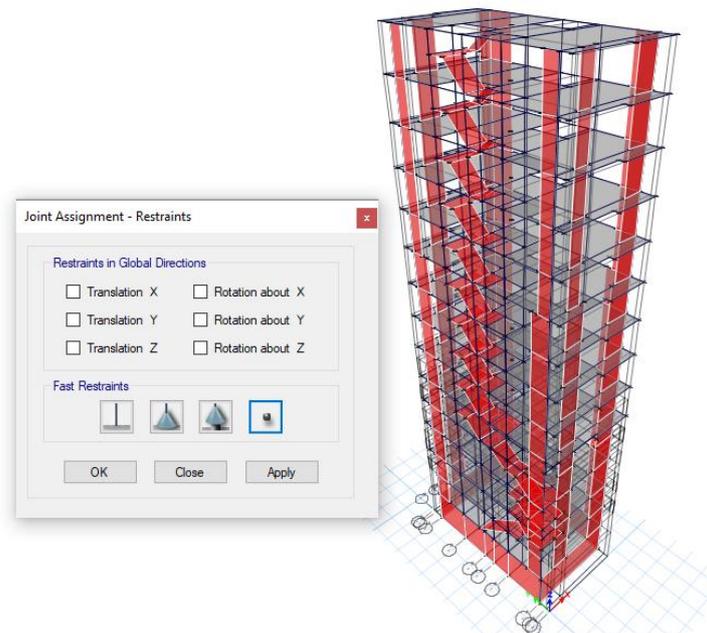
Las masas y coeficientes de rigidez calculados se incorporan en el programa ETABS para el análisis, mediante la aplicación de un punto en el centroide de la platea, cabe mencionar que los coeficientes de rigidez se definen incorporando un resorte que simula las características elásticas del suelo de fundación, que será repartida en toda el área de la platea.

Para el modelo dinámico Barkan se asignaron en el centroide de la platea los cinco coeficientes de rigidez K_x , K_y , K_z , $K\phi_x$ y $K\phi_y$ debido a que tiene restricción en el giro respecto al eje Z y para los modelos dinámicos Norma Rusa, Sargsian y Shariya se asignaron en el centroide de la platea, todos los seis coeficientes de rigidez K_x , K_y , K_z , $K\phi_x$, $K\phi_y$ y $K\psi_z$.

3.16.7.1. LIBERACION DEL EMPOTRAMIENTO EN LA BASE.

Partiendo del modelo empotrado se libera las bases para incorporar la platea de cimentación como se muestra a continuación.

Figura 40: Liberación del empotramiento en la base.



Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.7.2. DEFINICION Y ASIGNACION DE LA PLATEA DE CIMENTACION.

Para asignar la platea se crear su respectivo material y sección, para finalmente dibujarlo en ETABS según las dimensiones que muestra el plano de estructuras de la edificación.

La cimentación tiene que ser analizada como un cuerpo absolutamente rígido, para ello se debe de asignar las siguientes características.

- Módulo de elasticidad $E_{\text{cimentación}} = 9 \cdot 10^8 \text{ Tn/m}^2$
- Coeficiente de Poisson $\mu_{\text{cimentación}} = 0.05$

Figura 41: Definición del material de la platea de cimentación.

Material Property Data

General Data

Material Name: PLATEA

Material Type: Other

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Cyan] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 9E8 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.05

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 428571428.57 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

Fuente: Etabs v18.1.1

Figura 42: Asignación de la sección de la platea.

Slab Property Data

General Data

Property Name: PLATEA h=0.70m

Slab Material: PLATEA

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

Modeling Type: Shell-Thick

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

Display Color: [Dark Grey] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Slab

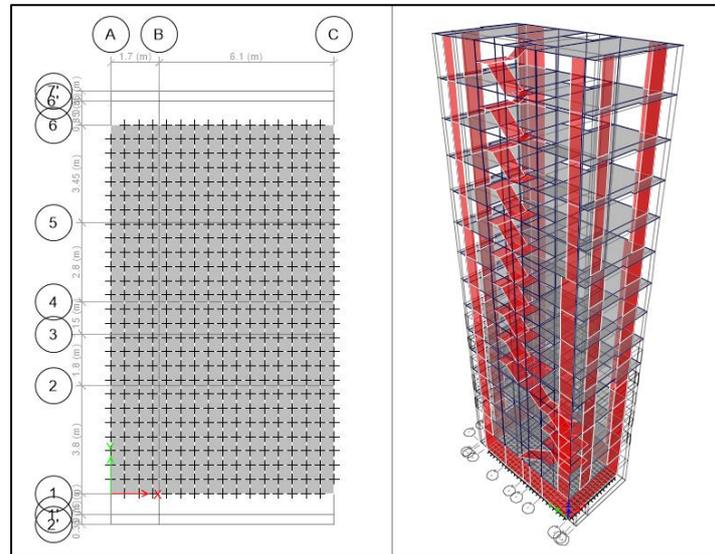
Thickness: 0.7 m

OK Cancel

Fuente: Etabs v18.1.1

Una vez definido las propiedades y dibujada la cimentación se procede a discretizarlo en áreas de 0.50X0.50m en ambas direcciones, en cada m2 se le coloca un elemento resorte (Área Springs, ETABS).

Figura 43: Platea de cimentación dibujada en planta y vista en 3d.

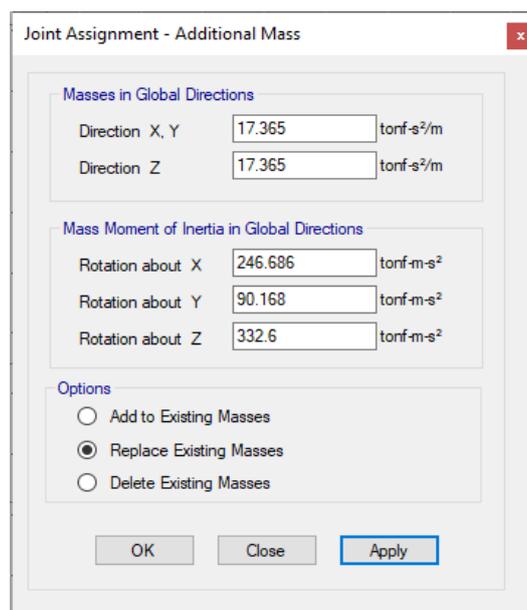


Fuente: Etabs v18.1.1

3.16.7.3. DEFINICION Y ASIGNACION DE MASAS.

Se asignan las masas traslacionales y rotacionales en el centroide de la platea de cimentación en el ETABS, dichas masas se muestran en la tabla 27.

Figura 44: Definición de masas en la dirección x, y, z.



Fuente: Etabs v18.1

3.16.7.4. DEFINICION Y ASIGNACION DE LOS COEFICIENTES DE RIGIDEZ.

Asignación de los coeficientes de rigidez en el centroide de la platea en cinco grados de libertad en (ETABS), dichos coeficientes se muestran en la tabla 32.

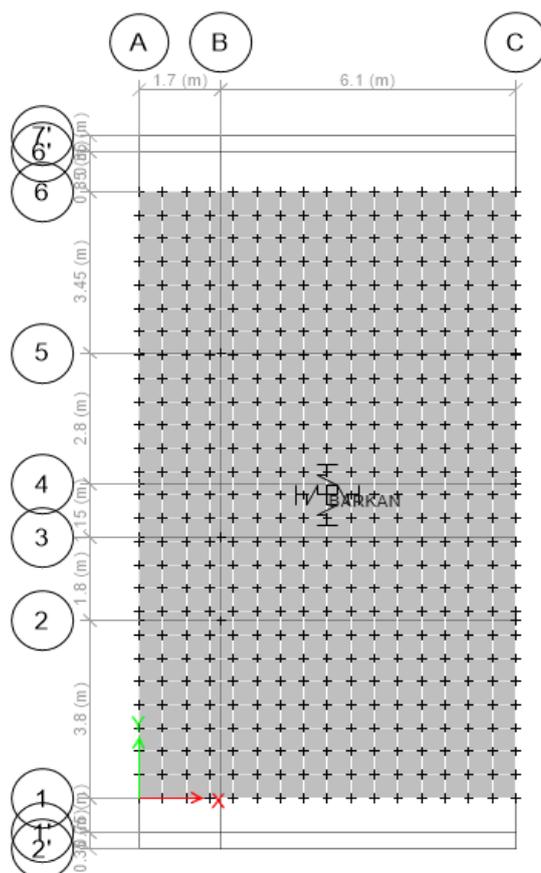
Figura 45: Asignación de los coeficientes de rigidez para el modelo Barkan.

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle

Fuente: Etabs v18.1

De manera análoga se procede para los demás modelos dinámicos Norma Rusa, Sargsian y Shariya, con la diferencia que para estos se asignaron todos los seis coeficientes de rigidez (seis grados de libertad de la cimentación).

Figura 46: Definición y asignación del resorte (spring) en la platea de cimentación.



Fuente: Etabs v18.1.1

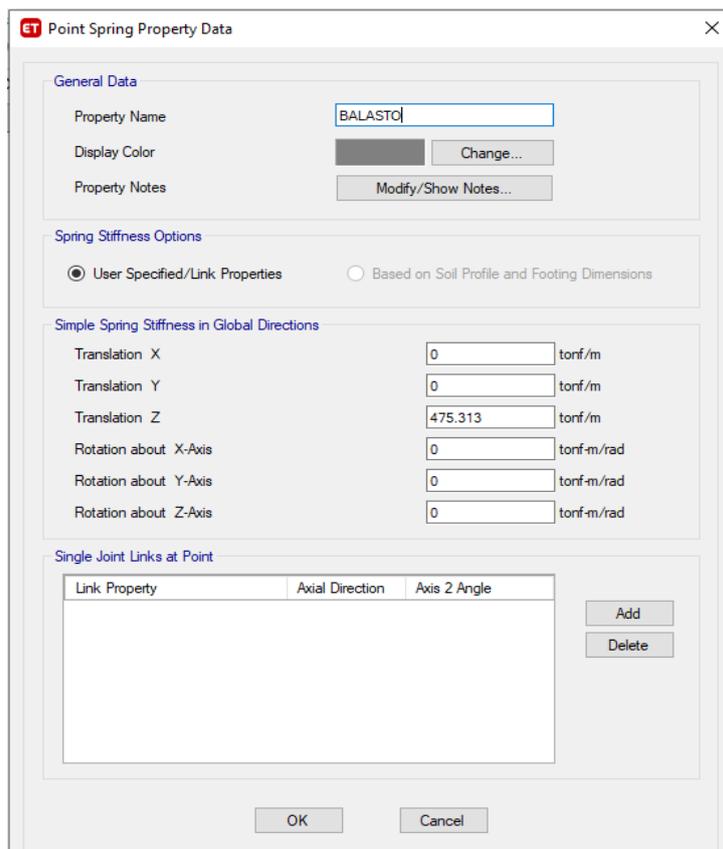
3.16.8. MODELAMIENTO DEL EDIFICIO CON COEFICIENTE DE BALASTO.

Se procede a definir las propiedades de los materiales y la sección de la platea de la misma forma como se hizo para los modelos dinámicos, analizando la cimentación (platea) como un cuerpo absolutamente rígido. Una vez definido las propiedades y dibujada la cimentación se procede a discretizarlo en áreas de 0.50X0.50m en las dos direcciones.

3.16.8.1. ASIGNACION DE LOS COEFICIENTES DE RIGIDEZ.

Aquí se ingresa el coeficiente de balasto vertical sobre la platea de cimentación, el módulo o coeficiente se distribuye sobre toda el área de la cimentación en forma de resorte, en cada m² se le coloca un elemento resorte (Área Springs en ETABS).

Figura 47: Asignación de los coeficientes de rigidez del Balasto vertical.



Fuente: Etabs v18.1.1

Ingresados los coeficientes en la platea liberamos el empotramiento en la base y asignamos las restricciones excepto la traslación en Z, luego se corre el programa y se analiza.

3.17. PRESENTACION DE RESULTADOS.

A. RESULTADOS DEL EDIFICIO CON Y SIN INTERACION SUELO - ESTRUCTURA.

En este capítulo se muestra los resultados del análisis estático (tradicional o empotrado) y los modelos dinámicos de Interacción suelo - estructura, los cuales se obtuvieron por medio del programa ETABS. Los parámetros evaluados son las variaciones de los desplazamientos, las distorsiones, los periodos y las fuerzas internas máximas de la estructura; los elementos tomados como prototipo para este estudio son la columna C9, la viga V6 y la placa PL- 6.

3.17.1. RESULTADOS DEL ANALISIS SISMICO ESTATICO.

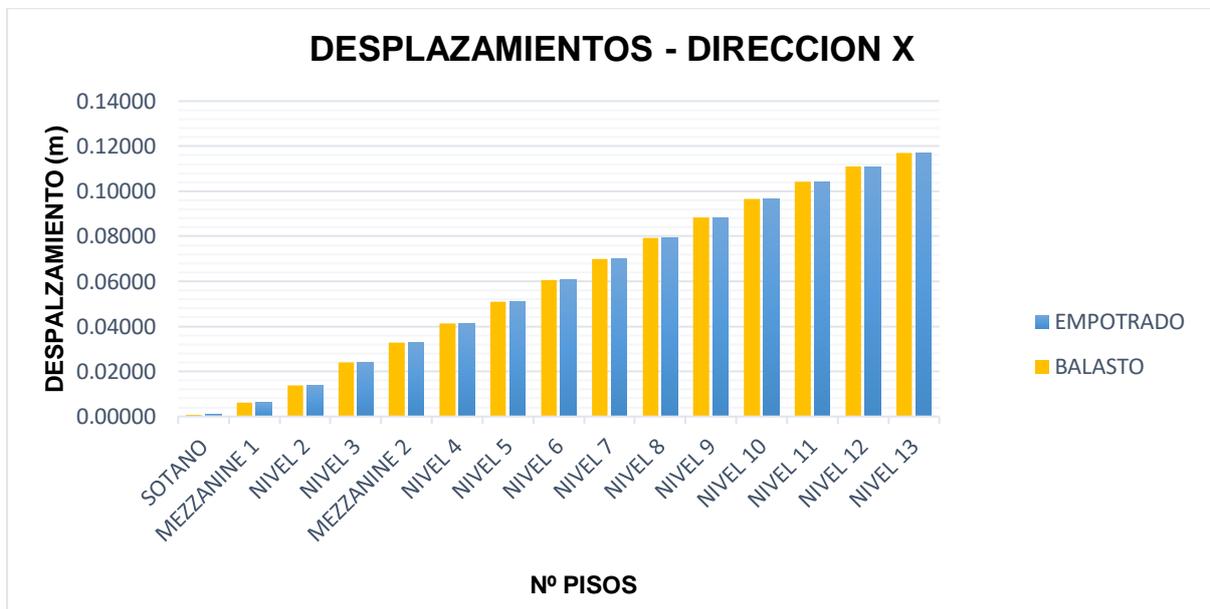
3.17.1.1. DESPLAZAMIENTOS LATERALES.

Tabla 34: Desplazamientos laterales en dirección X con análisis estático.

PISOS	DESPLAZAMIENTO MAX. (m) SISMO X	
	EMPOTRADO	BALASTO
NIVEL 13	0.11695	0.11697
NIVEL 12	0.11098	0.11099
NIVEL 11	0.10420	0.10422
NIVEL 10	0.09659	0.09661
NIVEL 9	0.08820	0.08822
NIVEL 8	0.07916	0.07918
NIVEL 7	0.07003	0.07004
NIVEL 6	0.06061	0.06062
NIVEL 5	0.05098	0.05099
NIVEL 4	0.04130	0.04131
MEZZANINE 2	0.03272	0.03272
NIVEL 3	0.02412	0.02413
NIVEL 2	0.01377	0.01377
MEZZANINE 1	0.00614	0.00614
SOTANO	0.00084	0.00084

Fuente: Elaboración propia.

Figura 48: Desplazamientos en dirección X con análisis estático.



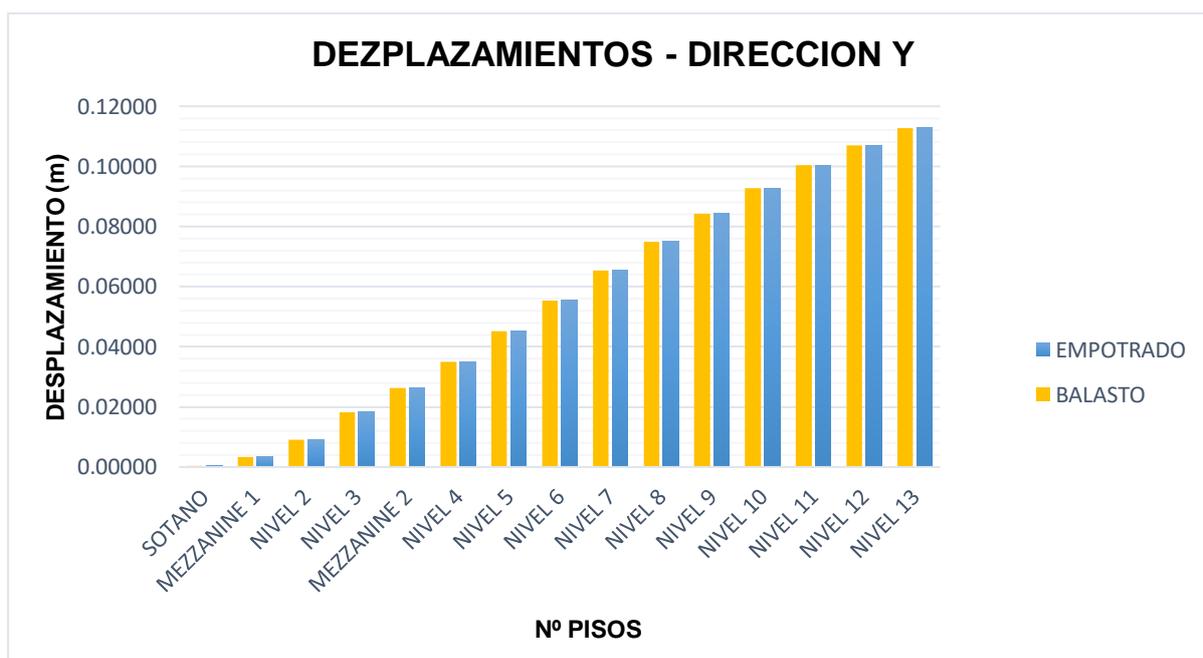
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Desplazamientos laterales en dirección Y con análisis estático.

PISOS	DESPLAZAMIENTO MAX. (m) SISMO Y	
	EMPOTRADO	BALASTO
NIVEL 13	0.11282	0.11283
NIVEL 12	0.10702	0.10703
NIVEL 11	0.10042	0.10043
NIVEL 10	0.09285	0.09286
NIVEL 9	0.08434	0.08435
NIVEL 8	0.07501	0.07502
NIVEL 7	0.06538	0.06538
NIVEL 6	0.05538	0.05539
NIVEL 5	0.04519	0.04519
NIVEL 4	0.03504	0.03505
MEZZANINE 2	0.02635	0.02636
NIVEL 3	0.01825	0.01825
NIVEL 2	0.00909	0.00909
MEZZANINE 1	0.00342	0.00342
SOTANO	0.00041	0.00041

Fuente: Elaboración propia.

Figura 49: Desplazamientos en dirección Y con análisis estático.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.1.1.1. VARIACION PORCENTUAL DE DESPLAZAMIENTOS

Tabla 36: Variación porcentual de desplazamientos máximos del análisis estático.

SISMO	DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS (m)	
	EMPOTRADO	BALASTO
X máx.	100%	100.02%
Y máx.	100%	100.01%

Fuente: Elaboración propia.

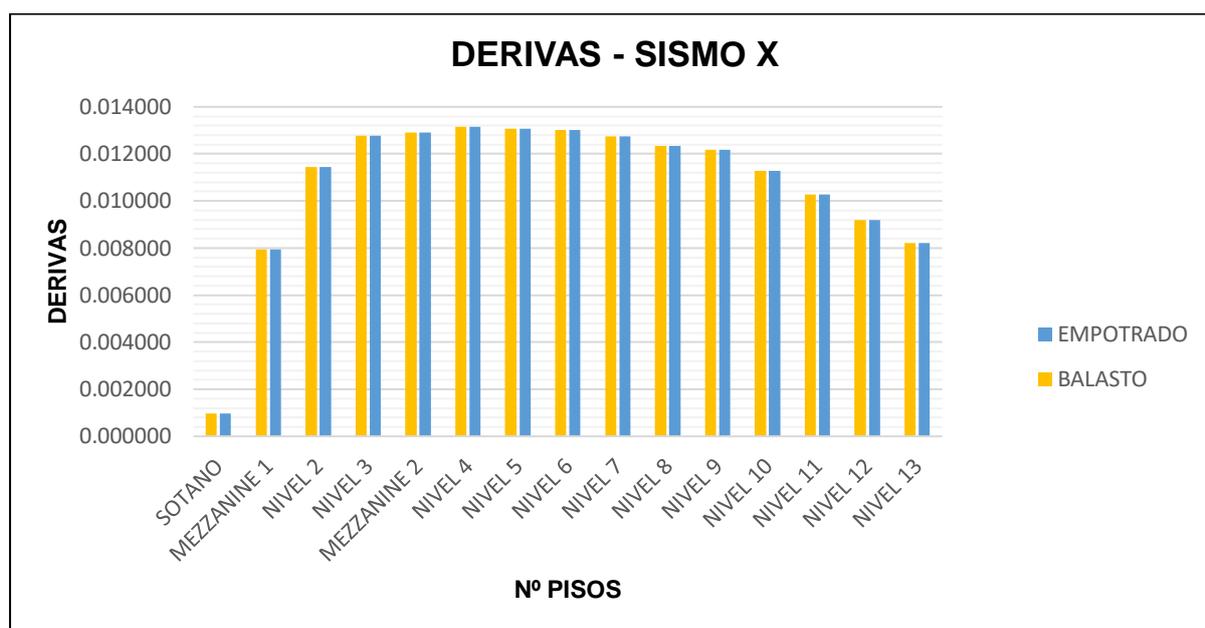
3.17.1.1.2. DERIVAS O DISTORSIONES DE ENTREPISO.

Tabla 37: Derivas de entrepiso en dirección X con análisis estático.

PISOS	DERIVAS Δ_i / h_{ei} SISMO X			
	EMPOTRADO	CONTROL ($\Delta < 0.007$)	BALASTO	CONTROL ($\Delta < 0.007$)
NIVEL 13	0.008206	NO CUMPLE	0.008207	NO CUMPLE
NIVEL 12	0.009195	NO CUMPLE	0.009196	NO CUMPLE
NIVEL 11	0.010266	NO CUMPLE	0.010268	NO CUMPLE
NIVEL 10	0.011292	NO CUMPLE	0.011293	NO CUMPLE
NIVEL 9	0.012180	NO CUMPLE	0.012182	NO CUMPLE
NIVEL 8	0.012350	NO CUMPLE	0.012352	NO CUMPLE
NIVEL 7	0.012741	NO CUMPLE	0.012743	NO CUMPLE
NIVEL 6	0.013014	NO CUMPLE	0.013016	NO CUMPLE
NIVEL 5	0.013061	NO CUMPLE	0.013062	NO CUMPLE
NIVEL 4	0.013158	NO CUMPLE	0.013159	NO CUMPLE
MEZZANINE 2	0.012905	NO CUMPLE	0.012907	NO CUMPLE
NIVEL 3	0.012783	NO CUMPLE	0.012785	NO CUMPLE
NIVEL 2	0.011451	NO CUMPLE	0.011453	NO CUMPLE
MEZZANINE 1	0.007949	NO CUMPLE	0.007951	NO CUMPLE
SOTANO	0.000977	CUMPLE	0.000980	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Figura 50: Derivas en dirección X con análisis estático.



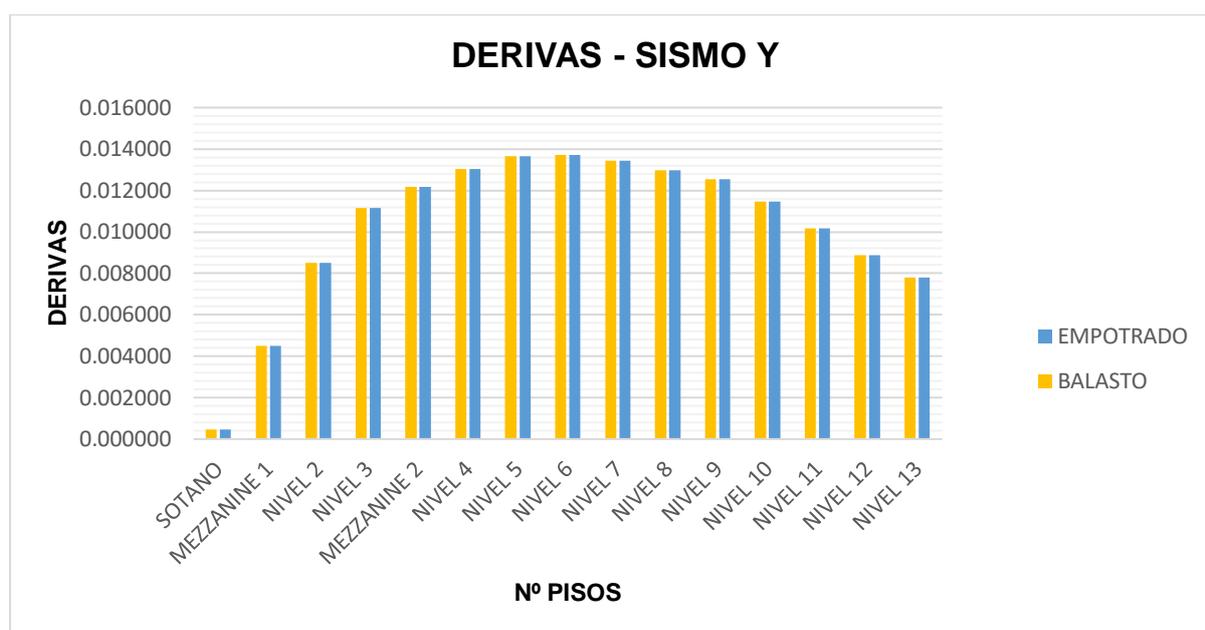
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Derivas de entrepiso en dirección Y con análisis estático.

PISOS	DERIVAS $\Delta i / h_{ei}$ SISMO Y			
	EMPOTRADO	CONTROL ($\Delta < 0.007$)	BALASTO	CONTROL ($\Delta < 0.007$)
NIVEL 13	0.007799	NO CUMPLE	0.007800	NO CUMPLE
NIVEL 12	0.008883	NO CUMPLE	0.008884	NO CUMPLE
NIVEL 11	0.010176	NO CUMPLE	0.010177	NO CUMPLE
NIVEL 10	0.011452	NO CUMPLE	0.011453	NO CUMPLE
NIVEL 9	0.012549	NO CUMPLE	0.012550	NO CUMPLE
NIVEL 8	0.012968	NO CUMPLE	0.012968	NO CUMPLE
NIVEL 7	0.013443	NO CUMPLE	0.013443	NO CUMPLE
NIVEL 6	0.013718	NO CUMPLE	0.013719	NO CUMPLE
NIVEL 5	0.013644	NO CUMPLE	0.013645	NO CUMPLE
NIVEL 4	0.013039	NO CUMPLE	0.013040	NO CUMPLE
MEZZANINE 2	0.012165	NO CUMPLE	0.012166	NO CUMPLE
NIVEL 3	0.011169	NO CUMPLE	0.011170	NO CUMPLE
NIVEL 2	0.008510	NO CUMPLE	0.008511	NO CUMPLE
MEZZANINE 1	0.004511	CUMPLE	0.004512	CUMPLE
SOTANO	0.000477	CUMPLE	0.000477	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Figura 51: Derivas en dirección Y con análisis estático.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.1.3. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN COLUMNAS.

Tabla 39: Variación porcentual de las fuerzas internas máximas en columna C9 para sismo en X con análisis estático.

FUERZAS INTERNAS MAX. COLUMNA C9 SISMO X							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANT E(Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENT O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
C9	EMPOTRADO	208.4895	100%	30.9580	100%	29.6177	100%
C9	BALASTO	208.4871	100.00%	30.9568	100.00%	29.6169	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Variación porcentual de las fuerzas internas máximas en columna C9 para sismo en Y con análisis estático.

FUERZAS INTERNAS MAX. COLUMNA C9 SISMO Y							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANT E(Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENT O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
C9	EMPOTRADO	218.7705	100%	6.6250	100%	4.2329	100%
C9	BALASTO	218.7716	100.00%	6.6254	100.01%	4.2332	100.01%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.1.4. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN VIGAS.

Tabla 41: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para sismo en X con análisis estático.

FUERZAS INTERNAS MAX. VIGA 6 SISMO X					
ELEMENTO	MODELO	CORTANTE(Tn)	% VARIACION Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VARIACION Mmax.
V6	EMPOTRADO	99.5230	100%	99.4834	100%
V6	BALASTO	99.5195	100.00%	99.4815	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para sismo en Y con análisis estático.

FUERZAS INTERNAS MAX. VIGA 6 SISMO Y					
ELEMENTO	MODELO	CORTANTE(Tn)	% VARIACION Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VARIACION Mmax.
V6	EMPOTRADO	25.1543	100%	14.0694	100%
V6	BALASTO	25.1613	100.03%	14.0717	100.02%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.1.5. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN PLACAS.

Tabla 43: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para sismo en X con análisis estático.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN PLACA PL6 SISMO X							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANTE (Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENT O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
PL6	EMPOTRADO	1103.3881	100%	70.1447	100%	532.4071	100%
PL6	BALASTO	1104.1602	100.07%	70.2225	100.11%	532.3971	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para sismo en Y con análisis estático.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN PLACA PL6 SISMO Y							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANTE (Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENT O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
PL6	EMPOTRADO	111.4087	100%	303.364	100%	1124.3424	100%
PL6	BALASTO	111.4052	100.00%	303.2106	99.95%	1124.2631	99.99%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.2. RESULTADOS DEL ANALISIS SISMICO DINAMICO MODAL ESPECTRAL.

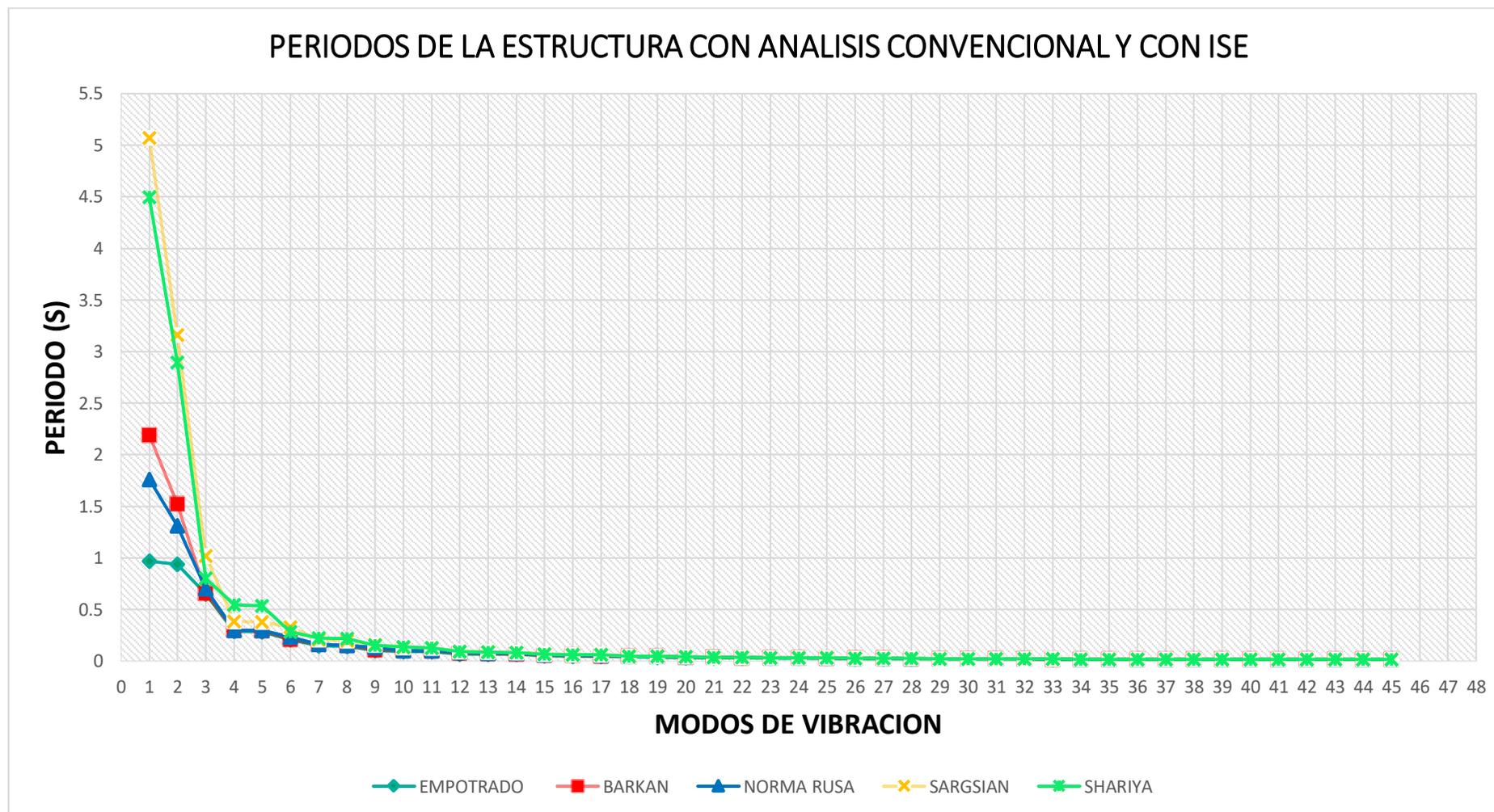
3.17.2.1. PERIODO DE VIBRACION.

Tabla 45: Periodos de vibración obtenidos con análisis convencional y con ISE para los modelos analizados.

CASO	MODO	PERIODO FUNDAMENTAL "T" (Seg)				
		EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
Modal	1	0.968	2.191	1.762	5.069	4.495
Modal	2	0.938	1.524	1.311	3.163	2.895
Modal	3	0.65	0.655	0.704	1.019	0.805
Modal	4	0.288	0.299	0.301	0.383	0.547
Modal	5	0.285	0.296	0.297	0.38	0.537
Modal	6	0.207	0.208	0.235	0.33	0.283
Modal	7	0.149	0.162	0.162	0.206	0.225
Modal	8	0.142	0.154	0.155	0.198	0.218
Modal	9	0.105	0.106	0.132	0.16	0.152
Modal	10	0.094	0.102	0.105	0.134	0.138
Modal	11	0.091	0.099	0.101	0.126	0.13
Modal	12	0.067	0.077	0.087	0.093	0.092
Modal	13	0.066	0.074	0.078	0.087	0.088
Modal	14	0.065	0.066	0.075	0.084	0.084
Modal	15	0.05	0.059	0.061	0.065	0.065
Modal	16	0.049	0.057	0.06	0.064	0.064
Modal	17	0.046	0.048	0.057	0.06	0.06
Modal	18	0.04	0.046	0.048	0.049	0.049
Modal	19	0.039	0.045	0.046	0.047	0.047
Modal	20	0.034	0.039	0.043	0.044	0.044
Modal	21	0.033	0.037	0.038	0.039	0.039
Modal	22	0.032	0.034	0.037	0.038	0.038
Modal	23	0.028	0.032	0.033	0.033	0.033
Modal	24	0.028	0.031	0.032	0.032	0.032
Modal	25	0.027	0.028	0.031	0.032	0.032
Modal	26	0.024	0.027	0.028	0.028	0.028
Modal	27	0.024	0.027	0.027	0.027	0.027
Modal	28	0.023	0.024	0.026	0.026	0.026
Modal	29	0.022	0.023	0.024	0.024	0.024
Modal	30	0.021	0.022	0.023	0.023	0.023
Modal	31	0.021	0.021	0.022	0.022	0.022
Modal	32	0.02	0.021	0.021	0.021	0.021
Modal	33	0.019	0.019	0.021	0.021	0.021
Modal	34	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
Modal	35	0.018	0.019	0.019	0.019	0.019
Modal	36	0.018	0.018	0.018	0.019	0.019
Modal	37	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
Modal	38	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
Modal	39	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
Modal	40	0.017	0.018	0.018	0.018	0.018
Modal	41	0.017	0.018	0.018	0.018	0.018
Modal	42	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018
Modal	43	0.016	0.017	0.017	0.017	0.017
Modal	44	0.016	0.017	0.017	0.017	0.017
Modal	45	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017

Fuente: Elaboración propia.

Figura 52: Variación de los periodos de vibración con análisis convencional y con ISE para los modelos analizados.



Fuente: Elaboración propia.

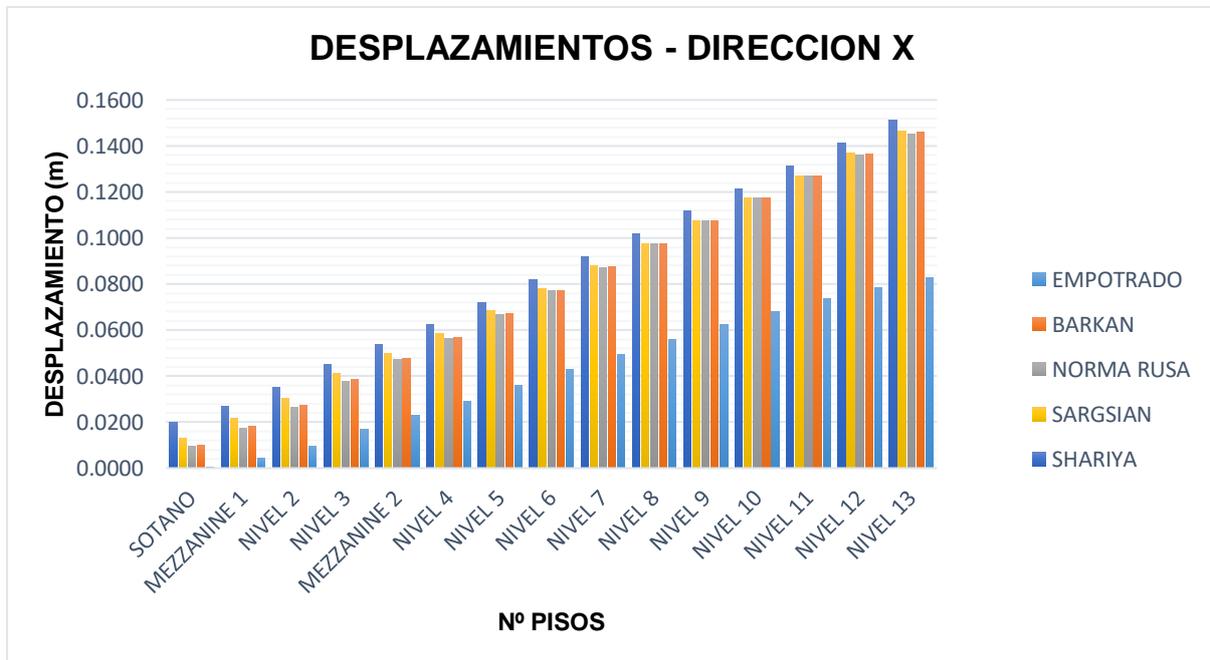
3.17.2.2. DESPLAZAMIENTOS LATERALES.

Tabla 46: Desplazamientos laterales en X con análisis dinámico.

PISOS	DESPLAZAMIENTO MAX. (m) SISMO X				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	0.0827	0.1460	0.1450	0.1466	0.1513
NIVEL 12	0.0784	0.1366	0.1361	0.1369	0.1414
NIVEL 11	0.0736	0.1271	0.1268	0.1271	0.1315
NIVEL 10	0.0682	0.1174	0.1172	0.1173	0.1216
NIVEL 9	0.0623	0.1075	0.1074	0.1075	0.1116
NIVEL 8	0.0559	0.0974	0.0973	0.0977	0.1016
NIVEL 7	0.0494	0.0873	0.0872	0.0879	0.0917
NIVEL 6	0.0427	0.0772	0.0769	0.0781	0.0819
NIVEL 5	0.0359	0.0670	0.0666	0.0683	0.0721
NIVEL 4	0.0291	0.0568	0.0563	0.0585	0.0624
MEZZANINE 2	0.0230	0.0476	0.0470	0.0497	0.0537
NIVEL 3	0.0170	0.0385	0.0378	0.0410	0.0452
NIVEL 2	0.0097	0.0272	0.0264	0.0302	0.0350
MEZZANINE 1	0.0043	0.0183	0.0175	0.0215	0.0271
SOTANO	0.0006	0.0099	0.0094	0.0131	0.0201

Fuente: Elaboración propia.

Figura 53: Desplazamientos en X con análisis dinámico.



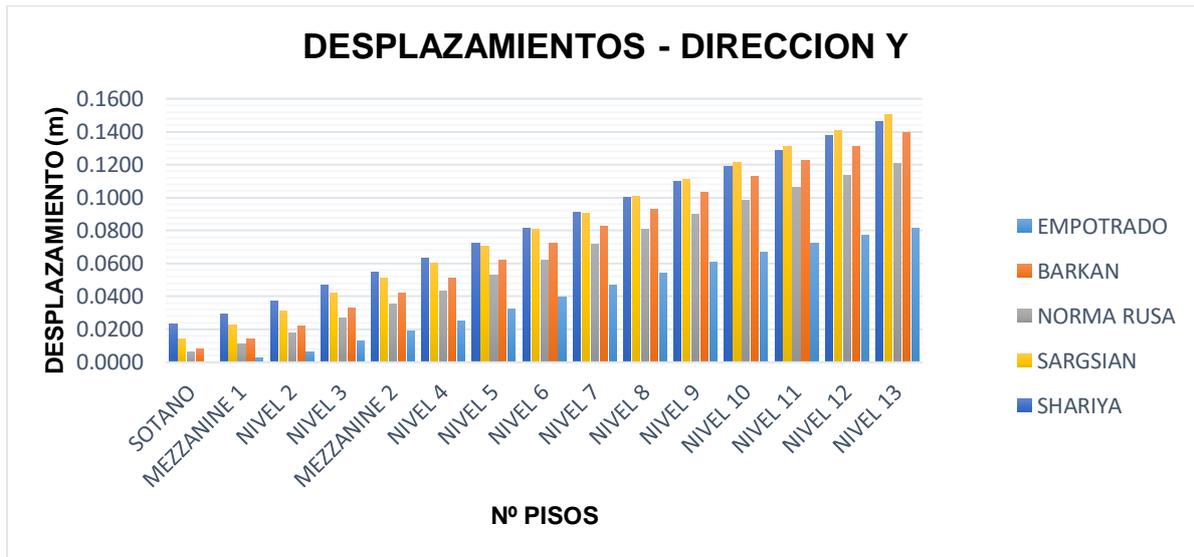
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Desplazamientos laterales en Y con análisis dinámico.

PISOS	DESPLAZAMIENTO MAX. (cm) SISMO Y				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	0.0814	0.1396	0.1205	0.1506	0.1464
NIVEL 12	0.0772	0.1311	0.1136	0.1409	0.1374
NIVEL 11	0.0724	0.1223	0.1061	0.1310	0.1284
NIVEL 10	0.0669	0.1130	0.0982	0.1211	0.1191
NIVEL 9	0.0607	0.1033	0.0897	0.1110	0.1098
NIVEL 8	0.0539	0.0931	0.0807	0.1009	0.1004
NIVEL 7	0.0469	0.0828	0.0715	0.0907	0.0910
NIVEL 6	0.0397	0.0723	0.0622	0.0805	0.0816
NIVEL 5	0.0323	0.0617	0.0527	0.0703	0.0722
NIVEL 4	0.0250	0.0512	0.0433	0.0602	0.0629
MEZZANINE 2	0.0188	0.0419	0.0350	0.0511	0.0547
NIVEL 3	0.0130	0.0329	0.0271	0.0421	0.0466
NIVEL 2	0.0064	0.0222	0.0178	0.0311	0.0369
MEZZANINE 1	0.0024	0.0143	0.0113	0.0224	0.0295
SOTANO	0.0003	0.0078	0.0063	0.0143	0.0230

Fuente: Elaboración propia.

Figura 54: Desplazamientos en Y con análisis dinámico.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.2.2.1. VARIACION PORCENTUAL DE DESPLAZAMIENTOS.

Tabla 48: Variación porcentual de desplazamientos máximos en X, Y con análisis dinámico.

SISMO	DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS (m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
X máx.	100%	176.59%	175.47%	177.43%	183.03%
Y máx.	100%	171.48%	148.10%	185.03%	179.89%

Fuente: Elaboración propia.

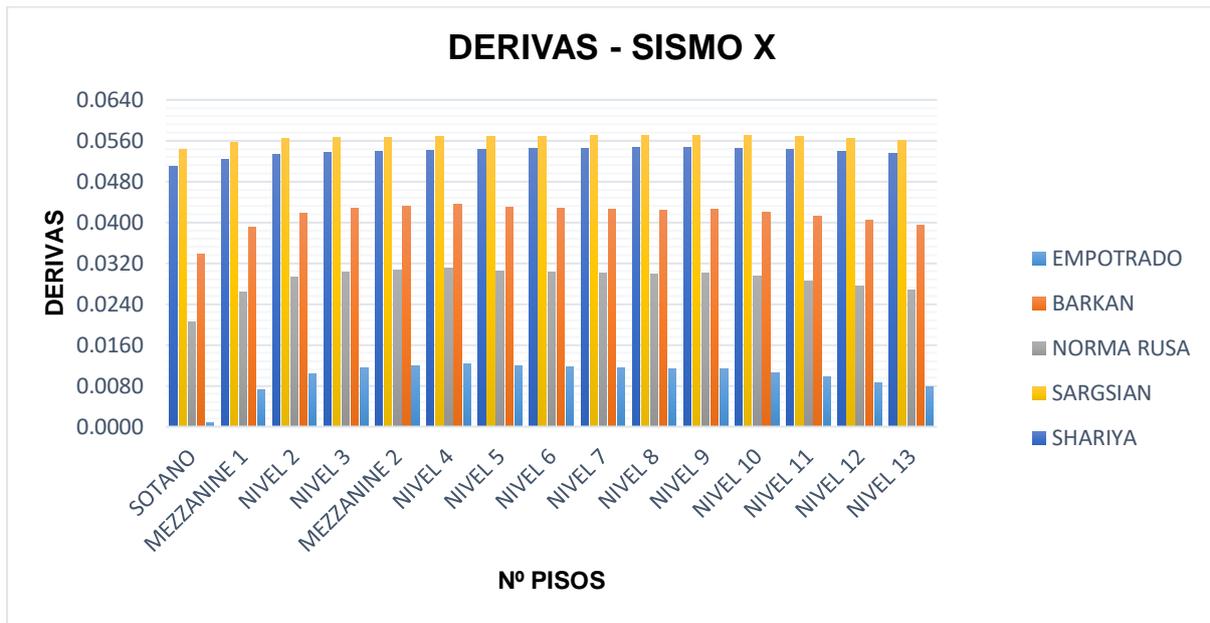
3.17.2.3. DERIVAS O DISTORSIONES DE ENTREPISO.

Tabla 49: Derivas de entrepiso en X con análisis dinámico.

PISOS	DERIVAS Δ_i / h_{ei} SISMO X									
	EMPOTRADO	CONTROL ($\Delta \leq 0.007$)	BARKAN	CONTROL ($\Delta < 0.007$)	NORMA RUSA	CONTROL ($\Delta < 0.007$)	SARSIAN	CONTROL ($\Delta < 0.007$)	SHARIYA	CONTROL ($\Delta < 0.007$)
NIVEL 13	0.0077	NO CUMPLE	0.0395	NO CUMPLE	0.0267	NO CUMPLE	0.0561	NO CUMPLE	0.0535	NO CUMPLE
NIVEL 12	0.0087	NO CUMPLE	0.0404	NO CUMPLE	0.0276	NO CUMPLE	0.0565	NO CUMPLE	0.0539	NO CUMPLE
NIVEL 11	0.0097	NO CUMPLE	0.0413	NO CUMPLE	0.0286	NO CUMPLE	0.0568	NO CUMPLE	0.0543	NO CUMPLE
NIVEL 10	0.0106	NO CUMPLE	0.0421	NO CUMPLE	0.0294	NO CUMPLE	0.0570	NO CUMPLE	0.0546	NO CUMPLE
NIVEL 9	0.0113	NO CUMPLE	0.0426	NO CUMPLE	0.0300	NO CUMPLE	0.0571	NO CUMPLE	0.0547	NO CUMPLE
NIVEL 8	0.0113	NO CUMPLE	0.0424	NO CUMPLE	0.0298	NO CUMPLE	0.0570	NO CUMPLE	0.0546	NO CUMPLE
NIVEL 7	0.0116	NO CUMPLE	0.0426	NO CUMPLE	0.0301	NO CUMPLE	0.0570	NO CUMPLE	0.0546	NO CUMPLE
NIVEL 6	0.0118	NO CUMPLE	0.0428	NO CUMPLE	0.0303	NO CUMPLE	0.0569	NO CUMPLE	0.0545	NO CUMPLE
NIVEL 5	0.0118	NO CUMPLE	0.0430	NO CUMPLE	0.0305	NO CUMPLE	0.0568	NO CUMPLE	0.0543	NO CUMPLE
NIVEL 4	0.0123	NO CUMPLE	0.0435	NO CUMPLE	0.0310	NO CUMPLE	0.0568	NO CUMPLE	0.0542	NO CUMPLE
MEZZANINE 2	0.0119	NO CUMPLE	0.0432	NO CUMPLE	0.0307	NO CUMPLE	0.0567	NO CUMPLE	0.0539	NO CUMPLE
NIVEL 3	0.0115	NO CUMPLE	0.0428	NO CUMPLE	0.0302	NO CUMPLE	0.0566	NO CUMPLE	0.0537	NO CUMPLE
NIVEL 2	0.0103	NO CUMPLE	0.0418	NO CUMPLE	0.0292	NO CUMPLE	0.0564	NO CUMPLE	0.0532	NO CUMPLE
MEZZANINE 1	0.0072	NO CUMPLE	0.0391	NO CUMPLE	0.0263	NO CUMPLE	0.0557	NO CUMPLE	0.0524	NO CUMPLE
SOTANO	0.0009	CUMPLE	0.0337	NO CUMPLE	0.0205	NO CUMPLE	0.0543	NO CUMPLE	0.0509	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Figura 55: Derivas en X con análisis dinámico.



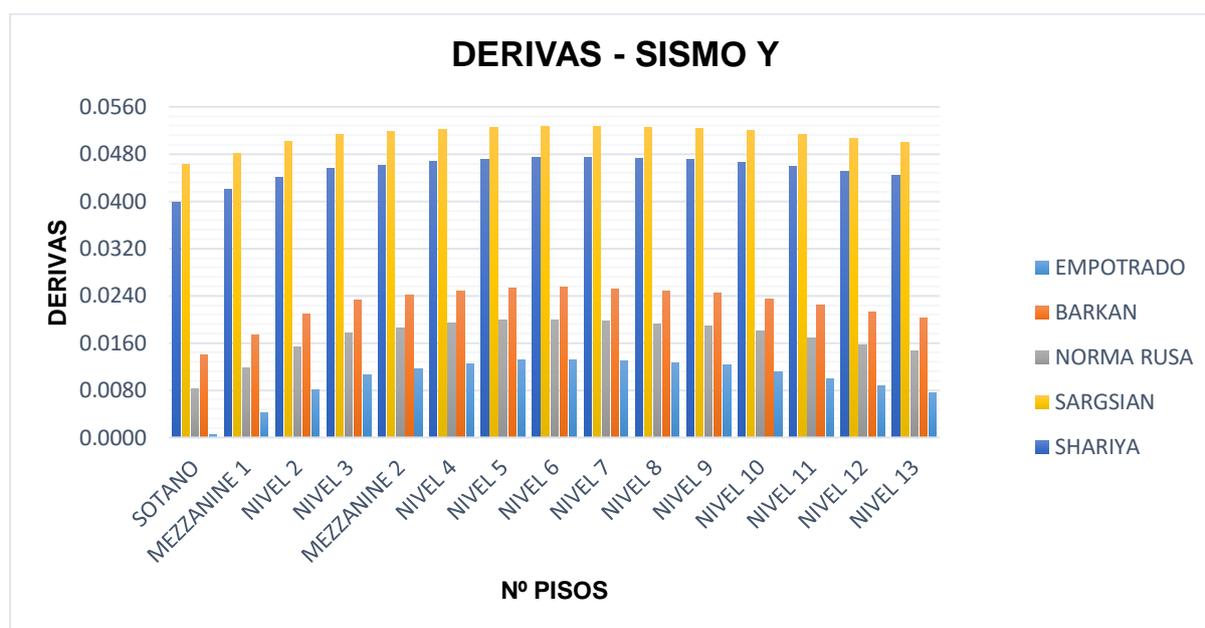
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50: Derivas de entrepiso en Y con análisis dinámico.

PISOS	DERIVAS Δ_i / h_{ei} SISMO Y									
	EMPOTRADO	CONTROL ($\Delta \leq 0.007$)	BARKAN	CONTROL ($\Delta < 0.007$)	NORMA RUSA	CONTROL ($\Delta < 0.007$)	SARGSIAN	CONTROL ($\Delta < 0.007$)	SHARIYA	CONTROL ($\Delta < 0.007$)
NIVEL 13	0.0077	NO CUMPLE	0.0203	NO CUMPLE	0.0147	NO CUMPLE	0.0500	NO CUMPLE	0.0443	NO CUMPLE
NIVEL 12	0.0087	NO CUMPLE	0.0213	NO CUMPLE	0.0157	NO CUMPLE	0.0506	NO CUMPLE	0.0450	NO CUMPLE
NIVEL 11	0.0100	NO CUMPLE	0.0224	NO CUMPLE	0.0169	NO CUMPLE	0.0513	NO CUMPLE	0.0459	NO CUMPLE
NIVEL 10	0.0112	NO CUMPLE	0.0235	NO CUMPLE	0.0180	NO CUMPLE	0.0520	NO CUMPLE	0.0466	NO CUMPLE
NIVEL 9	0.0122	NO CUMPLE	0.0245	NO CUMPLE	0.0190	NO CUMPLE	0.0524	NO CUMPLE	0.0471	NO CUMPLE
NIVEL 8	0.0126	NO CUMPLE	0.0248	NO CUMPLE	0.0193	NO CUMPLE	0.0525	NO CUMPLE	0.0472	NO CUMPLE
NIVEL 7	0.0130	NO CUMPLE	0.0252	NO CUMPLE	0.0197	NO CUMPLE	0.0526	NO CUMPLE	0.0474	NO CUMPLE
NIVEL 6	0.0132	NO CUMPLE	0.0254	NO CUMPLE	0.0199	NO CUMPLE	0.0526	NO CUMPLE	0.0474	NO CUMPLE
NIVEL 5	0.0131	NO CUMPLE	0.0254	NO CUMPLE	0.0199	NO CUMPLE	0.0525	NO CUMPLE	0.0472	NO CUMPLE
NIVEL 4	0.0125	NO CUMPLE	0.0249	NO CUMPLE	0.0193	NO CUMPLE	0.0522	NO CUMPLE	0.0467	NO CUMPLE
MEZZANINE 2	0.0116	NO CUMPLE	0.0241	NO CUMPLE	0.0186	NO CUMPLE	0.0518	NO CUMPLE	0.0461	NO CUMPLE
NIVEL 3	0.0106	NO CUMPLE	0.0233	NO CUMPLE	0.0177	NO CUMPLE	0.0513	NO CUMPLE	0.0455	NO CUMPLE
NIVEL 2	0.0080	NO CUMPLE	0.0210	NO CUMPLE	0.0153	NO CUMPLE	0.0501	NO CUMPLE	0.0441	NO CUMPLE
MEZZANINE 1	0.0043	CUMPLE	0.0175	NO CUMPLE	0.0118	NO CUMPLE	0.0482	NO CUMPLE	0.0420	NO CUMPLE
SOTANO	0.0004	CUMPLE	0.0139	NO CUMPLE	0.0082	NO CUMPLE	0.0462	NO CUMPLE	0.0399	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Figura 56: Derivas en Y con análisis dinámico.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.2.3.1. VARIACION PORCENTUAL DE DERIVAS.

Tabla 51: Variación porcentual de derivas máximas en X, Y con análisis dinámico.

SISMO	DERIVAS MAXIMAS				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
X máx.	100%	354.76%	252.90%	465.86%	446.43%
Y máx.	100%	192.27%	150.71%	397.72%	358.03%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.2.4. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN COLUMNAS.

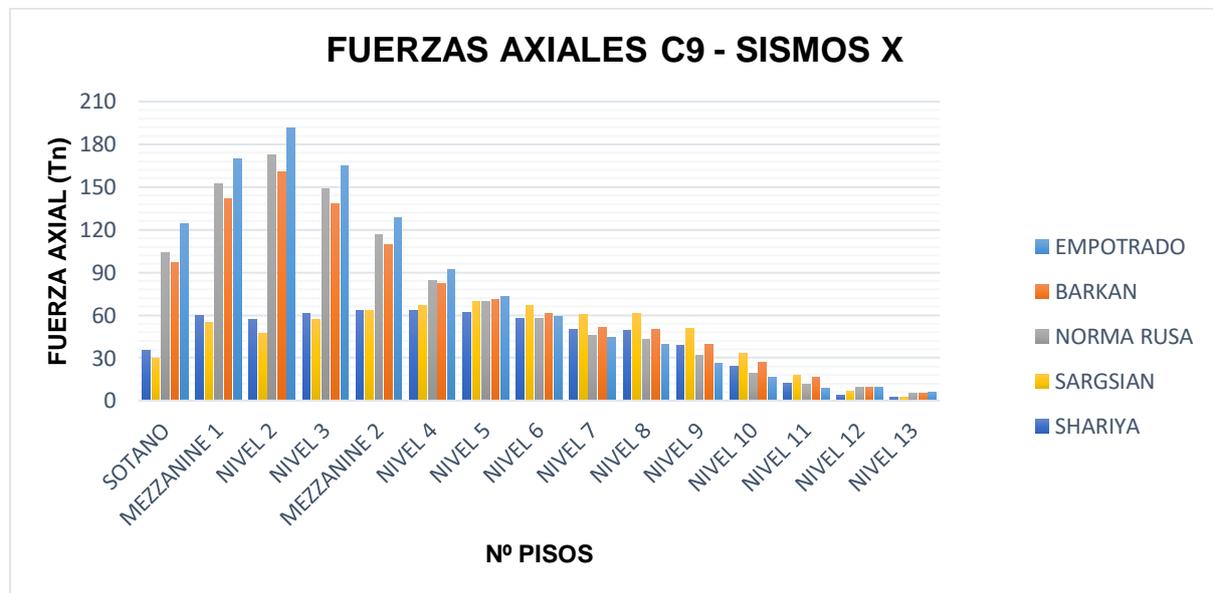
3.17.2.4.1. FUERZAS AXIALES EN COLUMNAS.

Tabla 52: Fuerzas Axiales en columna C9 para el análisis dinámico en X.

PISOS	FUERZA AXIAL Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	5.8795	5.2970	5.4186	2.3350	2.4752
NIVEL 12	9.5932	9.6672	9.2459	6.6408	3.7186
NIVEL 11	8.7728	16.4942	11.4624	17.7886	11.8921
NIVEL 10	16.0657	26.7414	19.5139	33.3859	24.2114
NIVEL 9	26.3170	39.7432	31.8307	50.4649	38.7489
NIVEL 8	39.5573	50.0763	42.9438	61.3445	49.1522
NIVEL 7	44.6928	51.1454	45.8715	60.5091	50.1550
NIVEL 6	59.0868	61.4307	57.786	67.0380	57.6785
NIVEL 5	73.3934	70.7784	69.3302	69.3885	62.0442
NIVEL 4	91.7329	82.5421	84.2604	66.9292	62.9878
MEZZANINE 2	128.5182	109.7146	116.2792	63.2632	63.5442
NIVEL 3	164.7455	138.5626	148.6896	57.0756	61.0241
NIVEL 2	191.485	160.3462	172.7302	47.2745	57.1429
MEZZANINE 1	170.0554	141.4827	152.5525	55.1098	59.7319
SOTANO	124.0271	97.0555	104.2707	29.8446	35.3169

Fuente: Elaboración propia.

Figura 57: Fuerzas Axiales en columna C9, análisis dinámico en X.



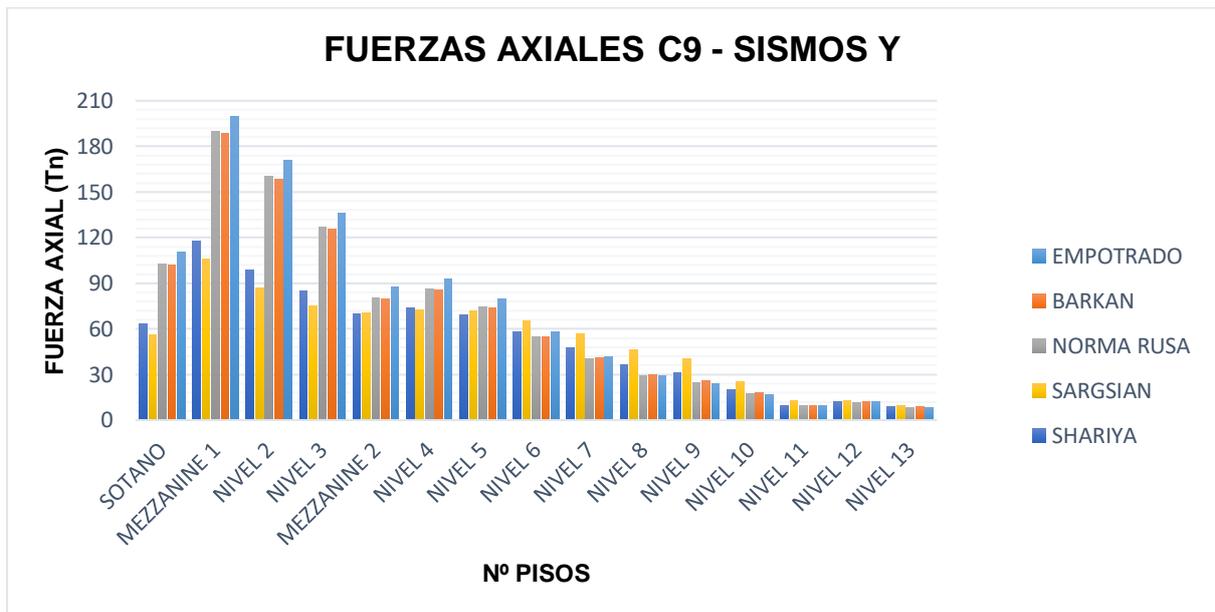
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: Fuerzas Axiales en columna C9 para el análisis dinámico en Y.

PISOS	FUERZA AXIAL Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	8.5099	8.7293	8.5252	9.8515	8.8396
NIVEL 12	11.9687	11.9958	11.7932	12.9920	11.9602
NIVEL 11	9.7897	9.8586	9.7327	12.8569	9.4185
NIVEL 10	16.8067	18.1907	17.4835	25.5100	20.0857
NIVEL 9	23.7951	26.0451	24.8081	40.1058	31.4928
NIVEL 8	29.1274	30.1306	29.1052	46.4124	36.6340
NIVEL 7	41.8688	41.1985	40.4783	56.7147	47.5480
NIVEL 6	58.0542	55.0743	54.8622	65.0108	58.2522
NIVEL 5	79.6813	73.8136	74.2514	71.8104	69.2781
NIVEL 4	93.1308	85.7646	86.5473	72.3241	73.6971
MEZZANINE 2	87.649	79.7206	80.5564	70.2868	69.9613
NIVEL 3	136.3742	125.6462	127.1689	75.1438	85.2492
NIVEL 2	170.5876	158.3767	160.1607	86.8976	99.0438
MEZZANINE 1	199.4839	188.547	190.0261	105.726	117.6289
SOTANO	110.8175	102.0114	102.9468	56.3844	63.4109

Fuente: Elaboración propia.

Figura 58: Fuerzas Axiales en columna C9, análisis dinámico en Y.



Fuente: Elaboración propia.

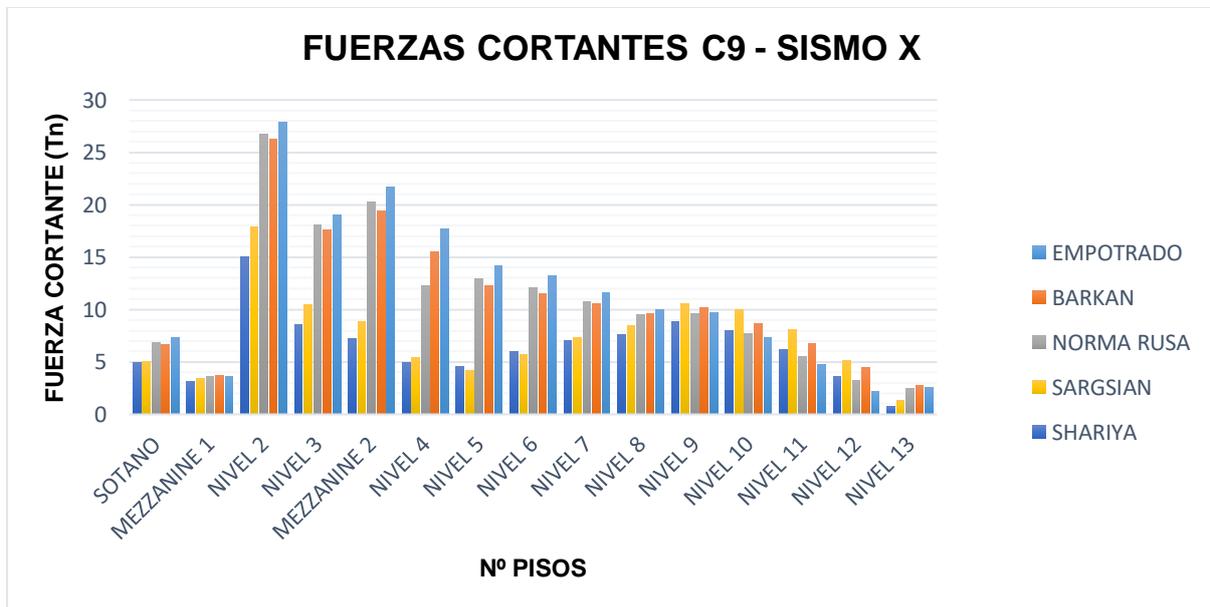
3.17.2.4.2. FUERZAS CORTANTES EN COLUMNAS.

Tabla 54: Fuerzas Cortantes en columna C9 para el análisis dinámico en X.

PISOS	FUERZA CORTANTE Vmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	2.5638	2.7621	2.4903	1.2918	0.7342
NIVEL 12	2.2140	4.4590	3.2414	5.0972	3.6612
NIVEL 11	4.7326	6.7408	5.5167	8.1032	6.1872
NIVEL 10	7.2862	8.6426	7.6702	9.9916	7.9955
NIVEL 9	9.7501	10.1446	9.6161	10.5245	8.8889
NIVEL 8	10.0318	9.6216	9.5262	8.4926	7.6231
NIVEL 7	11.6434	10.5123	10.7839	7.3607	7.0847
NIVEL 6	13.1953	11.4893	12.0617	5.6783	5.962
NIVEL 5	14.1971	12.2742	12.9703	4.1456	4.6052
NIVEL 4	17.6495	15.4915	12.2763	5.3891	4.8990
MEZZANINE 2	21.6618	19.4502	20.2421	8.8693	7.1836
NIVEL 3	19.0283	17.5826	18.0711	10.4537	8.6023
NIVEL 2	27.8464	26.2570	26.7541	17.8462	15.0484
MEZZANINE 1	3.6201	3.6965	3.6547	3.4666	3.1437
SOTANO	7.2798	6.6645	6.8818	5.0234	4.9133

Fuente: Elaboración propia.

Figura 59: Fuerzas cortantes en columna C9, análisis dinámico en X.



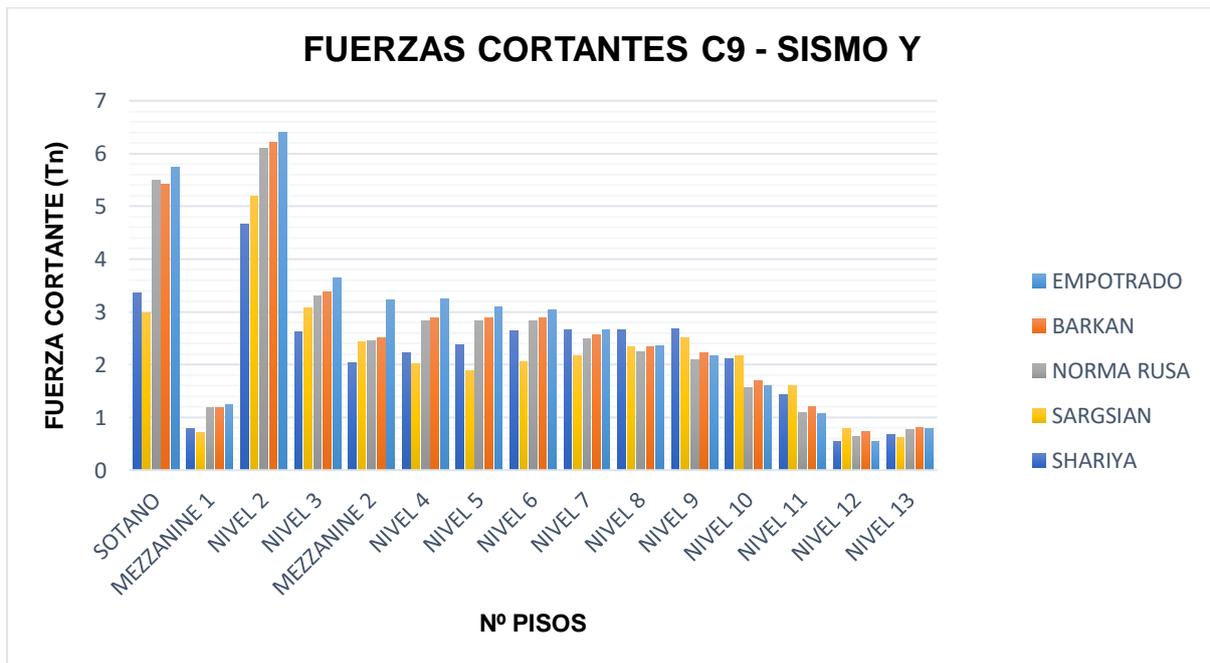
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Fuerzas Cortantes en columna C9 para el análisis dinámico en Y.

PISOS	FUERZA CORTANTE Vmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	0.7968	0.8151	0.7737	0.6084	0.6817
NIVEL 12	0.5499	0.7278	0.6274	0.7812	0.5435
NIVEL 11	1.0744	1.2113	1.0986	1.6032	1.4267
NIVEL 10	1.6074	1.7038	1.5696	2.1589	2.1100
NIVEL 9	2.1701	2.2170	2.0835	2.5162	2.6711
NIVEL 8	2.3485	2.3368	2.2371	2.3433	2.6541
NIVEL 7	2.6672	2.5730	2.4925	2.1620	2.6641
NIVEL 6	3.0396	2.8858	2.8214	2.0503	2.6486
NIVEL 5	3.0949	2.8889	2.8368	1.8893	2.378
NIVEL 4	3.2388	2.8863	2.8379	2.0178	2.2165
MEZZANINE 2	3.2189	2.5080	2.4516	2.4324	2.0284
NIVEL 3	3.6471	3.3849	3.3071	3.0740	2.6227
NIVEL 2	6.4031	6.2180	6.1069	5.1873	4.6619
MEZZANINE 1	1.2466	1.1849	1.1773	0.7123	0.7914
SOTANO	5.7364	5.4244	5.4920	2.9810	3.3627

Fuente: Elaboración propia.

Figura 60: Fuerzas cortantes en columna C9, análisis dinámico en Y.



Fuente: Elaboración propia.

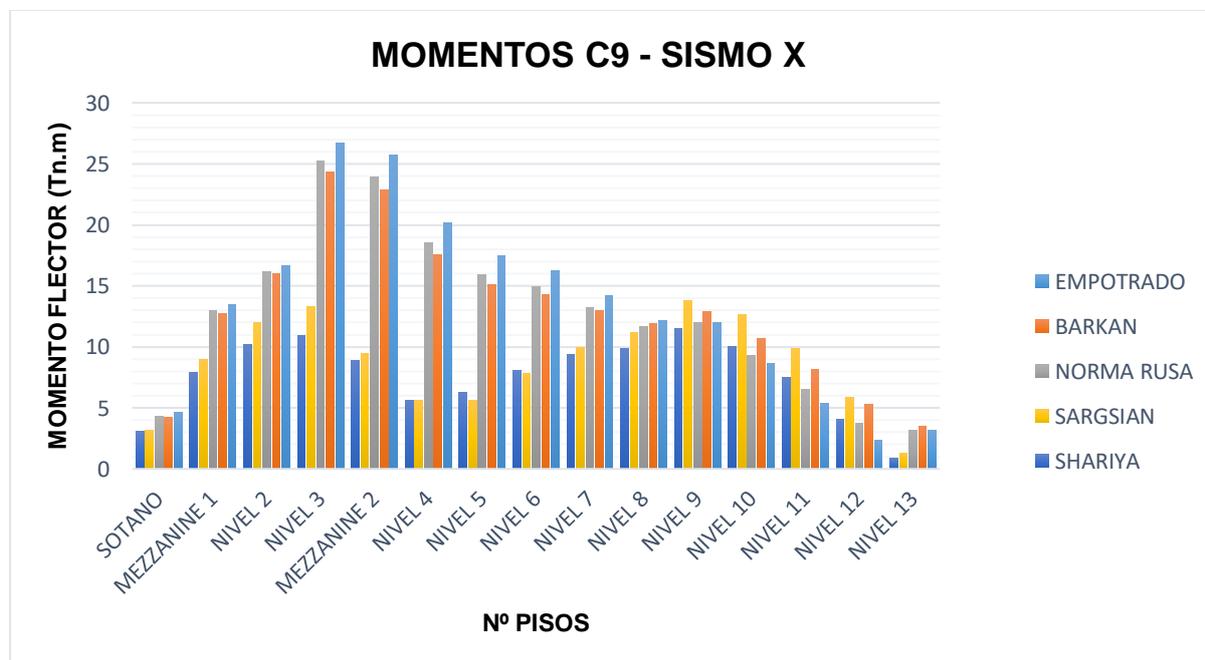
3.17.2.4.3. MOMENTOS FLECTORES EN COLUMNAS.

Tabla 56: Momentos flectores en columna C9 para el análisis dinámico en X.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Mmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	3.1685	3.4680	3.1363	1.3093	0.8855
NIVEL 12	2.3280	5.2661	3.7133	5.8365	4.0953
NIVEL 11	5.3749	8.1910	6.5300	9.9044	7.4659
NIVEL 10	8.6552	10.7227	9.3237	12.6725	10.0227
NIVEL 9	12.0325	12.8711	12.0234	13.8239	11.5337
NIVEL 8	12.1735	11.9490	11.6772	11.2155	9.8961
NIVEL 7	14.1840	13.0057	13.2163	9.9413	9.3589
NIVEL 6	16.2694	14.2471	14.8978	7.8443	8.0934
NIVEL 5	17.4789	15.0700	15.9391	5.5946	6.2961
NIVEL 4	20.2074	17.5790	18.5537	5.6372	5.6362
MEZZANINE 2	25.6899	22.8315	23.8885	9.4323	8.8834
NIVEL 3	26.6989	24.3553	25.1947	13.2766	10.9511
NIVEL 2	16.6439	16.0049	16.1540	11.9744	10.1887
MEZZANINE 1	13.4927	12.7418	13.0152	8.9934	7.8916
SOTANO	4.6296	4.2029	4.3394	3.1436	3.0649

Fuente: Elaboración propia.

Figura 61: Momentos flectores en columna C9, análisis dinámico en X.



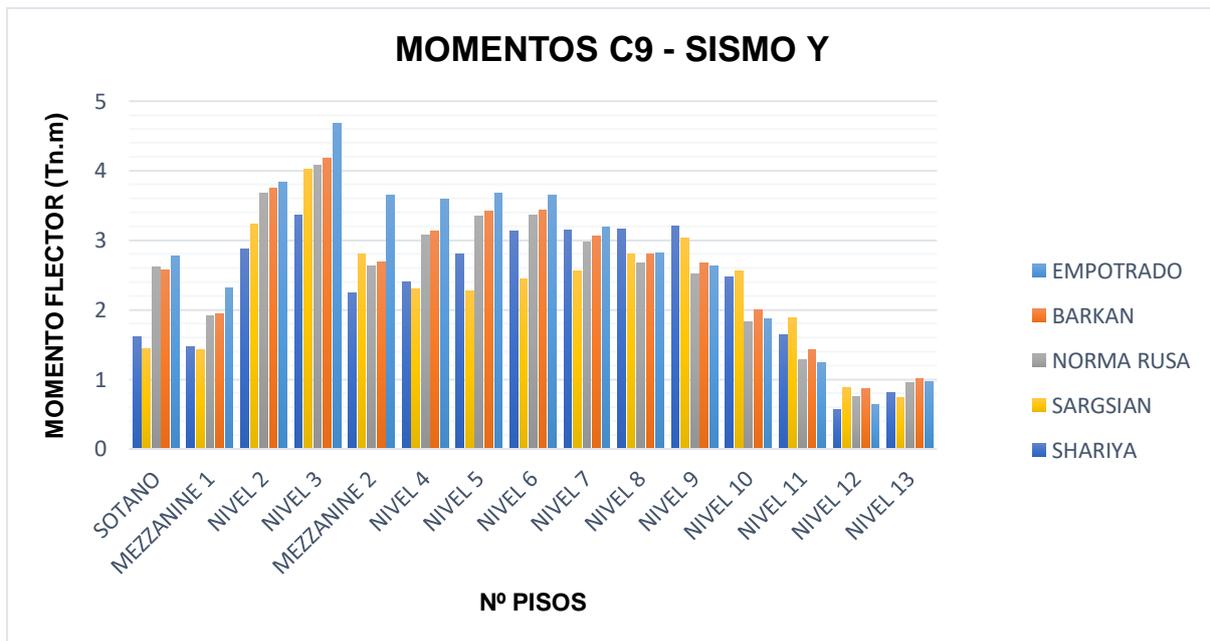
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Momentos flectores en columna C9 para el análisis dinámico en Y.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Vmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	0.9738	1.0056	0.9466	0.7330	0.8082
NIVEL 12	0.6373	0.8706	0.7470	0.8813	0.5703
NIVEL 11	1.2433	1.4249	1.2890	1.8840	1.6479
NIVEL 10	1.8768	1.9972	1.8342	2.5569	2.4727
NIVEL 9	2.6266	2.6770	2.5144	3.0273	3.2061
NIVEL 8	2.8151	2.7988	2.6791	2.7964	3.1596
NIVEL 7	3.1852	3.0644	2.9679	2.5596	3.1449
NIVEL 6	3.6414	3.4399	3.3613	2.4476	3.1313
NIVEL 5	3.6829	3.4136	3.3479	2.2772	2.7978
NIVEL 4	3.5935	3.1313	3.0743	2.2946	2.4026
MEZZANINE 2	3.6425	2.6863	2.6259	2.8017	2.2495
NIVEL 3	4.6753	4.1807	4.0782	4.0272	3.3547
NIVEL 2	3.8356	3.7465	3.6738	3.2300	2.8728
MEZZANINE 1	2.3122	1.9388	1.9070	1.4235	1.4697
SOTANO	2.7767	2.5794	2.6102	1.4335	1.6072

Fuente: Elaboración propia.

Figura 62: Momentos flectores en columna C9, análisis dinámico en Y.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.2.4.4. VARIACION DE FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN COLUMNAS.

Tabla 58: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en columna C9 para el análisis dinámico en X.

FUERZAS INTERNAS MAX. DE COLUMNA C9 SISMO X							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANT E(Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENT O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
C9	EMPOTRADO	191.4850	100%	27.8464	100%	26.6989	100%
C9	BARKAN	160.3462	83.74%	26.2570	94.29%	24.3553	91.22%
C9	NORMA RUSA	172.7302	90.21%	26.7541	96.08%	25.1947	94.37%
C9	SARGSIAN	69.3885	36.24%	17.8462	64.09%	13.8239	51.78%
C9	SHARIYA	63.5442	33.18%	15.0484	54.04%	11.5337	43.20%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en columna C9 para el análisis dinámico en Y.

FUERZAS INTERNAS MAX. DE COLUMNA C9 SISMO Y							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANT E(Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENT O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
C9	EMPOTRADO	199.4839	100%	6.4031	100%	4.6753	100%
C9	BARKAN	188.5470	94.52%	6.2180	97.11%	4.1807	89.42%
C9	NORMA RUSA	190.0261	95.26%	6.1069	95.37%	4.0782	87.23%
C9	SARGSIAN	105.7260	53.00%	5.1873	81.01%	4.0272	86.14%
C9	SHARIYA	117.6289	58.97%	4.6619	72.81%	3.3547	71.75%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.2.5. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN VIGAS.

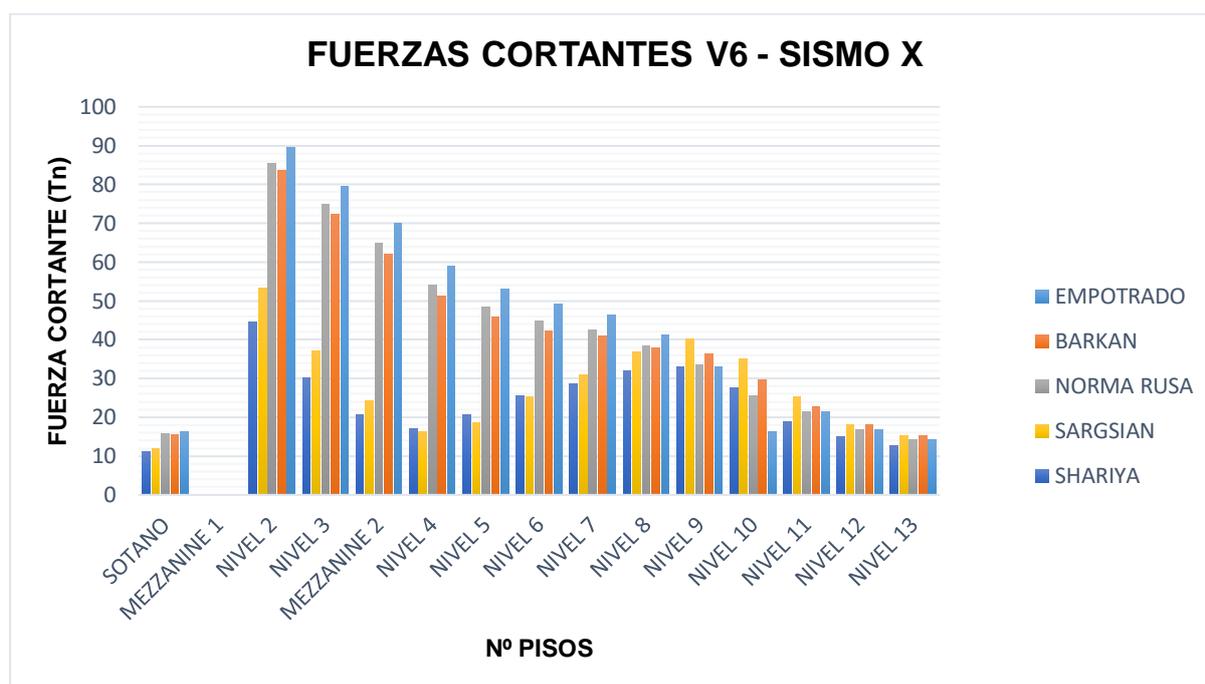
3.17.2.5.1. FUERZAS CORTANTES EN VIGAS.

Tabla 60: Fuerzas Cortantes en viga V6 para el análisis dinámico en X.

PISOS	FUERZA CORTANTE Vmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	14.273	15.2693	14.2151	15.3281	12.679
NIVEL 12	16.9104	18.0816	16.8488	18.1363	15.0051
NIVEL 11	21.5192	22.6418	21.3016	25.3736	18.8937
NIVEL 10	16.1914	29.5527	25.4759	35.1314	27.5109
NIVEL 9	33.0651	36.3895	33.5109	40.1479	33.0144
NIVEL 8	41.2211	37.7785	38.327	36.9126	31.9838
NIVEL 7	46.3669	40.9205	42.5904	31.0581	28.7113
NIVEL 6	49.2459	42.339	44.8041	25.3799	25.4677
NIVEL 5	52.9859	45.7851	48.3435	18.6362	20.5805
NIVEL 4	58.9909	51.2054	54.0752	16.2572	16.9315
MEZZANINE 2	69.9714	61.9802	64.9003	24.3238	20.5608
NIVEL 3	79.5909	72.2525	74.8517	37.0833	30.0664
NIVEL 2	89.5872	83.5232	85.5483	53.2377	44.5438
MEZZANINE 1					
SOTANO	16.2613	15.4368	15.6673	11.9760	11.2701

Fuente: Elaboración propia.

Figura 63: Fuerzas cortantes en viga V6, análisis dinámico en X.



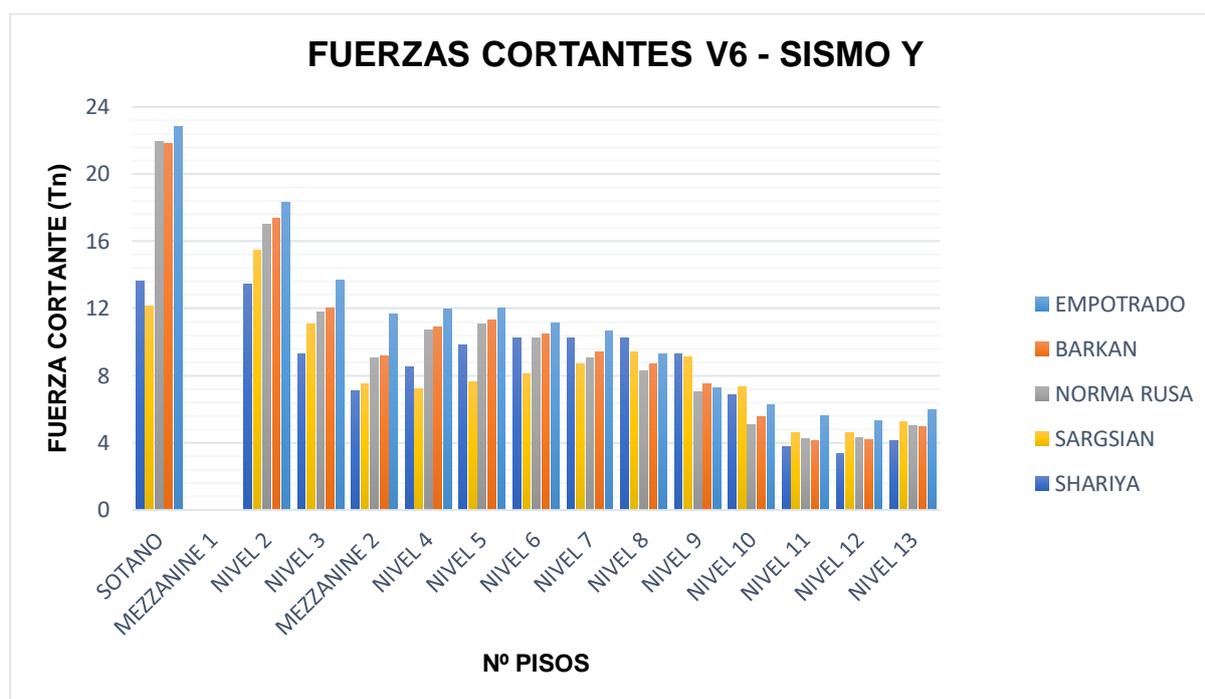
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Fuerzas Cortantes en viga V6 para el análisis dinámico en Y.

PISOS	FUERZA CORTANTE Vmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	5.9657	4.9367	5.0477	5.2753	4.1223
NIVEL 12	5.3257	4.2076	4.3171	4.6168	3.3580
NIVEL 11	5.6178	4.1164	4.2754	4.6029	3.7804
NIVEL 10	6.2648	5.5576	5.1009	7.3210	6.8484
NIVEL 9	7.2683	7.5267	7.0159	9.1326	9.2813
NIVEL 8	9.3136	8.7277	8.2938	9.3971	10.2531
NIVEL 7	10.6661	9.3933	9.0549	8.7237	10.2705
NIVEL 6	11.1574	10.5058	10.2386	8.1016	10.2627
NIVEL 5	12.0165	11.3162	11.1015	7.6064	9.8135
NIVEL 4	11.9483	10.9138	10.7358	7.1999	8.5452
MEZZANINE 2	11.6568	9.2039	9.0320	7.5125	7.0880
NIVEL 3	13.6834	12.0284	11.7603	11.0541	9.2992
NIVEL 2	18.3237	17.3772	17.0156	15.4431	13.4431
MEZZANINE 1					
SOTANO	22.8398	21.7944	21.9585	12.1651	13.6032

Fuente: Elaboración propia.

Figura 64: Fuerzas cortantes en viga V6, análisis dinámico en Y.



Fuente: Elaboración propia.

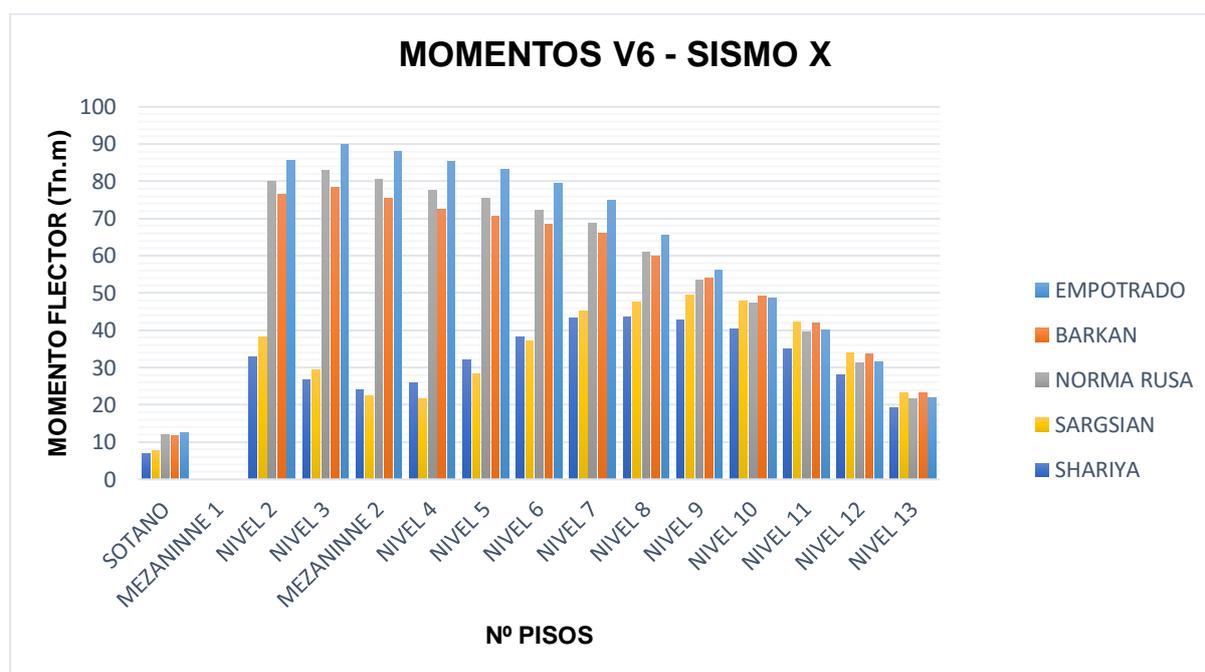
3.17.2.5.2. MOMENTOS FLECTORES EN VIGAS.

Tabla 62: Momentos flectores en viga V6 para el análisis dinámico en X.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Mmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	21.8588	23.3255	21.7439	23.2235	19.2612
NIVEL 12	31.4925	33.7200	31.3998	33.8501	27.9898
NIVEL 11	40.0036	42.0685	39.5909	42.2319	35.0616
NIVEL 10	48.6066	49.0852	47.2450	47.8908	40.4346
NIVEL 9	56.1670	54.0876	53.4738	49.3785	42.8950
NIVEL 8	65.6586	59.9215	61.1115	47.7148	43.5341
NIVEL 7	74.8812	66.0889	68.7807	45.0864	43.2476
NIVEL 6	79.5086	68.3825	72.3323	37.0719	38.2073
NIVEL 5	83.2203	70.5672	75.3981	28.3008	32.0025
NIVEL 4	85.3843	72.3948	77.4941	21.7046	26.0341
MEZANINNE 2	88.0578	75.4440	80.4177	22.4171	24.0211
NIVEL 3	89.9927	78.4540	82.9607	29.2965	26.7680
NIVEL 2	85.6091	76.5400	79.9889	38.1979	32.9685
MEZANINNE 1					
SOTANO	12.6391	11.6989	12.0189	7.8161	6.8391

Fuente: Elaboración propia.

Figura 65: Momentos flectores en viga V6, análisis dinámico en X.



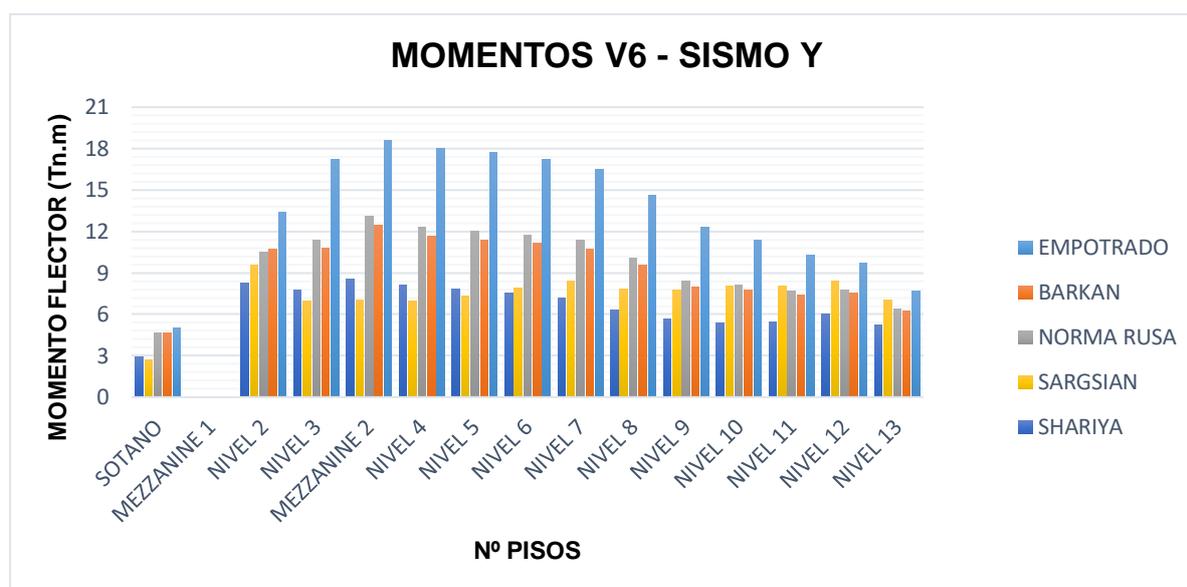
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Momentos flectores en viga V6 para el análisis dinámico en Y.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Mmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	7.7087	6.2350	6.3844	7.0275	5.2564
NIVEL 12	9.6942	7.5307	7.7542	8.3888	6.0533
NIVEL 11	10.2805	7.3931	7.6983	8.0432	5.4643
NIVEL 10	11.3993	7.7303	8.1219	8.0112	5.3861
NIVEL 9	12.2931	7.9578	8.4037	7.7329	5.6847
NIVEL 8	14.5885	9.5639	10.0804	7.8233	6.3134
NIVEL 7	16.5078	10.7390	11.3368	8.3718	7.1513
NIVEL 6	17.2429	11.1164	11.7434	7.8903	7.5122
NIVEL 5	17.7177	11.3789	12.0039	7.3549	7.8482
NIVEL 4	17.9895	11.6846	12.3059	6.9352	8.1470
MEZZANINE 2	18.6019	12.4681	13.0916	7.0015	8.5615
NIVEL 3	17.2220	10.7568	11.3953	6.9309	7.7654
NIVEL 2	13.3873	10.7318	10.5140	9.5411	8.2460
MEZZANINE 1	5.0338	4.6510	4.6715	2.6947	2.9485
SOTANO	5.0338	4.6510	4.6715	2.6947	2.9485

Fuente: Elaboración propia.

Figura 66: Momentos flectores en viga V6, análisis dinámico en Y.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.2.5.3. VARIACION DE FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN VIGAS.

Tabla 64: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para el análisis dinámico en X.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN VIGA 6 SISMO X					
ELEMENTO	MODELO	CORTANTE(Tn)	% VARIACION Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VARIACION Mmax.
V6	EMPOTRADO	89.5872	100%	89.9927	100%
V6	BARKAN	83.5232	93.23%	78.4540	87.18%
V6	NORMA RUSA	85.5483	95.49%	82.9607	92.19%
V6	SARGSIAN	53.2377	59.43%	49.3785	54.87%
V6	SHARIYA	44.5438	49.72%	43.5341	48.38%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para el análisis dinámico en Y.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN VIGA 6 SISMO Y					
ELEMENTO	MODELO	CORTANTE(Tn)	% VARIACION Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VARIACION Mmax.
V6	EMPOTRADO	22.8398	100%	18.6019	100%
V6	BARKAN	21.7944	95.42%	12.4681	67.03%
V6	NORMA RUSA	21.9585	96.14%	13.0916	70.38%
V6	SARGSIAN	15.4431	67.61%	9.5411	51.29%
V6	SHARIYA	13.6032	59.56%	8.5615	46.02%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.2.6. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN PLACAS.

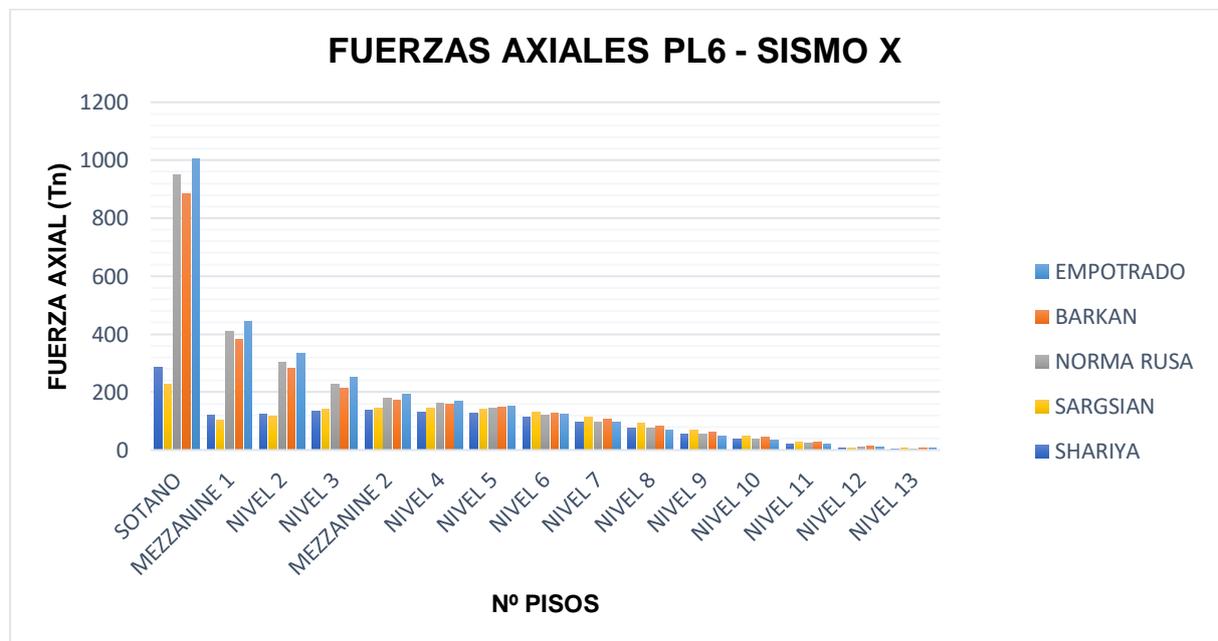
3.17.2.6.1. FUERZAS AXIALES EN PLACAS.

Tabla 66: Fuerzas Axiales en placa PL6 para el análisis dinámico en X.

PISOS	FUERZA AXIAL Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	5.3436	5.2117	4.0891	5.3567	3.8958
NIVEL 12	8.5667	13.1208	8.7022	8.3236	5.9840
NIVEL 11	20.2961	28.5904	22.3752	26.0438	20.0083
NIVEL 10	36.0636	45.9325	38.8426	46.8301	36.7732
NIVEL 9	49.8326	62.7689	53.9147	68.8348	54.1037
NIVEL 8	70.2350	83.8750	74.1226	93.9273	75.3229
NIVEL 7	95.0842	105.3759	96.6544	115.0490	95.2387
NIVEL 6	122.4240	126.4001	120.2556	130.6799	112.2167
NIVEL 5	152.3891	147.7361	145.4417	140.4083	125.5968
NIVEL 4	170.1480	159.8086	160.1472	143.5594	132.3471
MEZZANINE 2	191.2365	173.6811	177.4110	143.7826	136.2773
NIVEL 3	250.4198	214.4004	227.2022	141.4739	135.7549
NIVEL 2	333.8282	280.9005	302.2405	115.4988	122.2885
MEZZANINE 1	445.5019	380.8470	409.1499	102.2675	121.5290
SOTANO	1004.5970	885.3965	950.3802	228.4619	284.6232

Fuente: Elaboración propia.

Figura 67: Fuerzas Axiales en placa PL6, análisis dinámico en X.



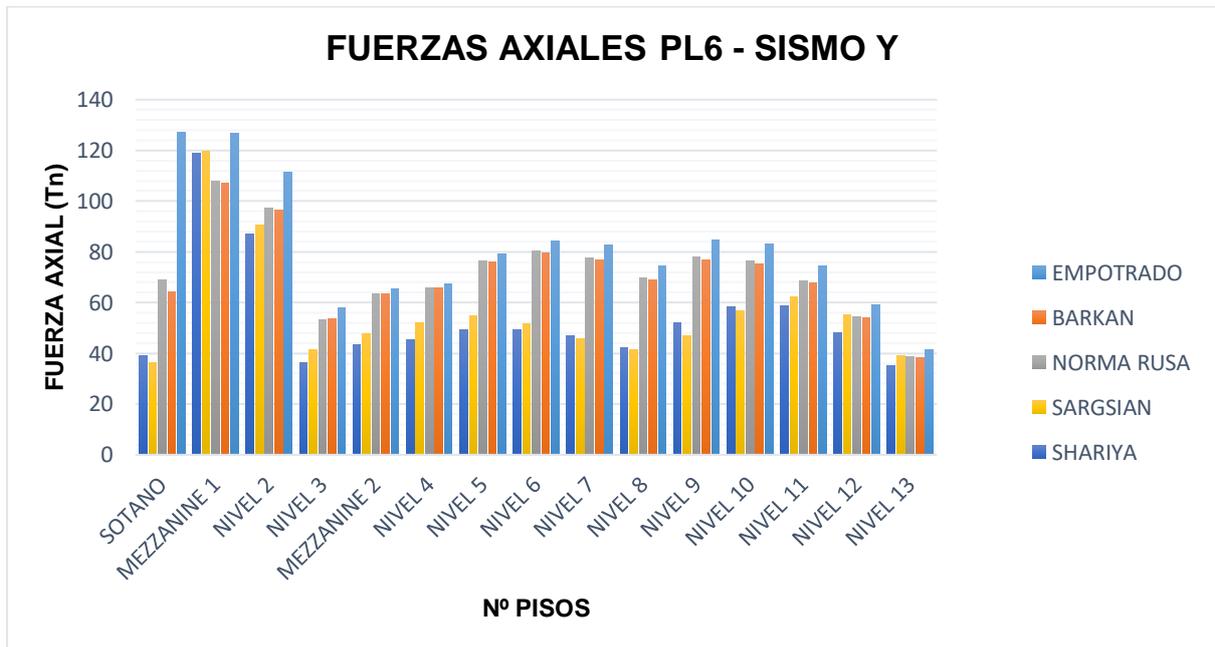
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Fuerzas Axiales en placa PL6 para el análisis dinámico en Y.

PISOS	FUERZA AXIAL Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	41.4701	38.3361	38.5503	38.8978	35.1381
NIVEL 12	58.9718	53.8849	54.4940	55.0716	48.3048
NIVEL 11	74.4722	67.7965	68.5615	62.3412	58.6804
NIVEL 10	83.2784	75.3878	76.5434	56.5937	58.2038
NIVEL 9	84.5552	76.8914	78.1002	47.0023	51.8619
NIVEL 8	74.4167	68.9382	69.7391	41.2900	42.2491
NIVEL 7	82.5389	76.7579	77.6289	45.9410	47.0660
NIVEL 6	84.3207	79.5884	80.2490	51.6537	49.4372
NIVEL 5	79.3700	76.1266	76.5078	54.6478	49.4439
NIVEL 4	67.4825	65.6188	65.6960	51.9214	45.3195
MEZZANINE 2	65.4581	63.6203	63.6401	47.7637	43.4300
NIVEL 3	57.9973	53.7441	53.3977	41.2763	36.3713
NIVEL 2	111.4256	96.3943	97.0990	90.5695	86.8429
MEZZANINE 1	126.6663	106.9501	107.7157	119.6202	118.8988
SOTANO	127.1166	64.4098	68.8357	36.2606	38.9544

Fuente: Elaboración propia.

Figura 68: Fuerzas Axiales en placa PL6, análisis dinámico en Y.



Fuente: Elaboración propia.

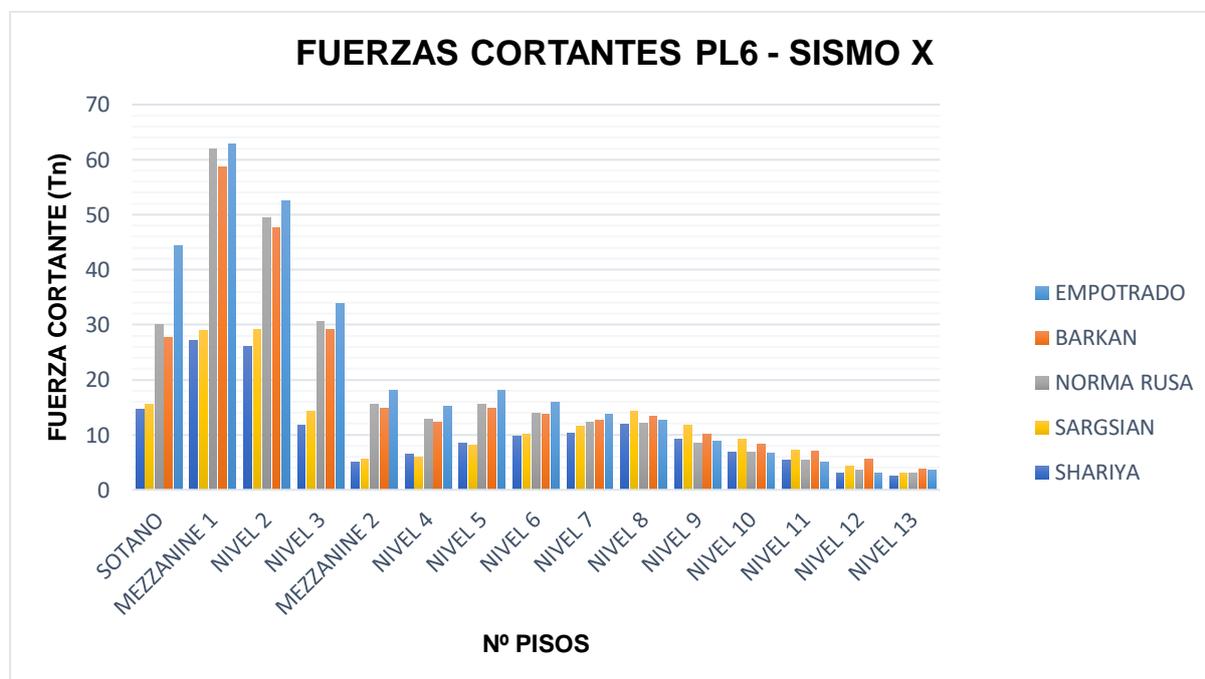
3.17.2.6.2. FUERZAS CORTANTES EN PLACAS.

Tabla 68: Fuerzas cortantes en placa PL6 para el análisis dinámico en X.

PISOS	FUERZA CORTANTE Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	3.6461	3.7898	3.0001	3.0746	2.5617
NIVEL 12	2.9789	5.6302	3.6311	4.3014	3.0440
NIVEL 11	5.0202	6.9641	5.4456	7.2323	5.3250
NIVEL 10	6.7320	8.3045	6.8632	9.1550	6.9015
NIVEL 9	8.8630	10.1039	8.4941	11.7272	9.1066
NIVEL 8	12.6729	13.2824	12.1343	14.2942	11.9207
NIVEL 7	13.7568	12.7084	12.3382	11.6270	10.3570
NIVEL 6	15.9309	13.6647	13.8817	10.1321	9.7390
NIVEL 5	17.9910	14.8102	15.4900	8.0308	8.4759
NIVEL 4	15.1781	12.3531	12.8897	5.9337	6.5507
MEZZANINE 2	18.0134	14.7501	15.5350	5.6051	5.1161
NIVEL 3	33.8907	29.1860	30.5661	14.2452	11.7727
NIVEL 2	52.5093	47.6885	49.4955	29.0909	26.0018
MEZZANINE 1	62.9191	58.7396	61.9282	28.9220	27.1184
SOTANO	44.3136	27.6884	30.0067	15.4913	14.6392

Fuente: Elaboración propia.

Figura 69: Fuerzas cortantes en placa PL6, análisis dinámico en X.



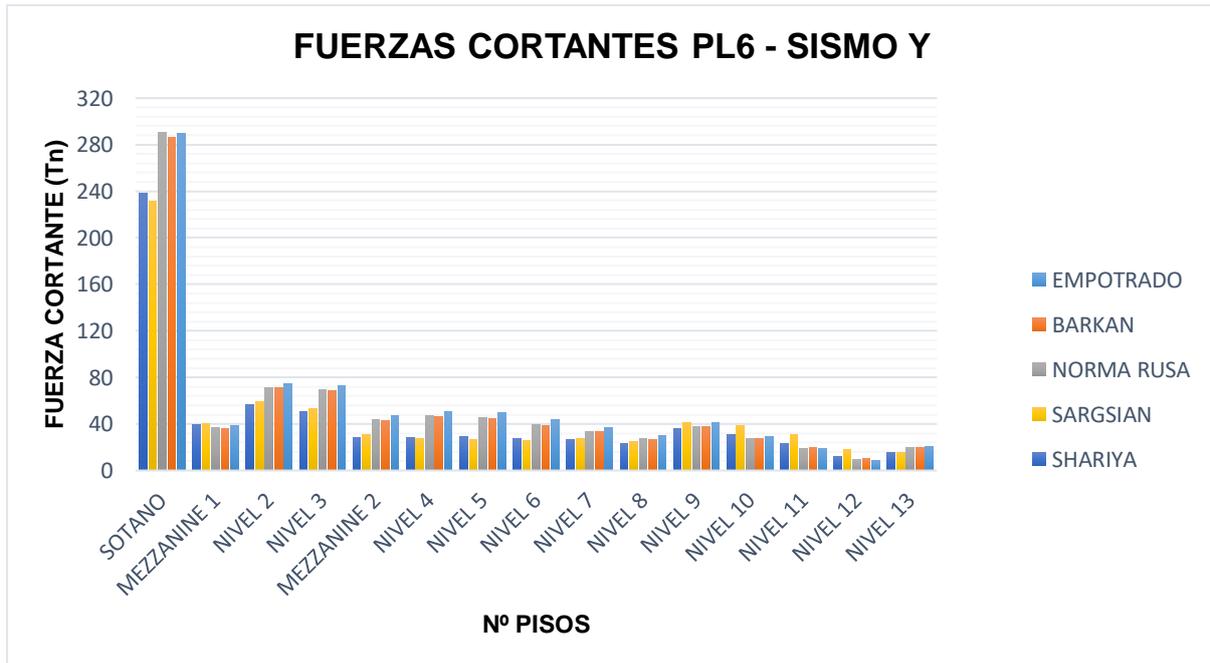
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 69: Fuerzas cortantes en placa PL6 para el análisis dinámico en Y.

PISOS	FUERZA CORTANTE Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	20.8577	19.3583	19.5058	15.5039	15.6748
NIVEL 12	8.2878	10.5211	9.7380	18.3425	11.8241
NIVEL 11	18.9974	19.5233	18.8558	31.1208	22.9100
NIVEL 10	29.0714	27.8755	27.5336	38.5310	30.7103
NIVEL 9	40.9762	37.4599	37.7253	41.3589	35.7895
NIVEL 8	29.8064	26.9884	27.2976	24.7209	23.2854
NIVEL 7	37.2398	33.2324	33.7851	27.1198	26.6482
NIVEL 6	43.3722	38.7649	39.4435	26.0391	27.6402
NIVEL 5	49.7749	44.9437	45.6678	26.1870	28.8431
NIVEL 4	50.6816	46.1705	46.8186	27.6426	28.0701
MEZZANINE 2	47.1483	42.8695	43.4344	30.5546	28.6330
NIVEL 3	72.6112	68.7111	69.1696	53.1359	50.2170
NIVEL 2	74.5113	70.8013	71.2761	59.0395	56.6147
MEZZANINE 1	38.6498	36.3179	36.4668	39.9270	39.1859
SOTANO	289.7252	286.3406	290.2653	231.0553	238.0300

Fuente: Elaboración propia.

Figura 70: Fuerzas cortantes en placa PL6, análisis dinámico en Y.



Fuente: Elaboración propia.

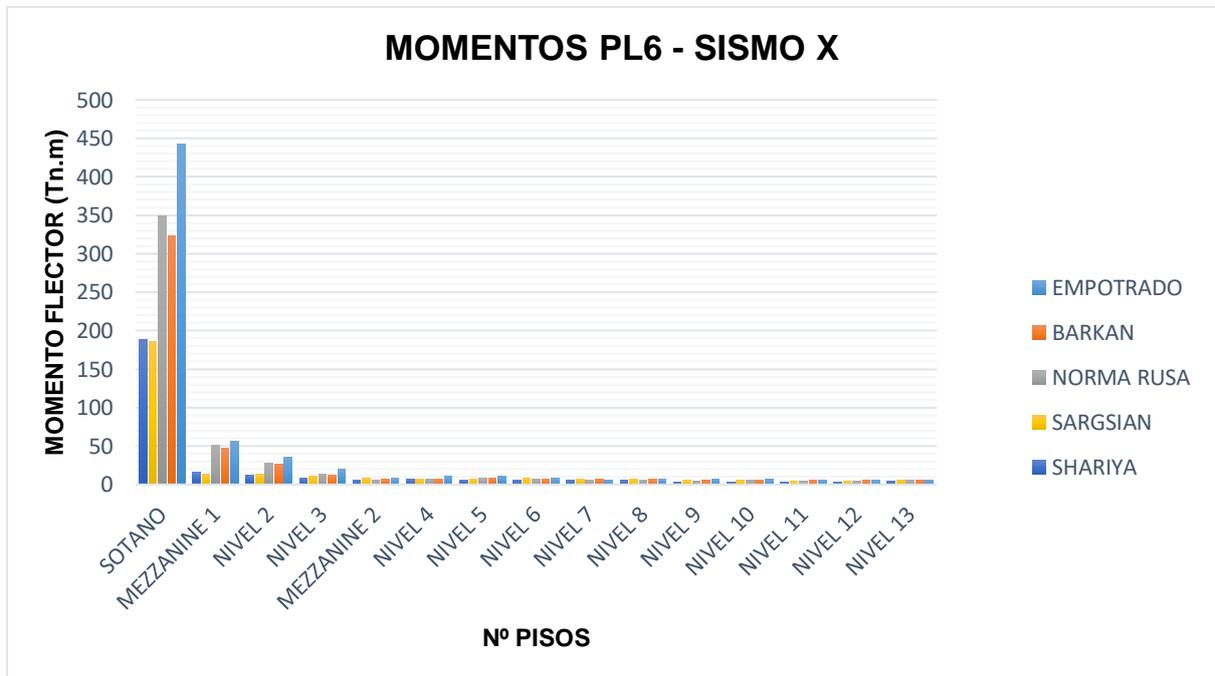
3.17.2.6.3. MOMENTOS FLECTORES EN PLACAS.

Tabla 70: Momentos flectores en placa PL6 para el análisis dinámico en X.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Nmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	5.8509	6.0171	5.7027	5.8685	4.8652
NIVEL 12	5.1485	5.1948	3.7980	3.8605	3.1657
NIVEL 11	5.7029	5.3872	3.8697	4.0775	3.0134
NIVEL 10	6.4483	6.0122	5.0964	5.2277	3.4541
NIVEL 9	6.8360	5.0574	4.1371	5.2708	3.6012
NIVEL 8	7.3511	6.4870	5.4845	7.3176	5.1143
NIVEL 7	5.9931	6.6431	5.8959	7.5749	5.4587
NIVEL 6	7.8545	7.1118	6.6787	7.9144	6.1063
NIVEL 5	11.1324	8.1576	8.4411	7.4771	6.2891
NIVEL 4	10.7973	6.9825	7.2525	7.5791	6.6656
MEZZANINE 2	8.7758	6.8914	5.5189	8.0605	6.1363
NIVEL 3	20.0617	12.2518	12.9724	11.0548	8.6301
NIVEL 2	35.5754	26.4525	28.1473	13.4473	12.5690
MEZZANINE 1	56.0411	47.0759	51.0199	13.9248	15.5700
SOTANO	443.0124	322.6657	348.6209	185.2322	188.3647

Fuente: Elaboración propia.

Figura 71: Momentos flectores en placa PL6, análisis dinámico en X.



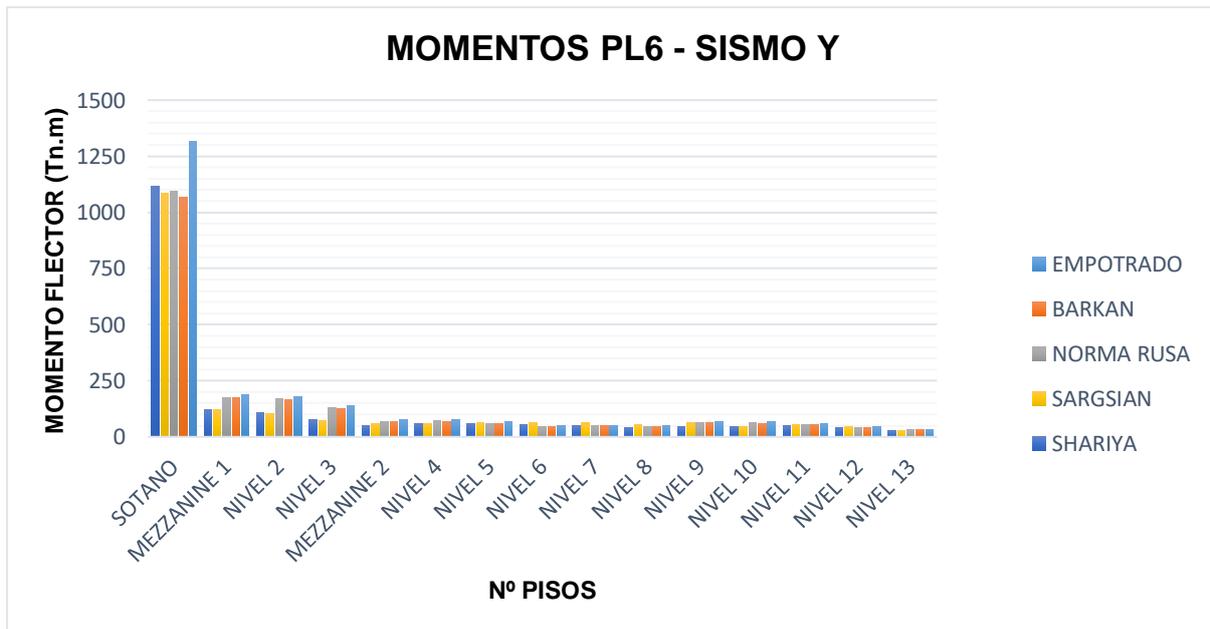
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71: Momentos flectores en placa PL6 para el análisis dinámico en Y.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Nmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	33.5861	31.1781	31.3784	27.2513	26.5055
NIVEL 12	45.0974	42.3144	42.3071	47.6277	41.1818
NIVEL 11	60.4274	55.4904	55.9386	52.9105	49.1157
NIVEL 10	66.7548	60.6854	61.5156	46.1222	46.8145
NIVEL 9	67.2427	61.3375	62.2102	62.9330	44.2589
NIVEL 8	48.2444	46.0374	46.0149	55.9226	41.0465
NIVEL 7	51.6234	48.8420	48.9735	62.6941	49.2791
NIVEL 6	48.7300	47.8361	47.4361	64.9036	55.5521
NIVEL 5	66.3940	60.5625	61.0802	63.7205	60.8419
NIVEL 4	77.0473	69.1977	70.2519	60.4938	58.6641
MEZZANINE 2	77.2534	68.0396	69.4106	58.2907	52.1682
NIVEL 3	139.0208	126.9016	128.8482	70.7865	77.9203
NIVEL 2	180.6436	167.7366	169.7851	103.1941	107.3033
MEZZANINE 1	186.0547	172.7863	174.6872	121.4760	122.4612
SOTANO	1315.6074	1067.4548	1096.0085	1086.0913	1116.8831

Fuente: Elaboración propia.

Figura 72: Momentos flectores en placa PL6, análisis dinámico en Y.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.2.6.4. VARIACION DE FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN PLACAS.

Tabla 72: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para el análisis dinámico en X.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN PLACA PL6 SISMO X							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANTE (Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VAR. Mmax.
PL 6	EMPOTRADO	1004.597	100%	62.9191	100%	443.0124	100%
PL 6	BARKAN	885.3965	88.13%	58.7396	93.36%	322.6657	72.83%
PL 6	NORMA RUSA	950.3802	94.60%	61.9282	98.43%	348.6209	78.69%
PL 6	SARGSIAN	228.4619	22.74%	29.0909	46.24%	185.2322	41.81%
PL 6	SHARIYA	284.6232	28.33%	27.1184	43.10%	188.3647	42.52%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para el análisis dinámico en Y.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN PLACA PL6 SISMO Y							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANTE (Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENTO O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
PL 6	EMPOTRADO	127.1166	100%	289.7252	100%	1315.6074	100%
PL 6	BARKAN	106.9501	84.14%	286.3406	98.83%	1067.4548	81.14%
PL 6	NORMA RUSA	107.7157	84.74%	290.2653	100.19%	1096.0085	83.31%
PL 6	SARGSIAN	119.6202	94.10%	231.0553	79.75%	1086.0913	82.55%
PL 6	SHARIYA	118.8988	93.54%	238.0300	82.16%	1116.8831	84.89%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.3. RESULTADOS DEL ANALISIS SISMICO DINAMICO TIEMPO HISTORIA.

Es importante mencionar que, se han utilizado menos de 7 juegos de registros sísmicos; entonces las fuerzas de diseño, las deformaciones en los elementos y las derivas (distorsiones) de entrepiso serán evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todos los análisis según lo estipula la norma E.030. Según los resultados obtenidos del análisis sísmico del edificio, el sismo escalado de Ica 2007 genera mayores esfuerzos y deformaciones, los resultados son los siguientes.

3.17.3.1. PERIODO DE VIBRACION.

Los periodos de vibración con análisis convencional y con ISE para el análisis dinámico tiempo historia son los mismos que los periodos obtenidos en el análisis dinámico modal espectral, ya que el análisis modal depende de las masas y rigideces de la estructura; al cambiar la carga horizontal no influye en el análisis modal de la edificación.

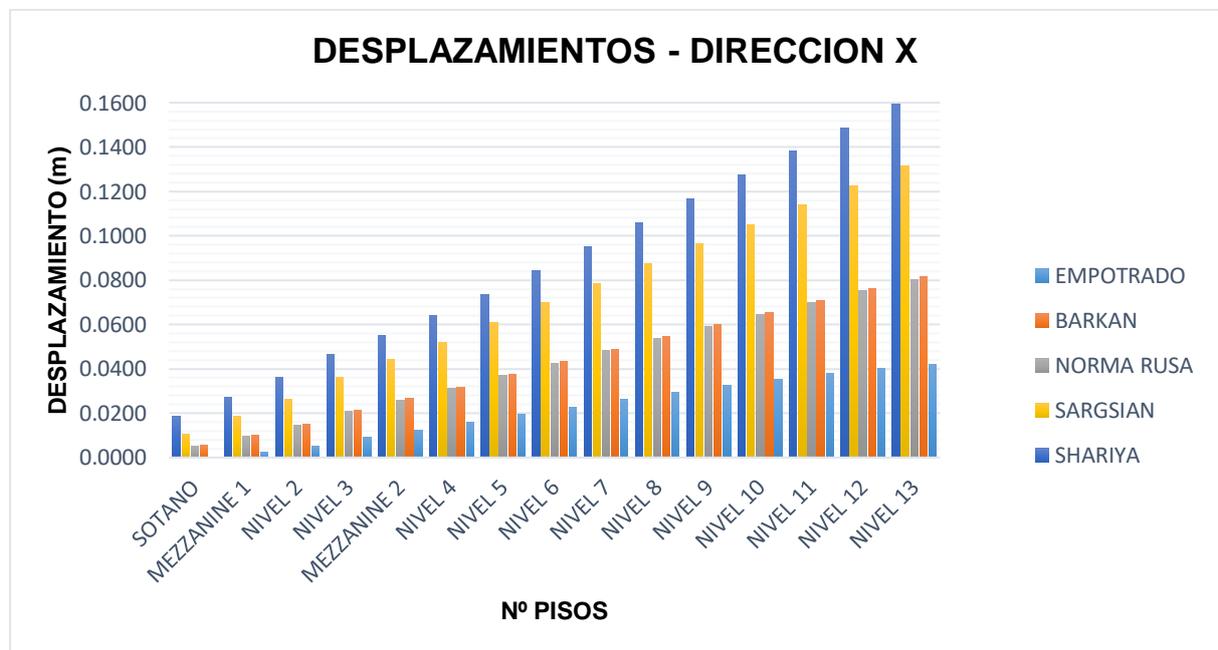
3.17.3.2. DESPLAZAMIENTOS LATERALES.

Tabla 74: Desplazamientos laterales en X para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	DESPLAZAMIENTO MAX. (m) SISMO ICA 2007									
	EMPOTRADO		BARKAN		NORMA RUSA		SARGSIAN		SHARIYA	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
NIVEL 13	0.0422	0.0414	0.0785	0.0814	0.0803	0.0680	0.0543	0.1314	0.0675	0.1594
NIVEL 12	0.0401	0.0393	0.0734	0.0761	0.0753	0.0637	0.0505	0.1226	0.0628	0.1488
NIVEL 11	0.0379	0.0370	0.0682	0.0708	0.0700	0.0593	0.0465	0.1139	0.0581	0.1381
NIVEL 10	0.0353	0.0344	0.0630	0.0654	0.0646	0.0547	0.0425	0.1051	0.0535	0.1274
NIVEL 9	0.0325	0.0316	0.0577	0.0599	0.0592	0.0501	0.0385	0.0962	0.0492	0.1166
NIVEL 8	0.0294	0.0286	0.0523	0.0544	0.0537	0.0453	0.0345	0.0874	0.0453	0.1058
NIVEL 7	0.0262	0.0254	0.0469	0.0488	0.0481	0.0406	0.0307	0.0786	0.0414	0.0950
NIVEL 6	0.0228	0.0222	0.0415	0.0431	0.0425	0.0358	0.0272	0.0697	0.0377	0.0842
NIVEL 5	0.0193	0.0187	0.0360	0.0375	0.0368	0.0310	0.0238	0.0609	0.0338	0.0734
NIVEL 4	0.0157	0.0153	0.0305	0.0317	0.0311	0.0261	0.0205	0.0520	0.0300	0.0638
MEZZANINE 2	0.0124	0.0121	0.0255	0.0266	0.0260	0.0218	0.0176	0.0440	0.0265	0.0552
NIVEL 3	0.0092	0.0089	0.0206	0.0215	0.0209	0.0175	0.0146	0.0361	0.0229	0.0466
NIVEL 2	0.0052	0.0051	0.0145	0.0152	0.0146	0.0122	0.0109	0.0263	0.0186	0.0359
MEZZANINE 1	0.0023	0.0023	0.0097	0.0102	0.0097	0.0080	0.0080	0.0184	0.0151	0.0272
SOTANO	0.0003	0.0003	0.0052	0.0055	0.0053	0.0043	0.0051	0.0107	0.0117	0.0187

Fuente: Elaboración propia.

Figura 73: Desplazamientos en X para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.



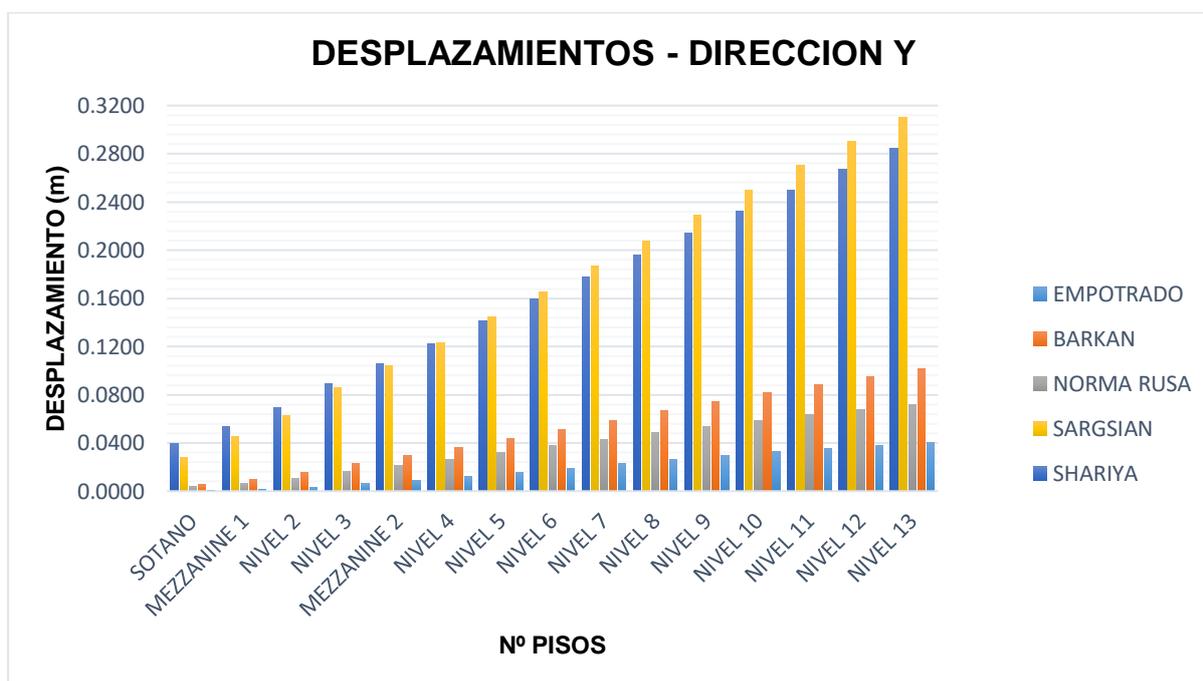
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75: Desplazamientos laterales en Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	DESPLAZAMIENTO MAX. (m) SISMO ICA 2007									
	EMPOTRADO		BARKAN		NORMA RUSA		SARGSIAN		SHARIYA	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
NIVEL 13	0.0353	0.0401	0.0581	0.1015	0.0720	0.0671	0.3105	0.1163	0.2846	0.0787
NIVEL 12	0.0336	0.0380	0.0546	0.0952	0.0679	0.0631	0.2904	0.1088	0.2674	0.0736
NIVEL 11	0.0316	0.0356	0.0510	0.0885	0.0636	0.0590	0.2701	0.1012	0.2500	0.0685
NIVEL 10	0.0294	0.0328	0.0471	0.0815	0.0589	0.0545	0.2495	0.0935	0.2323	0.0634
NIVEL 9	0.0269	0.0297	0.0430	0.0741	0.0540	0.0497	0.2287	0.0858	0.2144	0.0582
NIVEL 8	0.0241	0.0262	0.0387	0.0666	0.0487	0.0446	0.2077	0.0780	0.1962	0.0531
NIVEL 7	0.0212	0.0227	0.0344	0.0589	0.0432	0.0394	0.1867	0.0702	0.1779	0.0488
NIVEL 6	0.0182	0.0191	0.0300	0.0512	0.0377	0.0342	0.1655	0.0623	0.1595	0.0445
NIVEL 5	0.0150	0.0155	0.0255	0.0436	0.0320	0.0289	0.1444	0.0545	0.1410	0.0402
NIVEL 4	0.0118	0.0121	0.0210	0.0360	0.0263	0.0237	0.1232	0.0466	0.1225	0.0358
MEZZANINE 2	0.0090	0.0092	0.0171	0.0294	0.0213	0.0192	0.1044	0.0396	0.1059	0.0317
NIVEL 3	0.0063	0.0065	0.0134	0.0230	0.0164	0.0148	0.0858	0.0326	0.0896	0.0277
NIVEL 2	0.0032	0.0033	0.0090	0.0155	0.0108	0.0098	0.0631	0.0241	0.0697	0.0227
MEZZANINE 1	0.0012	0.0013	0.0058	0.0101	0.0068	0.0062	0.0452	0.0173	0.0540	0.0187
SOTANO	0.0001	0.0001	0.0031	0.0055	0.0038	0.0034	0.0280	0.0108	0.0392	0.0149

Fuente: Elaboración propia.

Figura 74: Desplazamientos en Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.3.2.1. VARIACION PORCENTUAL DE DESPLAZAMIENTOS.

Tabla 76: Variación porcentual de desplazamientos máximos en X, Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.

SISMO	DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS (m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
X máx.	100%	192.76%	190.32%	311.27%	377.67%
Y máx.	100%	253.03%	179.62%	774.34%	709.73%

Fuente: Elaboración propia.

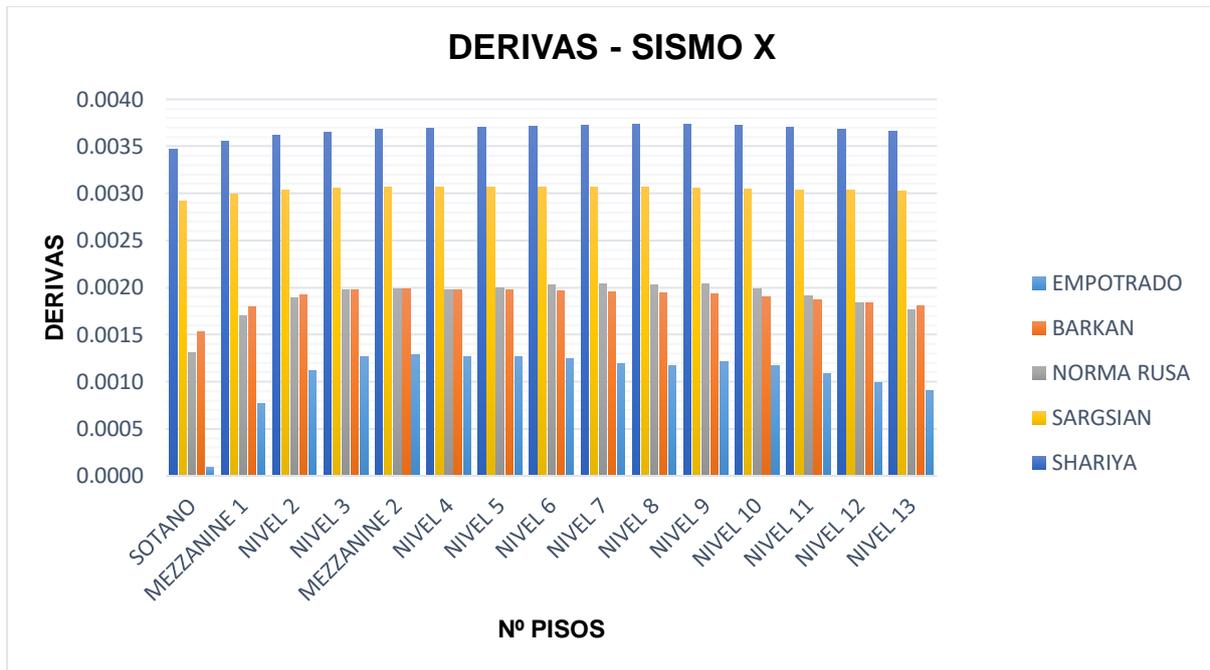
3.17.3.3. DERIVAS O DISTORSIONES DE ENTREPISO.

Tabla 77: Derivas de entrepiso en X para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico tiempo Historia.

PISOS	DERIVAS $\Delta i / h_{ei}$ SISMO ICA 2007														
	EMPOTRADO		CONTRO L ($\Delta < 0.007$)	BARKAN		CONTRO L ($\Delta < 0.007$)	NORMA RUSA		CONTRO L ($\Delta < 0.007$)	SARGSIAN		CONTRO L ($\Delta < 0.007$)	SHARIYA		CONTRO L ($\Delta < 0.007$)
	CASO 1	CASO 2		CASO 1	CASO 2		CASO 1	CASO 2		CASO 1	CASO 2		CASO 1	CASO 2	
NIVEL 13	0.0009	0.0008	CUMPLE	0.0018	0.0018	CUMPLE	0.0018	0.0015	CUMPLE	0.0013	0.0030	CUMPLE	0.0017	0.0037	CUMPLE
NIVEL 12	0.0010	0.0008	CUMPLE	0.0018	0.0018	CUMPLE	0.0018	0.0015	CUMPLE	0.0014	0.0030	CUMPLE	0.0018	0.0037	CUMPLE
NIVEL 11	0.0011	0.0009	CUMPLE	0.0018	0.0019	CUMPLE	0.0019	0.0016	CUMPLE	0.0014	0.0030	CUMPLE	0.0018	0.0037	CUMPLE
NIVEL 10	0.0012	0.0010	CUMPLE	0.0019	0.0019	CUMPLE	0.0020	0.0016	CUMPLE	0.0014	0.0030	CUMPLE	0.0018	0.0037	CUMPLE
NIVEL 9	0.0012	0.0011	CUMPLE	0.0019	0.0019	CUMPLE	0.0020	0.0017	CUMPLE	0.0014	0.0031	CUMPLE	0.0018	0.0037	CUMPLE
NIVEL 8	0.0012	0.0011	CUMPLE	0.0019	0.0019	CUMPLE	0.0020	0.0017	CUMPLE	0.0014	0.0031	CUMPLE	0.0017	0.0037	CUMPLE
NIVEL 7	0.0012	0.0012	CUMPLE	0.0019	0.0020	CUMPLE	0.0020	0.0017	CUMPLE	0.0014	0.0031	CUMPLE	0.0017	0.0037	CUMPLE
NIVEL 6	0.0012	0.0012	CUMPLE	0.0019	0.0020	CUMPLE	0.0020	0.0017	CUMPLE	0.0014	0.0031	CUMPLE	0.0017	0.0037	CUMPLE
NIVEL 5	0.0013	0.0012	CUMPLE	0.0019	0.0020	CUMPLE	0.0020	0.0017	CUMPLE	0.0013	0.0031	CUMPLE	0.0017	0.0037	CUMPLE
NIVEL 4	0.0013	0.0012	CUMPLE	0.0019	0.0020	CUMPLE	0.0020	0.0017	CUMPLE	0.0013	0.0031	CUMPLE	0.0016	0.0037	CUMPLE
MEZZANINE 2	0.0013	0.0013	CUMPLE	0.0019	0.0020	CUMPLE	0.0020	0.0017	CUMPLE	0.0012	0.0031	CUMPLE	0.0016	0.0037	CUMPLE
NIVEL 3	0.0013	0.0012	CUMPLE	0.0019	0.0020	CUMPLE	0.0020	0.0017	CUMPLE	0.0012	0.0031	CUMPLE	0.0015	0.0036	CUMPLE
NIVEL 2	0.0011	0.0011	CUMPLE	0.0018	0.0019	CUMPLE	0.0019	0.0016	CUMPLE	0.0012	0.0030	CUMPLE	0.0015	0.0036	CUMPLE
MEZZANINE 1	0.0008	0.0007	CUMPLE	0.0017	0.0018	CUMPLE	0.0017	0.0014	CUMPLE	0.0012	0.0030	CUMPLE	0.0015	0.0036	CUMPLE
SOTANO	0.0001	0.0001	CUMPLE	0.0015	0.0015	CUMPLE	0.0013	0.0011	CUMPLE	0.0012	0.0029	CUMPLE	0.0015	0.0035	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Figura 75: Derivas en X para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.



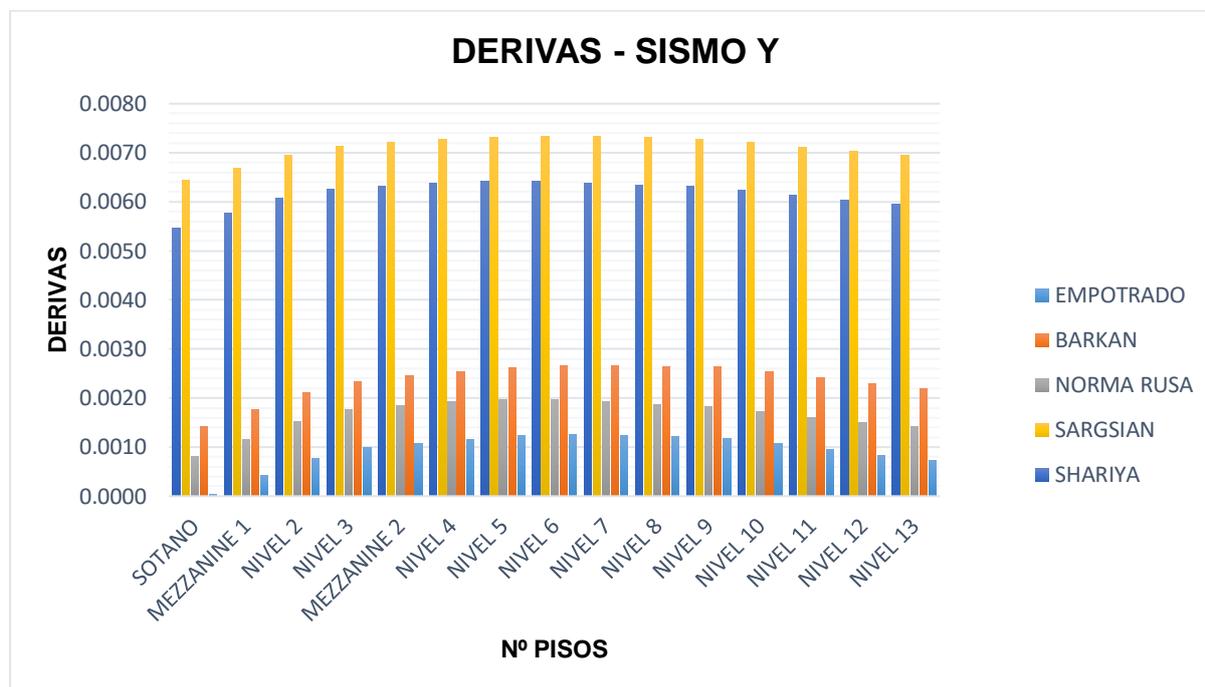
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78: Derivas de entrepiso en Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico tiempo Historia.

PISOS	DERIVAS Δ_i / h_{ei} SISMO ICA 2007														
	EMPOTRADO		CONTROL ($\Delta < 0.007$)	BARKAN		CONTROL ($\Delta < 0.007$)	NORMA RUSA		CONTROL ($\Delta < 0.007$)	SARGSIAN		CONTROL ($\Delta < 0.007$)	SHARIYA		CONTROL ($\Delta < 0.007$)
	CASO 1	CASO 2		CASO 1	CASO 2		CASO 1	CASO 2		CASO 1	CASO 2		CASO 1	CASO 2	
NIVEL 13	0.0006	0.0007	CUMPLE	0.0012	0.0022	CUMPLE	0.0014	0.0013	CUMPLE	0.0069	0.0026	CUMPLE	0.0060	0.0018	CUMPLE
NIVEL 12	0.0007	0.0008	CUMPLE	0.0013	0.0023	CUMPLE	0.0015	0.0014	CUMPLE	0.0070	0.0026	CUMPLE	0.0060	0.0018	CUMPLE
NIVEL 11	0.0008	0.0010	CUMPLE	0.0014	0.0024	CUMPLE	0.0016	0.0015	CUMPLE	0.0071	0.0027	CUMPLE	0.0061	0.0019	CUMPLE
NIVEL 10	0.0009	0.0011	CUMPLE	0.0014	0.0025	CUMPLE	0.0017	0.0017	CUMPLE	0.0072	0.0027	CUMPLE	0.0062	0.0019	CUMPLE
NIVEL 9	0.0010	0.0012	CUMPLE	0.0015	0.0026	CUMPLE	0.0018	0.0018	CUMPLE	0.0073	0.0027	NO CUMPLE	0.0063	0.0019	CUMPLE
NIVEL 8	0.0010	0.0012	CUMPLE	0.0015	0.0026	CUMPLE	0.0019	0.0018	CUMPLE	0.0073	0.0027	NO CUMPLE	0.0063	0.0019	CUMPLE
NIVEL 7	0.0011	0.0012	CUMPLE	0.0015	0.0027	CUMPLE	0.0019	0.0018	CUMPLE	0.0073	0.0027	NO CUMPLE	0.0064	0.0019	CUMPLE
NIVEL 6	0.0011	0.0013	CUMPLE	0.0015	0.0027	CUMPLE	0.0020	0.0018	CUMPLE	0.0073	0.0027	NO CUMPLE	0.0064	0.0019	CUMPLE
NIVEL 5	0.0011	0.0012	CUMPLE	0.0015	0.0026	CUMPLE	0.0020	0.0018	CUMPLE	0.0073	0.0027	NO CUMPLE	0.0064	0.0019	CUMPLE
NIVEL 4	0.0011	0.0012	CUMPLE	0.0015	0.0025	CUMPLE	0.0019	0.0018	CUMPLE	0.0073	0.0027	NO CUMPLE	0.0064	0.0018	CUMPLE
MEZZANINE 2	0.0010	0.0011	CUMPLE	0.0014	0.0025	CUMPLE	0.0019	0.0017	CUMPLE	0.0072	0.0027	CUMPLE	0.0063	0.0018	CUMPLE
NIVEL 3	0.0010	0.0010	CUMPLE	0.0014	0.0023	CUMPLE	0.0018	0.0016	CUMPLE	0.0071	0.0027	CUMPLE	0.0063	0.0017	CUMPLE
NIVEL 2	0.0008	0.0008	CUMPLE	0.0012	0.0021	CUMPLE	0.0015	0.0014	CUMPLE	0.0070	0.0026	CUMPLE	0.0061	0.0017	CUMPLE
MEZZANINE 1	0.0004	0.0004	CUMPLE	0.0010	0.0018	CUMPLE	0.0012	0.0011	CUMPLE	0.0067	0.0025	CUMPLE	0.0058	0.0016	CUMPLE
SOTANO	0.0000	0.0000	CUMPLE	0.0008	0.0014	CUMPLE	0.0008	0.0007	CUMPLE	0.0064	0.0024	CUMPLE	0.0055	0.0015	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia.

Figura 76: Derivas en Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.3.4. VARIACION PORCENTUAL DE DERIVAS.

Tabla 79: Variación porcentual de derivas máximas en X, Y para sismo de ICA 2007 con análisis dinámico tiempo Historia.

SISMO	DERIVAS MAXIMAS				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
X máx.	100%	154.79%	158.37%	238.83%	290.89%
Y máx.	100%	212.53%	156.98%	585.71%	512.21%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.3.5. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN COLUMNAS.

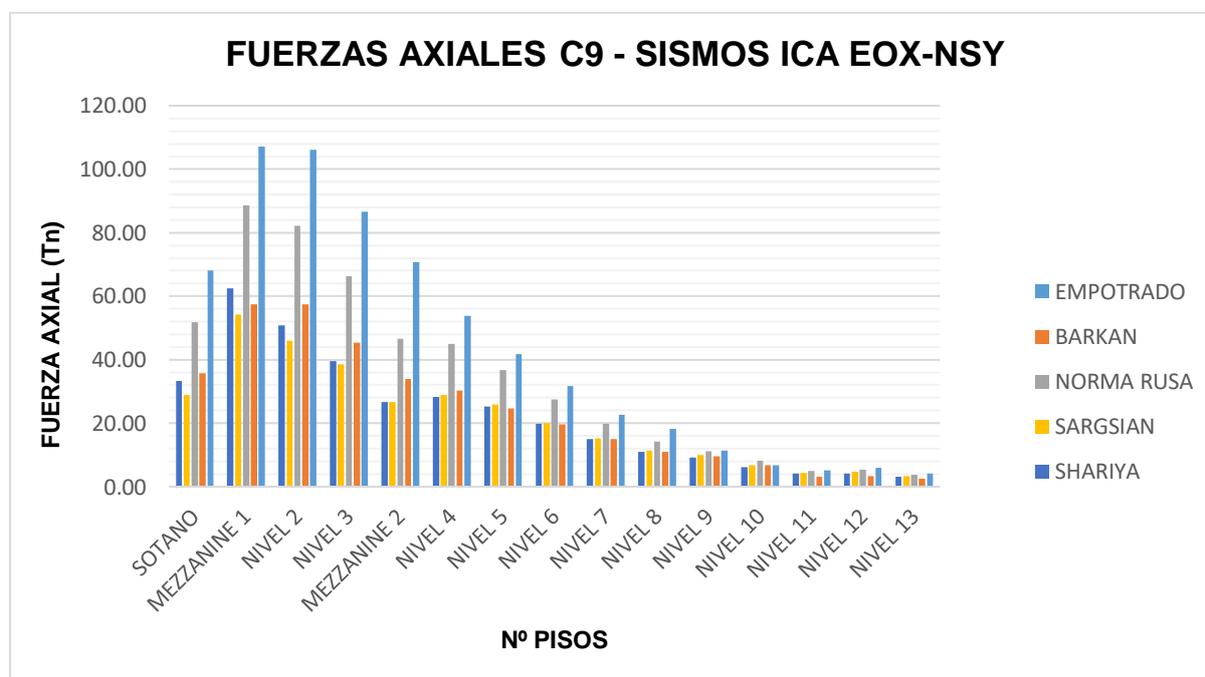
3.17.3.5.1. FUERZAS AXIALES EN COLUMNAS.

Tabla 80: Fuerzas Axiales en columna C9 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA AXIAL Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	4.1886	2.5504	3.6959	3.3018	3.0348
NIVEL 12	5.9418	3.4170	5.3802	4.6858	4.2235
NIVEL 11	5.0565	3.1446	4.8603	4.2406	4.1629
NIVEL 10	6.8206	6.7805	8.1558	6.7618	6.2317
NIVEL 9	11.3278	9.6124	11.1296	9.9027	9.1177
NIVEL 8	18.2067	10.9018	14.2028	11.4555	10.9197
NIVEL 7	22.6200	14.9537	19.7334	15.2108	15.0618
NIVEL 6	31.6791	19.6993	27.3815	20.0236	19.7985
NIVEL 5	41.7635	24.7402	36.7001	25.8657	25.3381
NIVEL 4	53.7661	30.3404	44.9980	28.9482	28.3719
MEZZANINE 2	70.6620	33.8402	46.6719	26.6850	26.5808
NIVEL 3	86.5660	45.3511	66.2347	38.6032	39.4894
NIVEL 2	106.0449	57.4363	82.2276	45.9720	50.7858
MEZZANINE 1	107.0236	57.4708	88.5641	54.1344	62.5093
SOTANO	68.1296	35.7439	51.7406	28.9351	33.2903

Fuente: Elaboración propia.

Figura 77: Fuerzas Axiales en columna C9, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.



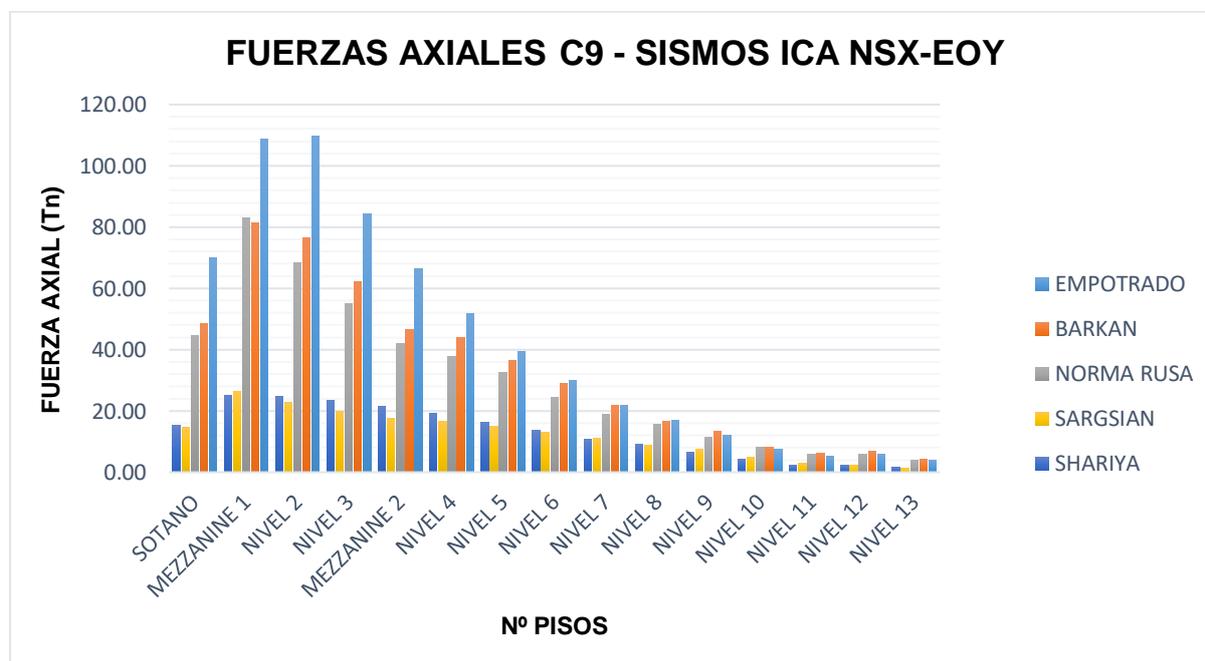
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81: Fuerzas Axiales en columna C9 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA AXIAL Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	3.9573	4.2638	3.9059	1.4059	1.5797
NIVEL 12	5.7902	6.7469	5.9689	2.3228	2.3701
NIVEL 11	5.1004	6.3351	5.9210	3.0683	2.4042
NIVEL 10	7.3583	8.2173	8.0564	5.0381	4.3800
NIVEL 9	11.9977	13.4164	11.4744	7.6514	6.4444
NIVEL 8	16.8333	16.5080	15.4757	8.8988	9.2790
NIVEL 7	21.6966	21.9070	18.9736	10.9283	10.7175
NIVEL 6	29.9069	28.8789	24.3377	12.9921	13.5920
NIVEL 5	39.3512	36.5240	32.4868	14.8421	16.2362
NIVEL 4	51.9157	44.0803	37.6488	16.5024	19.0599
MEZZANINE 2	66.2817	46.6685	41.8907	17.5254	21.4049
NIVEL 3	84.2184	62.0649	54.9541	19.9168	23.3000
NIVEL 2	109.8702	76.3635	68.4273	22.7060	24.8674
MEZZANINE 1	108.8522	81.3304	82.9750	26.2399	25.0903
SOTANO	70.0350	48.4930	44.5973	14.5613	15.3659

Fuente: Elaboración propia.

Figura 78: Fuerzas Axiales en columna C9, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

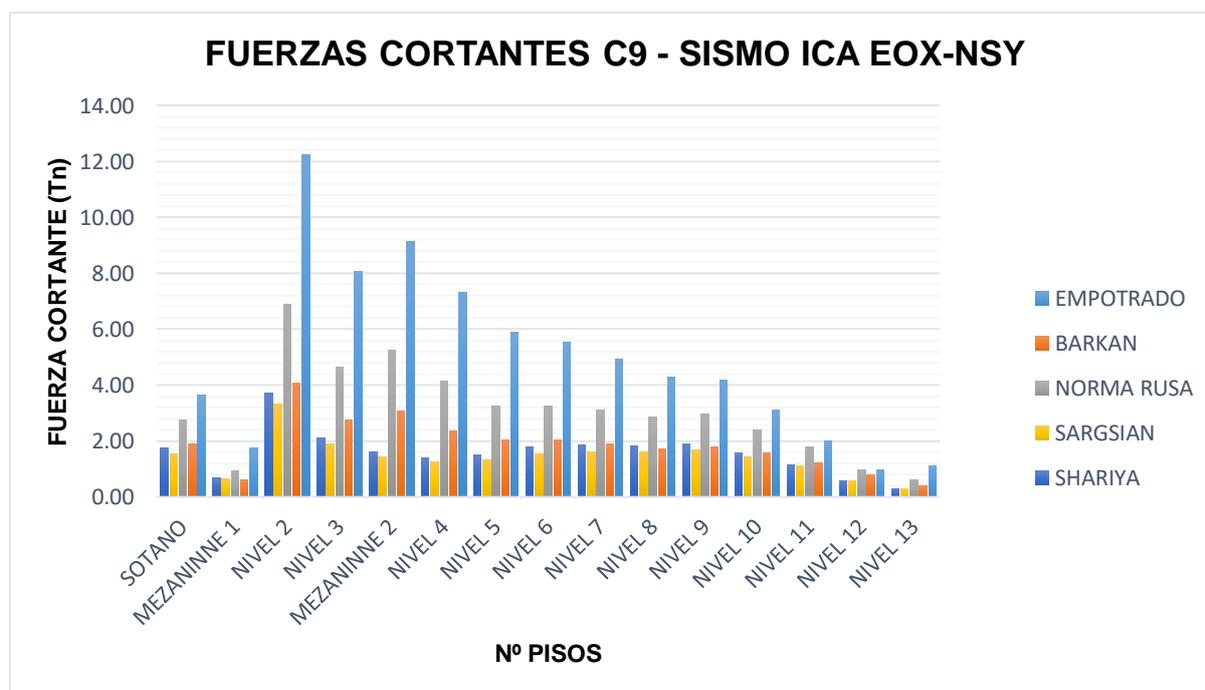
3.17.3.5.2. FUERZAS CORTANTES EN COLUMNAS.

Tabla 82: Fuerzas Cortantes en columna C9 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA CORTANTE Vmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	1.1142	0.3885	0.6156	0.3046	0.3086
NIVEL 12	0.9790	0.7852	0.9604	0.5786	0.5805
NIVEL 11	1.9999	1.2088	1.7742	1.0951	1.1347
NIVEL 10	3.0936	1.5903	2.3913	1.4428	1.5712
NIVEL 9	4.1709	1.7946	2.9660	1.6979	1.9080
NIVEL 8	4.2894	1.7277	2.8762	1.6131	1.8111
NIVEL 7	4.9305	1.8956	3.1246	1.6154	1.8434
NIVEL 6	5.5432	2.0374	3.2484	1.5516	1.7738
NIVEL 5	5.9003	2.0518	3.2377	1.3245	1.4877
NIVEL 4	7.3251	2.3691	4.1583	1.2487	1.3992
MEZANINNE 2	9.1242	3.0830	5.2372	1.4408	1.6240
NIVEL 3	8.0680	2.7498	4.6370	1.8875	2.0998
NIVEL 2	12.2351	4.0581	6.8911	3.3312	3.7105
MEZANINNE 1	1.7646	0.6223	0.9364	0.6363	0.6774
SOTANO	3.6349	1.8996	2.7485	1.5392	1.7644

Fuente: Elaboración propia.

Figura 79: Fuerzas cortantes en columna C9, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.



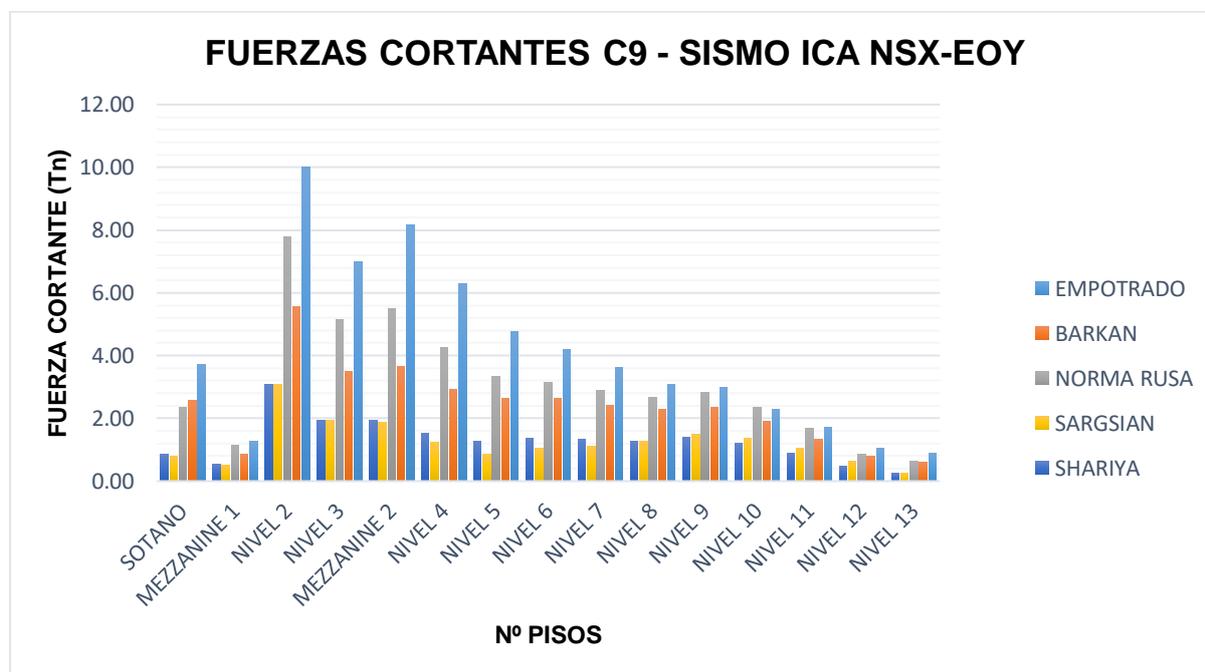
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83: Fuerzas Cortantes en columna C9 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA CORTANTE Vmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	0.8850	0.5966	0.6293	0.2573	0.2660
NIVEL 12	1.0439	0.7948	0.8532	0.6477	0.4870
NIVEL 11	1.7095	1.3354	1.6918	1.0517	0.8863
NIVEL 10	2.2986	1.8958	2.3525	1.3509	1.2032
NIVEL 9	2.9719	2.3631	2.8408	1.4813	1.4035
NIVEL 8	3.0798	2.2948	2.6663	1.2570	1.2550
NIVEL 7	3.6280	2.4170	2.8886	1.1155	1.3294
NIVEL 6	4.1972	2.6254	3.1491	1.0462	1.3677
NIVEL 5	4.7557	2.6356	3.3405	0.8419	1.2814
NIVEL 4	6.2846	2.9078	4.2441	1.2241	1.5285
MEZZANINE 2	8.1581	3.6642	5.5042	1.8732	1.9258
NIVEL 3	7.0025	3.4890	5.1472	1.9489	1.9387
NIVEL 2	10.0036	5.5713	7.7788	3.0972	3.0930
MEZZANINE 1	1.2559	0.8519	1.1429	0.5095	0.5409
SOTANO	3.7227	2.5827	2.3526	0.7847	0.8702

Fuente: Elaboración propia.

Figura 80: Fuerzas cortantes en columna C9, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

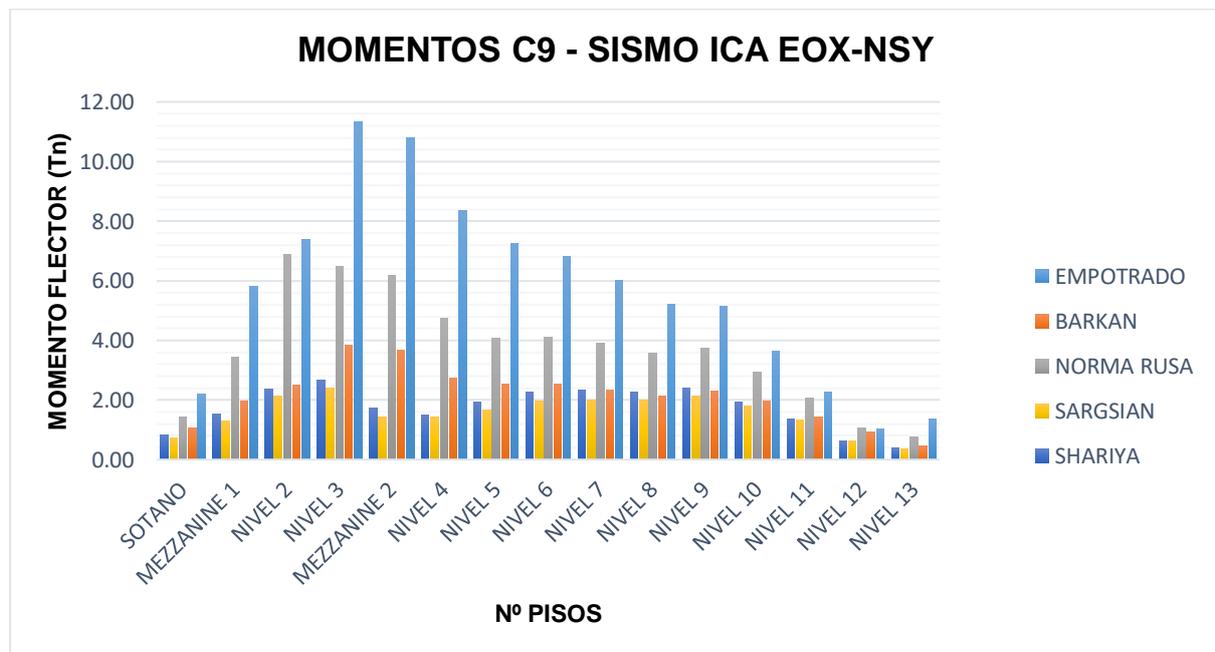
3.17.3.5.3. MOMENTOS FLECTORES EN COLUMNAS.

Tabla 84: Momentos flectores en columna C9 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Mmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	1.3688	0.4714	0.7707	0.3507	0.3780
NIVEL 12	1.0416	0.9269	1.0632	0.6423	0.6326
NIVEL 11	2.2640	1.4343	2.0803	1.3166	1.3544
NIVEL 10	3.6517	1.9680	2.9218	1.7840	1.9170
NIVEL 9	5.1334	2.2941	3.7281	2.1202	2.4086
NIVEL 8	5.2067	2.1185	3.5643	2.0001	2.2715
NIVEL 7	6.0072	2.3224	3.8934	2.0087	2.3262
NIVEL 6	6.8322	2.5240	4.1025	1.9496	2.2682
NIVEL 5	7.2596	2.5435	4.0831	1.6752	1.9287
NIVEL 4	8.3524	2.7296	4.7411	1.4331	1.5066
MEZZANINE 2	10.7998	3.6741	6.1899	1.4408	1.7327
NIVEL 3	11.3172	3.8404	6.4851	2.3944	2.6623
NIVEL 2	7.3756	2.4878	6.8911	2.1197	2.3662
MEZZANINE 1	5.8008	1.9600	3.4389	1.3086	1.5449
SOTANO	2.2090	1.0688	1.4318	0.7113	0.8272

Fuente: Elaboración propia.

Figura 81: Momentos flectores en columna C9, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.



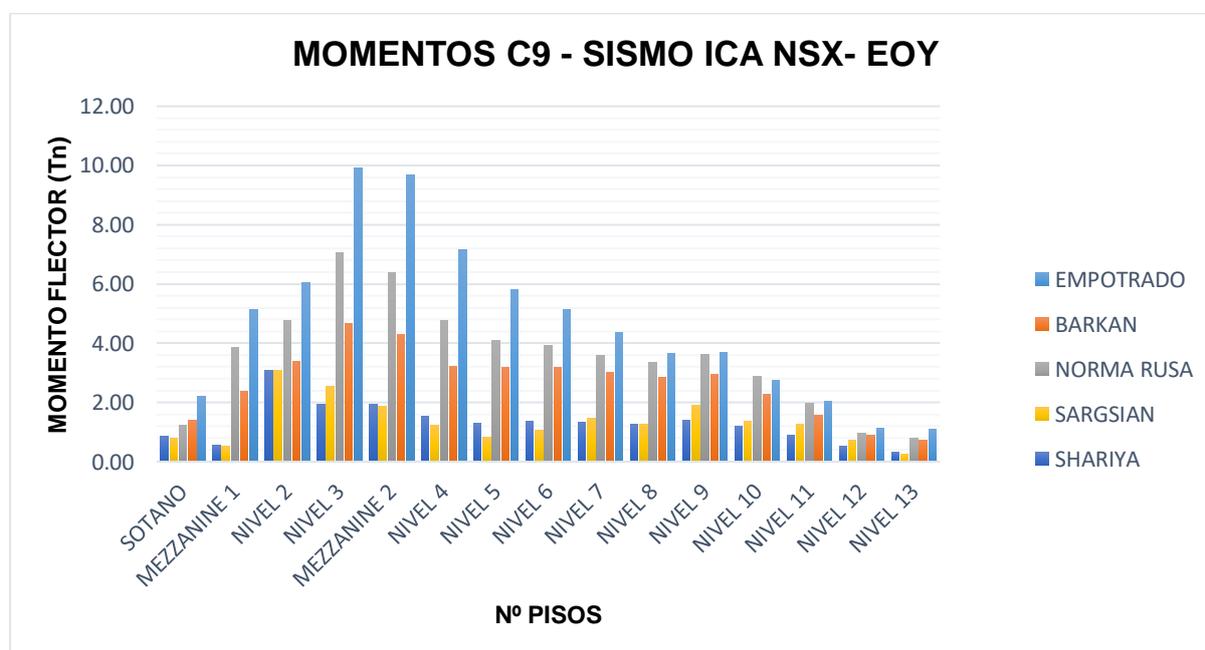
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85: Momentos flectores en columna C9 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Mmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	1.0913	0.7246	0.7823	0.2623	0.3322
NIVEL 12	1.1348	0.9043	0.9523	0.7389	0.5142
NIVEL 11	2.0343	1.5796	1.9867	1.2718	0.8863
NIVEL 10	2.7525	2.2846	2.8812	1.3509	1.2032
NIVEL 9	3.7036	2.9521	3.6052	1.9066	1.4035
NIVEL 8	3.6703	2.8379	3.3377	1.2570	1.2550
NIVEL 7	4.3529	2.9997	3.5965	1.4561	1.3294
NIVEL 6	5.1245	3.1877	3.9183	1.0462	1.3677
NIVEL 5	5.8204	3.1961	4.0963	0.8419	1.2814
NIVEL 4	7.1667	3.2296	4.7537	1.2363	1.5285
MEZZANINE 2	9.6804	4.3014	6.3777	1.8732	1.9258
NIVEL 3	9.9015	4.6559	7.0678	2.5589	1.9387
NIVEL 2	6.0517	3.3822	4.7675	3.0972	3.0930
MEZZANINE 1	5.1327	2.3782	3.8512	0.5095	0.5409
SOTANO	2.2020	1.3933	1.2376	0.7847	0.8702

Fuente: Elaboración propia.

Figura 82: Momentos flectores en columna C9, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.3.5.4. VARIACION DE FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN COLUMNAS.

Tabla 86: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en columna C9 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN COLUMNA C9 SISMO ICA 2007 EOX-NSY							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANT E(Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENT O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
C9	EMPOTRADO	107.0236	100%	12.2351	100%	11.3172	100%
C9	BARKAN	57.4708	53.70%	4.0581	33.17%	3.8404	33.93%
C9	NORMA RUSA	88.5641	82.75%	6.8911	56.32%	6.8911	60.89%
C9	SARGSIAN	54.1344	50.58%	3.3312	27.23%	2.3944	21.16%
C9	SHARIYA	62.5093	58.41%	3.7105	30.33%	2.6623	23.52%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en columna C9 para sismo de ICA 2007 NSX – EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN COLUMNA C9 SISMO ICA 2007 NSX-EOY							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANT E(Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENT O(Tn.m)	% VAR. Mmax.
C9	EMPOTRADO	109.8702	100%	10.0036	100%	9.9015	100%
C9	BARKAN	81.3304	74.02%	5.5713	55.69%	4.6559	47.02%
C9	NORMA RUSA	82.9750	75.52%	7.7788	77.76%	7.0678	71.38%
C9	SARGSIAN	26.2399	23.88%	3.0972	30.96%	3.0972	31.28%
C9	SHARIYA	25.0903	22.84%	3.0930	30.92%	3.0930	31.24%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.3.6. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN VIGAS.

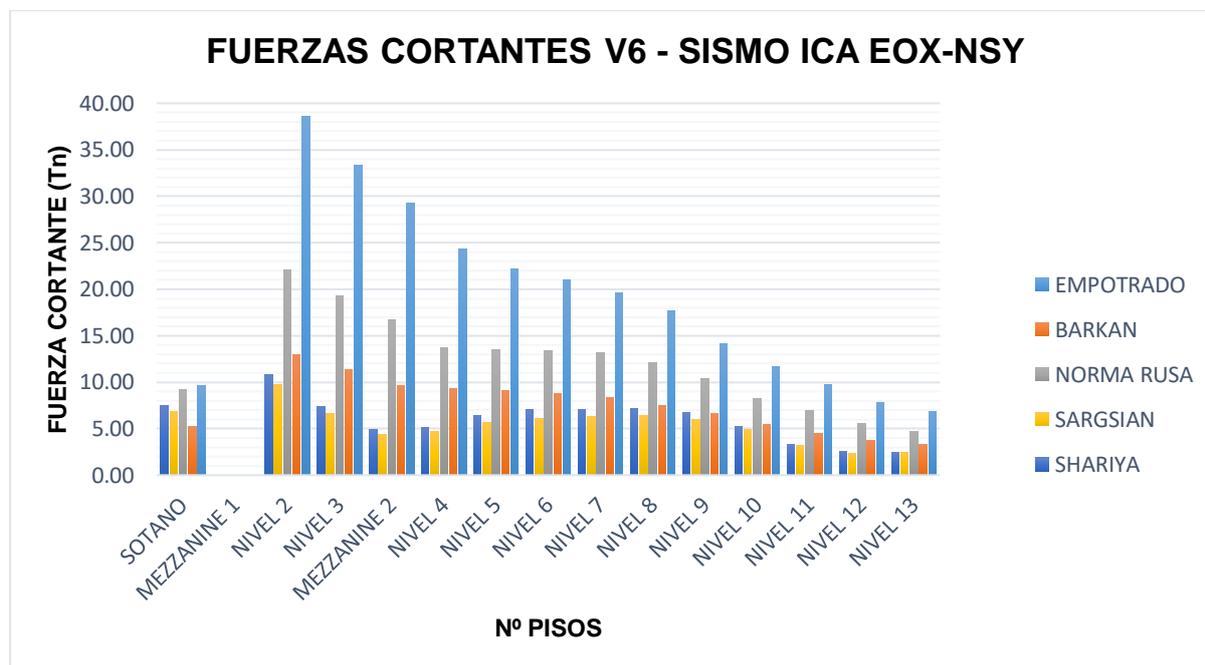
3.17.3.6.1. FUERZAS CORTANTES EN VIGAS.

Tabla 88: Fuerzas Cortantes en viga V6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA CORTANTE Vmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	6.8061	3.3497	4.7367	2.4140	2.4462
NIVEL 12	7.8196	3.6976	5.5148	2.3677	2.5626
NIVEL 11	9.7705	4.5246	6.9225	3.2214	3.2912
NIVEL 10	11.6920	5.4363	8.2184	4.9272	5.2122
NIVEL 9	14.1004	6.6270	10.4097	6.0302	6.7601
NIVEL 8	17.6671	7.5211	12.0694	6.3992	7.1794
NIVEL 7	19.5824	8.3601	13.1745	6.2621	7.0810
NIVEL 6	20.9648	8.7465	13.4372	6.1441	7.0411
NIVEL 5	22.1647	9.0554	13.4502	5.6584	6.4488
NIVEL 4	24.2984	9.3014	13.6718	4.7464	5.1060
MEZZANINE 2	29.2724	9.5967	16.7084	4.3900	4.9505
NIVEL 3	33.3827	11.3592	19.2616	6.6106	7.3827
NIVEL 2	38.5576	12.9513	22.0569	9.7096	10.8155
MEZZANINE 1					
SOTANO	9.6492	5.2332	9.1998	6.8706	7.4919

Fuente: Elaboración propia.

Figura 83: Fuerzas Cortantes en viga V6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.



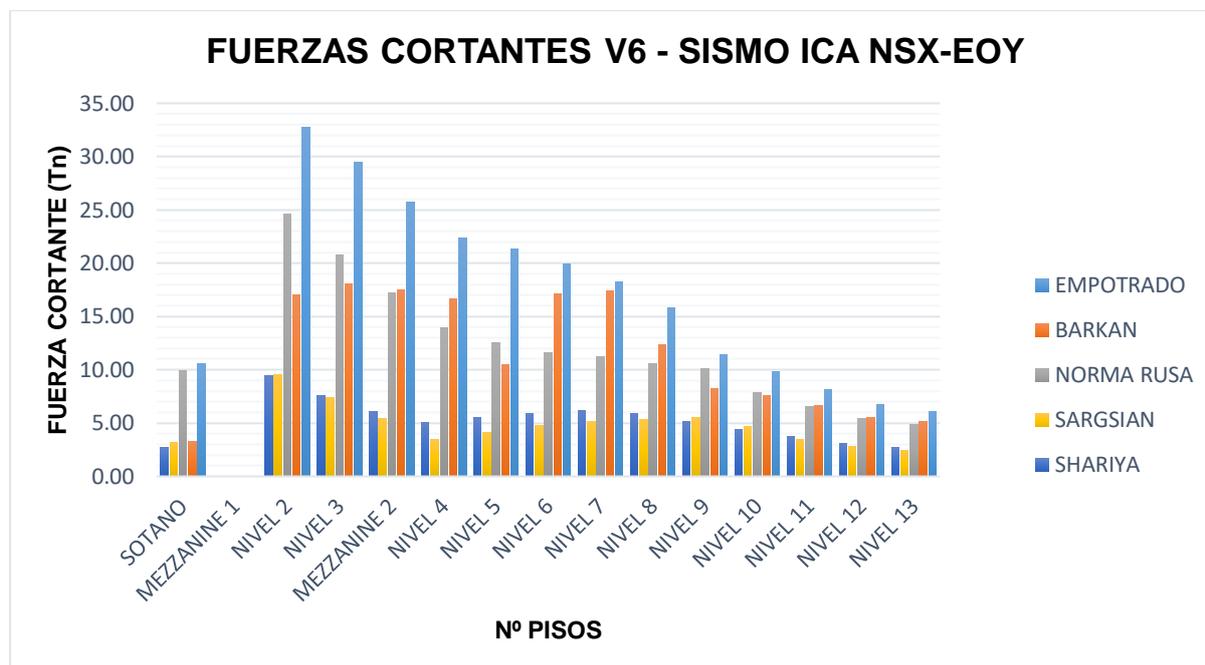
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 89: Fuerzas Cortantes en viga V6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA CORTANTE Vmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	6.0803	5.1086	4.8455	2.4490	2.6895
NIVEL 12	6.6983	5.5440	5.3951	2.8013	3.0551
NIVEL 11	8.1605	6.6160	6.5420	3.4746	3.7541
NIVEL 10	9.8414	7.5851	7.8357	4.6587	4.3672
NIVEL 9	11.4551	8.2787	10.1284	5.5203	5.1060
NIVEL 8	15.8542	12.3683	10.5942	5.3135	5.9009
NIVEL 7	18.2312	17.4234	11.1824	5.1682	6.1819
NIVEL 6	19.8990	17.1009	11.5710	4.7318	5.9390
NIVEL 5	21.3457	10.5164	12.5238	4.1351	5.5127
NIVEL 4	22.3603	16.6222	13.9110	3.4757	5.0172
MEZZANINE 2	25.7323	17.5217	17.2160	5.4276	6.0709
NIVEL 3	29.4469	18.0126	20.7643	7.4037	7.5499
NIVEL 2	32.7169	17.0017	24.5966	9.5301	9.4733
MEZZANINE 1					
SOTANO	10.6120	3.2579	9.9511	3.1408	2.7009

Fuente: Elaboración propia.

Figura 84: Fuerzas Cortantes en viga V6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

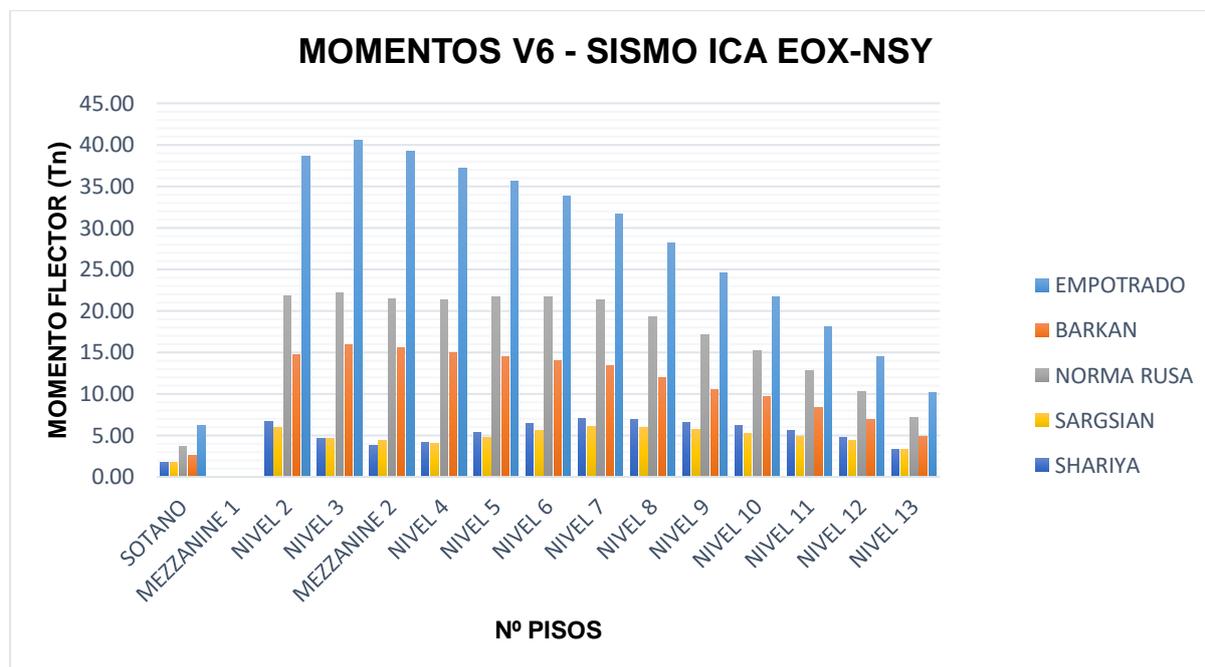
3.17.3.6.2. MOMENTOS FLECTORES EN VIGAS.

Tabla 90: Momentos flectores en viga V6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Mmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	10.2049	4.8764	7.1518	3.2998	3.3624
NIVEL 12	14.5340	6.8658	10.2648	4.3492	4.7334
NIVEL 11	18.1358	8.3840	12.8569	4.8406	5.5395
NIVEL 10	21.6695	9.6702	15.2294	5.2907	6.2428
NIVEL 9	24.5342	10.5604	17.0832	5.6805	6.5648
NIVEL 8	28.1579	11.9575	19.2728	5.9063	6.9423
NIVEL 7	31.6348	13.4028	21.3051	6.1309	7.0627
NIVEL 6	33.7946	14.0036	21.7099	5.6090	6.3804
NIVEL 5	35.6073	14.4958	21.7188	4.8072	5.3827
NIVEL 4	37.1719	14.9171	21.3619	3.9861	4.1340
MEZZANINE 2	39.1999	15.6169	21.3958	4.4410	3.7399
NIVEL 3	40.5074	15.8890	22.2087	4.6897	4.6179
NIVEL 2	38.5879	14.7269	21.8637	5.9879	6.6740
MEZZANINE 1					
SOTANO	6.1754	2.5990	3.6691	1.7283	1.7414

Fuente: Elaboración propia.

Figura 85: Momentos flectores en viga V6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.



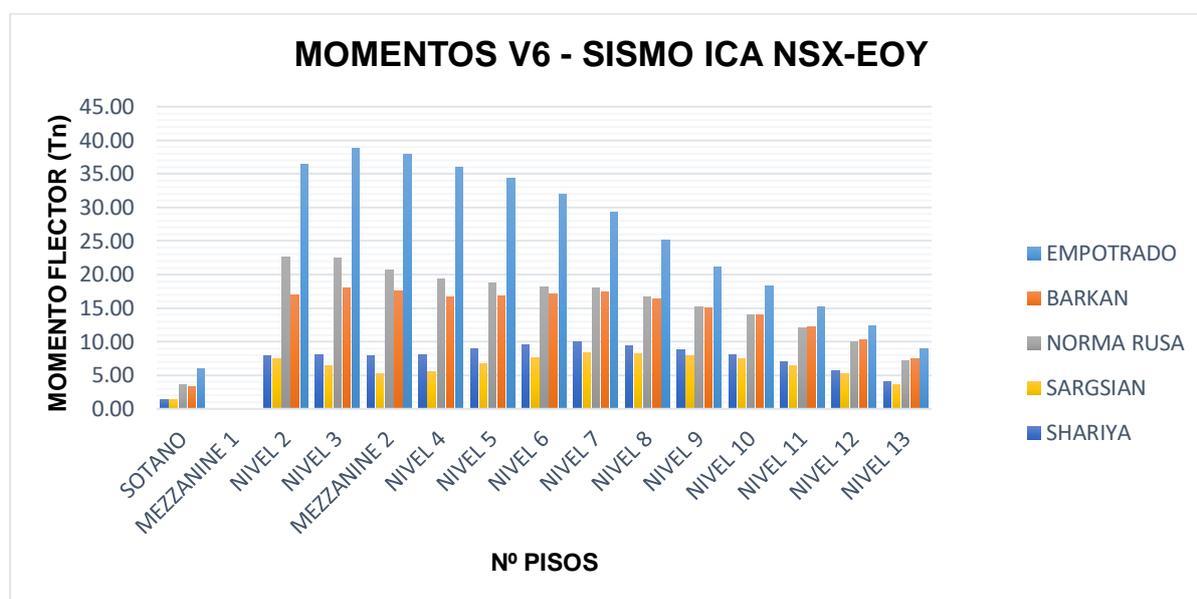
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 91: Momentos flectores en viga V6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Mmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	8.9058	7.4099	7.1426	3.6422	4.0070
NIVEL 12	12.4123	10.2661	10.0112	5.2128	5.6775
NIVEL 11	15.1255	12.2459	12.1278	6.4475	6.9647
NIVEL 10	18.2392	14.0247	14.0109	7.4243	8.0856
NIVEL 9	21.0771	15.0914	15.2271	7.8984	8.7823
NIVEL 8	25.1675	16.3683	16.5979	8.1961	9.4435
NIVEL 7	29.3248	17.4234	18.0106	8.3315	9.9654
NIVEL 6	31.9909	17.1009	18.2222	7.6110	9.5604
NIVEL 5	34.3188	16.7506	18.7076	6.6476	8.8743
NIVEL 4	36.0344	16.6222	19.3854	5.5986	8.1071
MEZZANINE 2	37.8992	17.5217	20.7468	5.2289	7.9326
NIVEL 3	38.8227	18.0126	22.4294	6.4237	8.0700
NIVEL 2	36.4670	17.0017	22.6613	7.5336	7.9433
MEZZANINE 1	37.8992	17.5217	20.7468	5.2289	7.9326
SOTANO	6.0206	3.2579	3.5840	1.3510	1.4010

Fuente: Elaboración propia.

Figura 86: Momentos flectores en viga V6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.3.6.3. VARIACION DE FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN VIGAS.

Tabla 92: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

ELEMENTO	FUERZAS INTERNAS MAX. EN VIGA 6 SISMO ICA 2007 EOX-NSY				
	MODELO	CORTANTE(Tn)	% VARIACION Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VARIACION Mmax.
V6	EMPOTRADO	38.5576	100%	40.5074	100%
V6	BARKAN	12.9513	33.59%	15.8890	39.22%
V6	NORMA RUSA	22.0569	57.21%	22.2087	54.83%
V6	SARGSIAN	9.7096	25.18%	6.1309	15.14%
V6	SHARIYA	10.8155	28.05%	7.0627	17.44%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 93: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en viga V6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

ELEMENTO	FUERZAS INTERNAS MAX. EN VIGA 6 SISMO ICA 2007 NSX-EOY				
	MODELO	CORTANTE(Tn)	% VARIACION Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VARIACION Mmax.
V6	EMPOTRADO	32.7169	100%	38.8227	100%
V6	BARKAN	18.0126	55.06%	18.0126	46.40%
V6	NORMA RUSA	24.5966	75.18%	22.6613	58.37%
V6	SARGSIAN	9.5301	29.13%	8.3315	21.46%
V6	SHARIYA	9.4733	28.96%	9.9654	25.67%

Fuente: Elaboración propia.

3.17.3.7. FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN PLACAS.

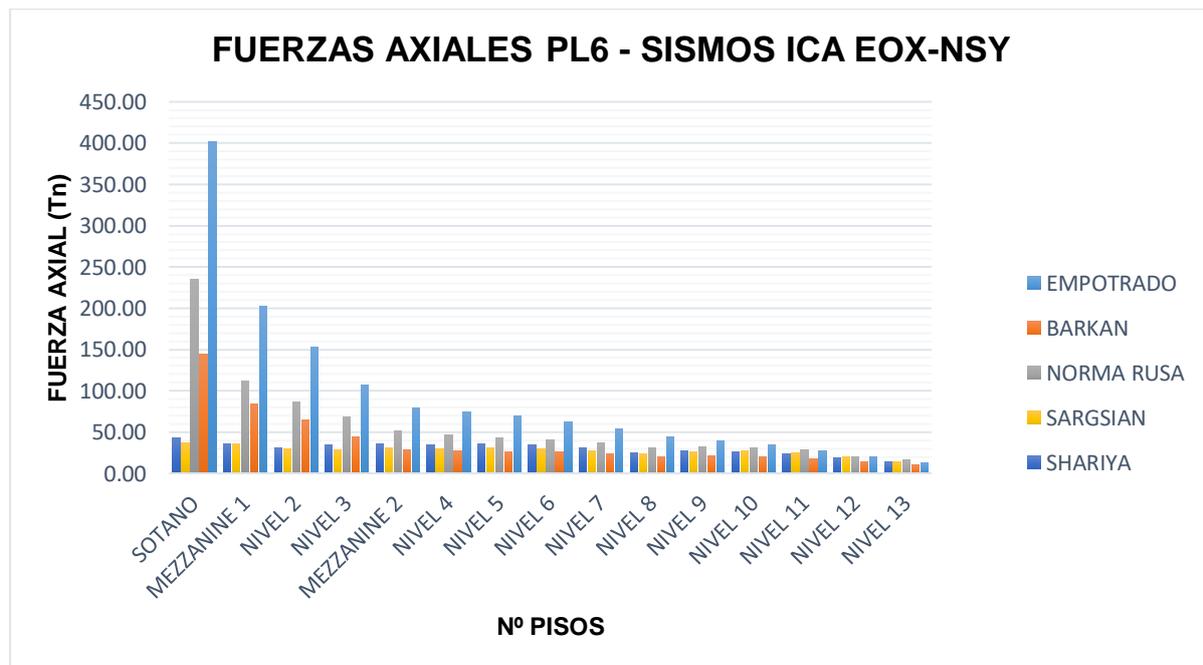
3.17.3.7.1. FUERZAS AXIALES EN PLACAS.

Tabla 94: Fuerzas Axiales en placa PL6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA AXIAL Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	12.9970	10.2436	15.8062	13.9067	13.4311
NIVEL 12	20.2241	14.2506	19.8535	19.5969	18.8031
NIVEL 11	27.6737	18.0487	28.3252	24.8500	23.7328
NIVEL 10	33.9462	19.9579	31.3072	26.9793	26.1971
NIVEL 9	39.3616	20.7786	32.0286	26.1634	26.9435
NIVEL 8	43.7382	20.4539	31.4331	23.2742	25.4125
NIVEL 7	53.7732	23.9709	36.8551	27.5610	30.7815
NIVEL 6	62.7010	26.3862	40.7390	30.2280	34.0611
NIVEL 5	69.7653	26.5583	42.5388	31.3227	35.5363
NIVEL 4	74.9065	26.6675	46.8755	30.2299	34.9324
MEZZANINE 2	79.7657	28.3344	51.9098	30.5140	35.9892
NIVEL 3	107.3708	43.6799	68.1683	28.4451	34.5067
NIVEL 2	153.3769	64.9621	86.1973	29.4081	30.6142
MEZZANINE 1	202.0347	84.0787	111.6237	36.0207	35.4584
SOTANO	402.3005	144.7210	235.5430	36.8017	43.2984

Fuente: Elaboración propia.

Figura 87: Fuerzas Axiales en placa PL6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.



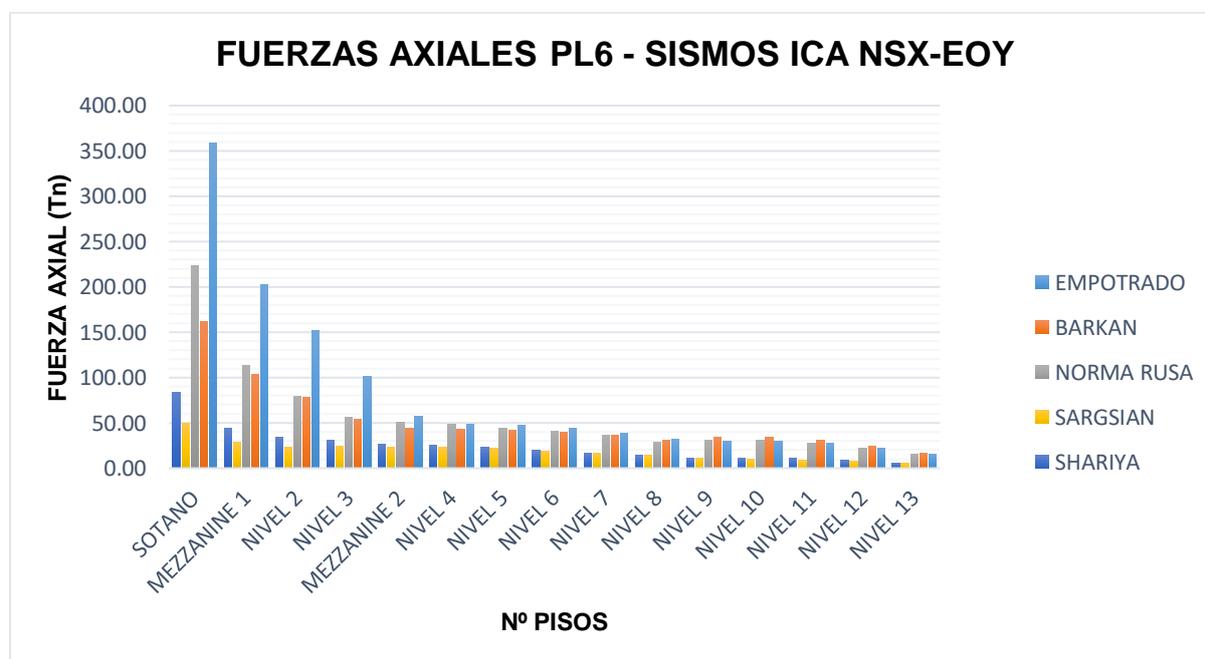
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 95: Fuerzas Axiales en placa PL6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA AXIAL Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	15.8698	16.8663	15.5588	5.4540	5.9792
NIVEL 12	21.4854	24.2443	21.8821	7.4931	8.3894
NIVEL 11	27.5078	30.3549	27.6359	8.6279	10.6908
NIVEL 10	29.3357	34.0203	30.7499	10.0380	11.5150
NIVEL 9	29.7259	34.5065	30.6925	11.0016	11.2566
NIVEL 8	31.8073	31.0743	29.0167	13.8871	13.8516
NIVEL 7	38.8259	35.9975	35.9476	16.8562	16.8831
NIVEL 6	44.1557	39.2595	40.5935	19.0204	19.3000
NIVEL 5	47.3493	41.9253	44.5542	21.5199	23.3209
NIVEL 4	48.5077	42.6079	48.0826	22.7054	24.9864
MEZZANINE 2	57.0226	44.4837	50.1249	23.4558	26.4348
NIVEL 3	101.1732	53.9628	55.6386	24.2134	30.3027
NIVEL 2	151.8974	77.6250	79.6479	23.4219	34.0208
MEZZANINE 1	202.3239	103.0669	113.3331	28.4276	44.3775
SOTANO	358.7861	161.9778	223.4214	49.1149	83.2286

Fuente: Elaboración propia.

Figura 88: Fuerzas Axiales en placa PL6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

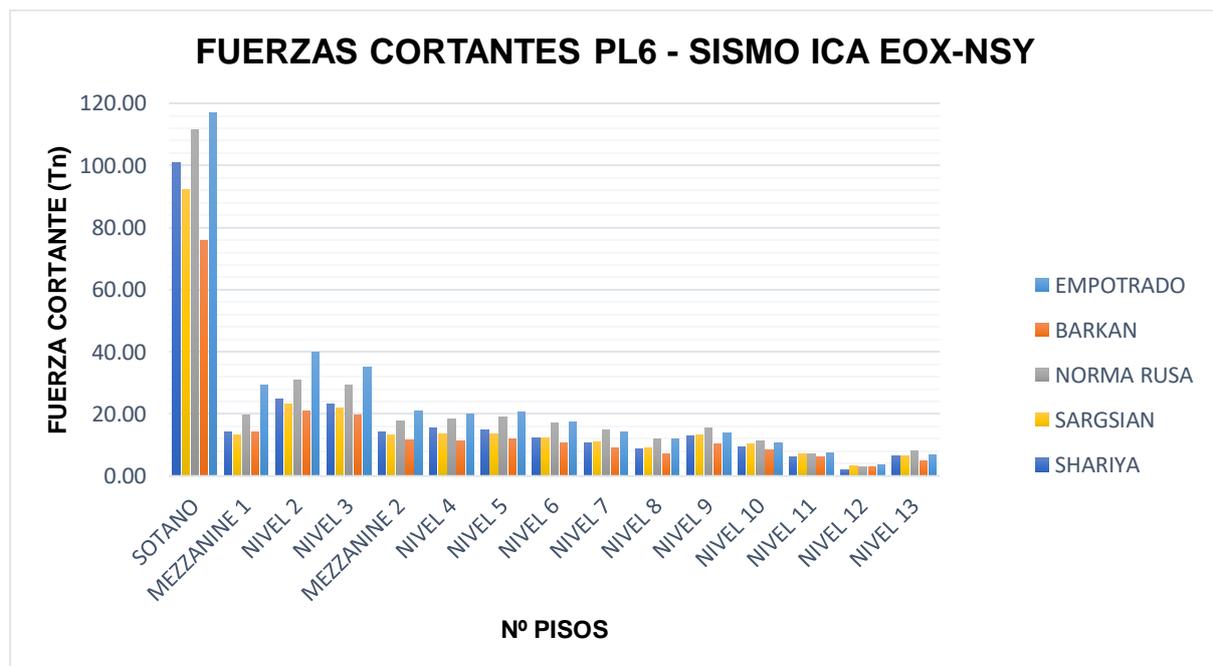
3.17.3.7.2. FUERZAS CORTANTES EN PLACAS.

Tabla 96: Fuerzas Cortantes en placa PL6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA CORTANTE Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	6.7802	4.8131	7.9816	6.4905	6.6065
NIVEL 12	3.6303	2.9285	3.0937	3.3992	2.1507
NIVEL 11	7.5350	6.1658	7.2530	7.0368	6.2385
NIVEL 10	10.7796	8.4768	11.2172	10.3914	9.5093
NIVEL 9	14.0006	10.2910	15.6285	13.3328	12.8318
NIVEL 8	11.8467	7.1961	11.9731	8.9793	8.9005
NIVEL 7	14.2460	8.9876	14.7994	10.8603	10.6630
NIVEL 6	17.4285	10.6937	17.1080	12.2335	12.4031
NIVEL 5	20.6659	12.0900	19.1775	13.7165	14.6833
NIVEL 4	19.9493	11.4408	18.4369	13.4498	15.3336
MEZZANINE 2	20.9101	11.7311	17.8503	13.1702	14.2645
NIVEL 3	35.1300	19.6946	29.2028	21.8455	23.0600
NIVEL 2	39.9411	21.0697	30.8317	23.0872	24.6449
MEZZANINE 1	29.3722	14.2053	19.5189	13.3000	14.0724
SOTANO	116.8396	76.0132	111.5304	92.0987	100.9268

Fuente: Elaboración propia.

Figura 89: Fuerzas Cortantes en placa PL6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.



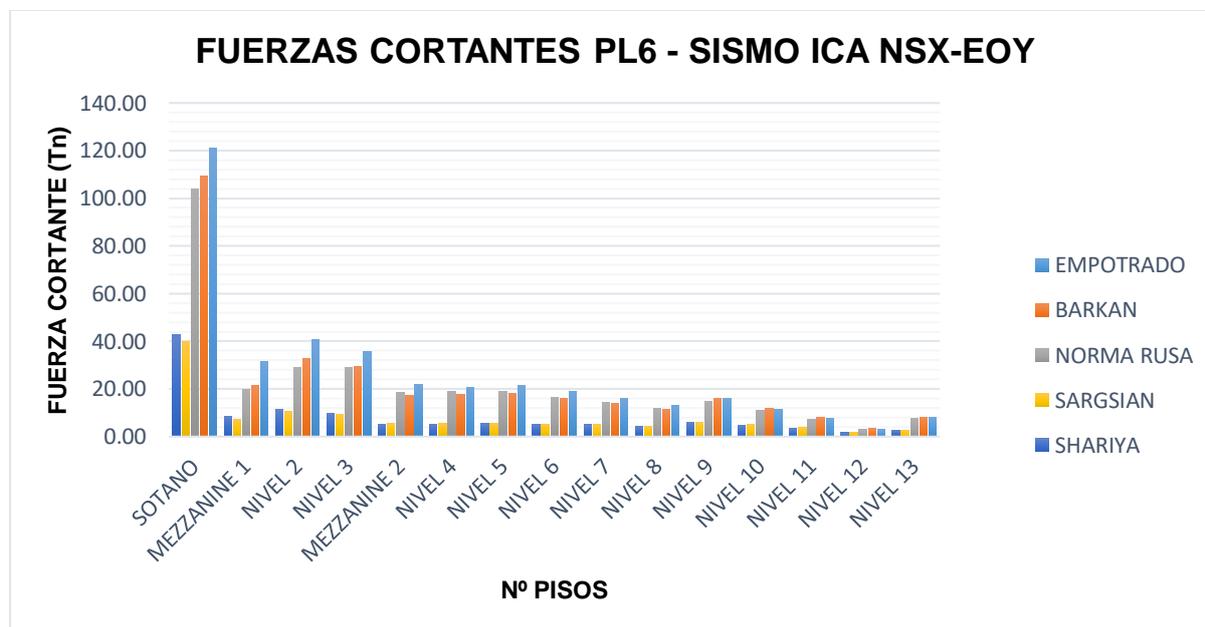
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 97: Fuerzas Cortantes en placa PL6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	FUERZA CORTANTE Nmax. (Tn)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	8.0794	8.2684	7.5801	2.6211	2.7502
NIVEL 12	2.9556	3.2651	3.0062	1.9912	1.6110
NIVEL 11	7.6655	8.0274	7.3856	3.7258	3.4184
NIVEL 10	11.3885	11.7849	10.8546	4.9289	4.8634
NIVEL 9	16.1242	16.0160	14.8434	6.0185	6.0302
NIVEL 8	12.9054	11.4039	11.7147	4.3960	4.2139
NIVEL 7	16.0747	14.1323	14.2310	4.9282	4.9330
NIVEL 6	18.8694	16.0255	16.5627	5.3327	5.2330
NIVEL 5	21.5352	18.0242	18.8559	5.6144	5.5555
NIVEL 4	20.7344	17.6091	18.9524	5.3872	5.2550
MEZZANINE 2	21.8068	17.0665	18.4292	5.5567	5.2335
NIVEL 3	35.7338	29.3837	29.0041	9.4029	9.7627
NIVEL 2	40.5034	32.6789	28.8192	10.3823	11.4183
MEZZANINE 1	31.6581	21.2917	19.7859	7.0907	8.6150
SOTANO	120.9299	109.1507	104.0660	40.0530	42.6088

Fuente: Elaboración propia.

Figura 90: Fuerzas Cortantes en placa PL6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

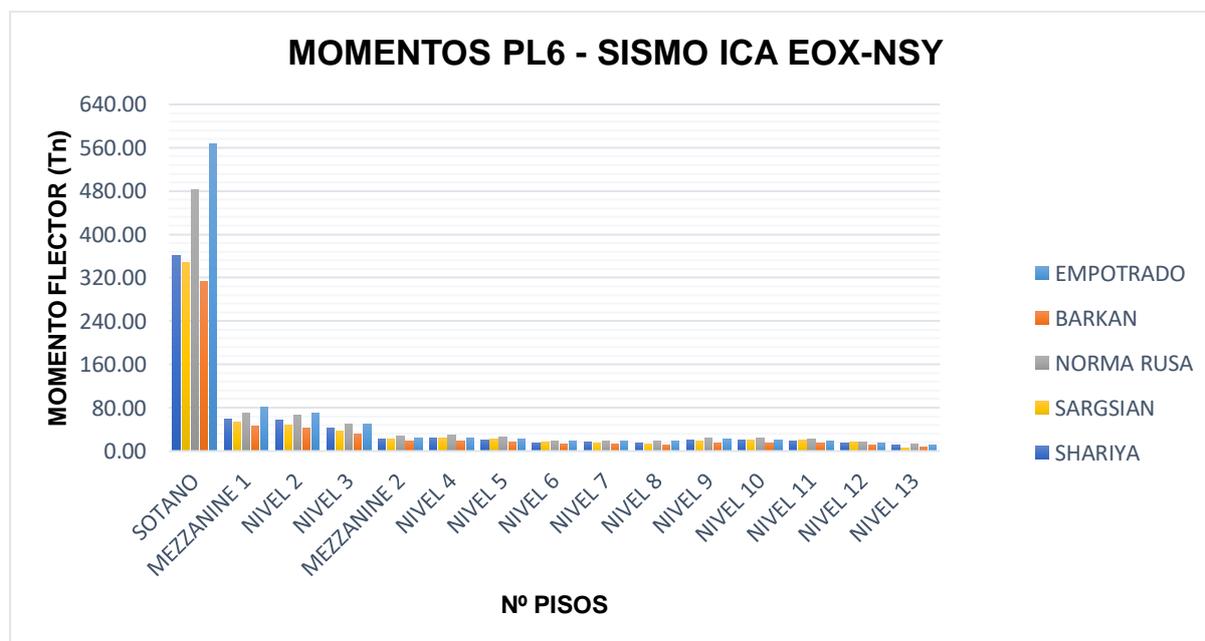
3.17.3.7.3. MOMENTOS FLECTORES EN PLACAS.

Tabla 98: Momentos flectores en placa PL6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Nmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	10.8254	7.9513	12.8768	6.4905	10.7682
NIVEL 12	14.7803	11.8692	17.5875	16.0709	14.9682
NIVEL 11	19.1836	14.7038	22.9341	20.1500	19.3716
NIVEL 10	21.0040	15.1607	24.1951	20.3252	20.3897
NIVEL 9	21.8711	15.3168	24.1370	18.6177	19.7272
NIVEL 8	17.8209	11.8614	17.7396	13.8007	14.5416
NIVEL 7	18.5106	12.9674	19.4277	15.2411	15.9393
NIVEL 6	18.3157	13.9130	18.8823	16.2716	15.5039
NIVEL 5	22.0074	16.0444	25.6632	22.5461	20.8715
NIVEL 4	24.6018	18.0180	28.7044	23.7328	23.3294
MEZZANINE 2	24.1983	17.8371	27.6886	22.2469	22.4648
NIVEL 3	50.1948	30.7686	50.1352	37.5017	42.2638
NIVEL 2	70.9613	42.6148	66.0100	48.7771	56.4348
MEZZANINE 1	80.6596	45.6685	70.2649	53.3929	58.2770
SOTANO	567.2333	313.7903	482.4923	348.5100	361.3704

Fuente: Elaboración propia.

Figura 91: Momentos flectores en placa PL6, sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.



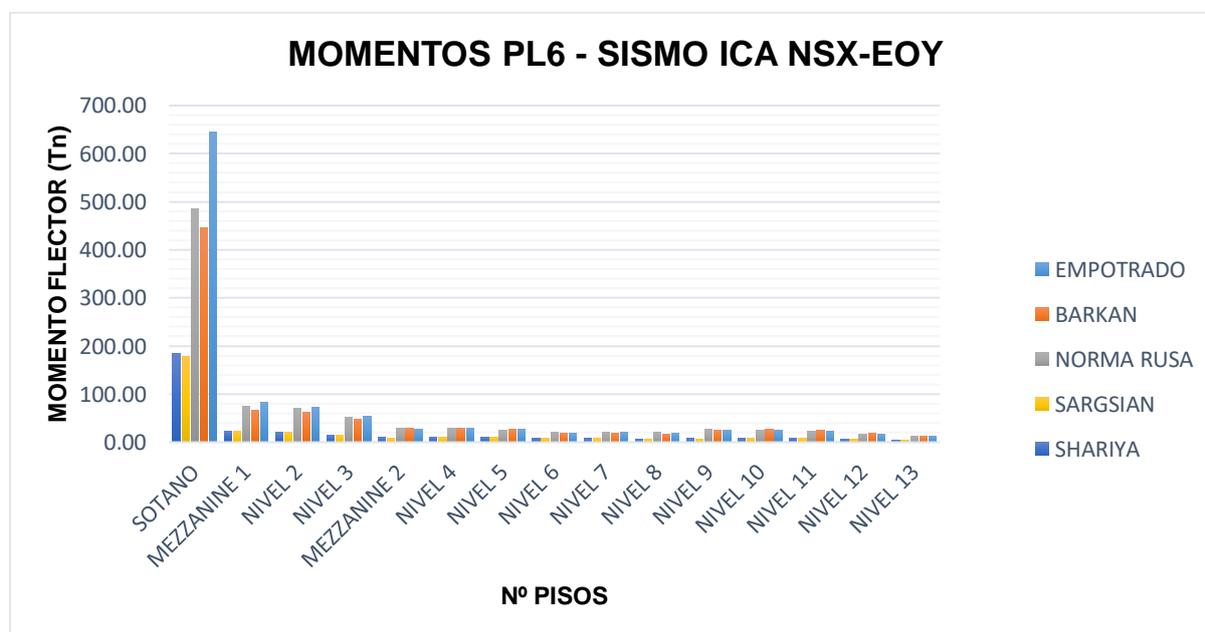
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 99: Momentos flectores en placa PL6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

PISOS	MOMENTO FLECTOR Nmax. (Tn.m)				
	EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
NIVEL 13	13.0340	13.4671	12.1366	4.2786	4.5456
NIVEL 12	16.7471	18.9983	17.3743	6.2054	7.1836
NIVEL 11	22.6456	24.7016	22.0885	7.4922	8.5931
NIVEL 10	24.8581	26.0179	24.6628	7.7081	8.4089
NIVEL 9	25.3152	24.1948	26.3820	7.2467	7.5958
NIVEL 8	19.5078	17.3466	19.9917	6.3404	5.9758
NIVEL 7	19.9206	18.3105	20.6637	7.6470	7.5338
NIVEL 6	18.9845	19.3644	19.8027	8.5774	9.0954
NIVEL 5	26.2207	26.4918	25.4393	9.4687	10.5365
NIVEL 4	29.8291	29.4424	29.2648	9.5502	10.3591
MEZZANINE 2	26.7648	28.2696	29.0076	8.9084	9.5523
NIVEL 3	53.5728	48.7535	52.7546	14.2641	14.4554
NIVEL 2	72.6962	63.2553	70.2674	19.8154	20.4048
MEZZANINE 1	82.4074	67.0057	74.3164	22.0412	23.1861
SOTANO	645.5604	446.7564	485.0972	178.5922	183.6823

Fuente: Elaboración propia.

Figura 92: Momentos flectores en placa PL6, sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.



Fuente: Elaboración propia.

3.17.3.7.4. VARIACION DE FUERZAS INTERNAS MAXIMAS EN PLACAS.

Tabla 100: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para sismo de ICA 2007 EOX - NSY con análisis dinámico Tiempo Historia.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN PLACA PL6 SISMO ICA 2007 EOX-NSY							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANTE (Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VAR. Mmax.
PL6	EMPOTRADO	402.3005	100%	116.8396	100%	567.2333	100%
PL6	BARKAN	144.7210	35.97%	76.0132	65.06%	313.7903	55.32%
PL6	NORMA RUSA	235.5430	58.55%	111.5304	95.46%	482.4923	85.06%
PL6	SARGSIAN	36.8017	9.15%	92.0987	78.82%	348.5100	61.44%
PL6	SHARIYA	43.2984	10.76%	100.9268	86.38%	361.3704	63.71%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 101: Variación porcentual de fuerzas internas máximas en placa PL6 para sismo de ICA 2007 NSX - EOY con análisis dinámico Tiempo Historia.

FUERZAS INTERNAS MAX. EN PLACA PL6 SISMO ICA 2007 NSX-EOY							
ELEMENTO	MODELO	FUERZA AXIAL (Tn)	% VAR. Nmax.	CORTANTE (Tn)	% VAR. Vmax.	MOMENTO (Tn.m)	% VAR. Mmax.
PL6	EMPOTRADO	358.7861	100%	120.9299	100%	645.5604	100%
PL6	BARKAN	161.9778	45.15%	109.1507	90.26%	446.7564	69.20%
PL6	NORMA RUSA	223.4214	62.27%	104.0660	86.05%	485.0972	75.14%
PL6	SARGSIAN	49.1149	13.69%	40.0530	33.12%	178.5922	27.66%
PL6	SHARIYA	83.2286	23.20%	42.6088	35.23%	183.6823	28.45%

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

Para la edificación en estudio se ha realizado la comparación de resultados respecto a la variación de los esfuerzos internos máximos para cada dirección de análisis de los elementos estructurales, variación de periodos, desplazamientos y derivas del modelo convencional de base empotrada de la norma E.030 con los modelos dinámicos de interacción suelo – estructura.

Para contrastar y comparar resultados se ha considerado tres elementos estructurales la columna C9, viga V6 y la placa PL6, se decidió escoger estos elementos debido a que fueron los que presentaron los máximos valores de esfuerzos internos, en consecuencia, son los más representativos.

Cabe mencionar que solo se presenta la comparación y análisis de estas variaciones en porcentaje para el sismo en dirección “X”, “Y” y para cada fuerza interna (axial, cortante y momento flector).

4.1. DISCUSION DE RESULTADOS.

4.1.1. ANALISIS SISMICO ESTATICO.

De las tablas 34, 35 y 36 y de las figuras 53 y 54 tenemos que el desplazamiento máximo para el análisis estático ocurre en el treceavo piso de la edificación, para el modelo de Balasto es de 0.11697m en el eje X representando un incremento de 0.02% y en el eje Y es de 0.11283m, representando un incremento de 0.01%.

Según las tablas 37 Y 38 y las figuras 55 Y 56 las derivas máximas en el eje X es de 0.013158 y 0.013159, en el eje Y es de 0.013718 y 0.013719 para el análisis estático y modelo de balasto y se dan en el piso 4 y piso 6 respectivamente, por lo que no cumplen con el límite permisible de la norma E.030.

Según las tablas 39 y 40, para el análisis estático con interacción suelo estructura en el eje X se observa que en la columna C9 las fuerzas axiales, las fuerzas cortantes y los momentos flectores no varían, en el eje Y las fuerzas axiales no varían,

las fuerzas cortantes y los momentos flectores se incrementan en un 0.01% con Balasto, respecto al modelo empotrado en la base.

En las tablas 41 y 42, para el análisis estático con interacción suelo estructura se puede apreciar que para la viga V6 en el eje X, las fuerzas cortantes y momentos flectores no varían, en cambio en el eje Y las fuerzas cortantes se incrementan en un 0.03% y los momentos flectores aumentan en un 0.02% con Balasto, respecto al modelo empotrado en la base.

De las tablas 43 y 44 para el análisis estático con interacción suelo estructura se puede observar que para la placa PL6 en el eje X, las fuerzas axiales se incrementan en 0.07%, las fuerzas cortantes se incrementan en 0.11% y los momentos flectores no varían, en el eje Y las fuerzas axiales no varían, las fuerzas cortantes disminuyen en un 0.05% y los momentos flectores disminuyen en un 0.01% con Balasto, comparado con el modelo empotrado de la norma E.030.

4.1.2. ANALISIS SISMICO DINAMICO MODAL ESPECTRAL.

4.1.2.1. VARIACION DE LOS PERIODOS DE VIBRACION.

Tabla 102: Variación de los períodos de las 12 primeras formas de vibración libre.

CASO	MODO	PERIODO FUNDAMENTAL "T" (Seg)				
		EMPOTRADO	BARKAN	NORMA RUSA	SARGSIAN	SHARIYA
Modal	1	0.968	2.191	1.762	5.069	4.495
Modal	2	0.938	1.524	1.311	3.163	2.895
Modal	3	0.65	0.655	0.704	1.019	0.805
Modal	4	0.288	0.299	0.301	0.383	0.547
Modal	5	0.285	0.296	0.297	0.38	0.537
Modal	6	0.207	0.208	0.235	0.33	0.283
Modal	7	0.149	0.162	0.162	0.206	0.225
Modal	8	0.142	0.154	0.155	0.198	0.218
Modal	9	0.105	0.106	0.132	0.16	0.152
Modal	10	0.094	0.102	0.105	0.134	0.138
Modal	11	0.091	0.099	0.101	0.126	0.13
Modal	12	0.067	0.077	0.087	0.093	0.092

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados del análisis modal de la edificación mostrados en la tabla 102, se puede apreciar que efectivamente la incorporación de la Interacción suelo-

estructura incrementa los periodos de vibración en los modelos dinámicos más notoriamente en el modo 1. Así el mayor incremento de la primera forma de vibración se da en el modelo Sargsian con el 423.66% seguido del modelo Shariya con el 364.36% y el menor incremento para la Norma Rusa con el 82.02%.

En las figuras 58 y 59 se puede apreciar que para todos los modelos dinámicos de interacción suelo estructura se incrementa los desplazamientos máximos en todos los pisos.

Según las tablas 46, 47 y 48 la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico modal espectral incrementa los de desplazamientos máximos, en el eje X para el modelo dinámico Barkan se incrementó en 76.59%, Norma Rusa en 75.47%, Sargsian en 77.43% y el modelo Shariya en 83.03% y en el eje Y para el modelo Barkan se incrementó en 71.48%, Norma Rusa en 48.10%, Sargsian en 85.03% y el modelo Shariya en 79.89%, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

Según las figuras 60 y 61 con la flexibilidad de la base se incrementan significativamente las derivas máximas para los modelos dinámicos, además se observa que todos los modelos no cumplen con el límite permisible 0.007 que establece la norma E.030.

Según las tablas 49, 50 y 51 la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico modal espectral incrementa las derivas máximas, en el eje X para el modelo dinámico Barkan se incrementó en 254.76%, Norma Rusa en 152.90%, Sargsian en 365.86% y el modelo Shariya en 346.43% y en el eje Y para el modelo Barkan se incrementó en 92.27%, Norma Rusa en 50.71%, Sargsian en 297.72% y el modelo Shariya en 258.03%, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

De las figuras 62, 63, 64, 65, 66 y 67 se aprecia una disminución considerable de las fuerzas axiales, cortantes y momentos de la columna C9 en el eje X como en Y al considerar la flexibilidad de la base.

De acuerdo a los resultados de las tablas 58 y 59 la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico modal espectral de la norma E.030 2018 disminuye las fuerzas axiales máximas de la columna C9, en el eje X para el

modelo dinámico Shariya se produjo la máxima reducción en 66.82%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 9.79%, para el eje Y la máxima reducción con el modelo Sargsian en 47.00%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 4.74%, las fuerzas cortantes máximas disminuyen, en el eje X para el modelo Shariya se produjo la máxima reducción en 45.96%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 3.92%, para el eje Y se reduce en un máximo de 27.19% con Shariya y un mínimo de 2.89% con Barkan, los momentos flectores máximos disminuyen siendo la máxima reducción en el eje X de 56.80% con Shariya y un mínimo de 5.63% con la Norma Rusa, para el eje Y se reduce en un máximo de 28.25% con Shariya y un mínimo de 10.58% con Barkan, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

Según las figuras 68, 69, 70 y 71 se observa una disminución significativa de las fuerzas cortantes y momentos de la viga V6 en el eje X y Y al incorporar la flexibilidad de la base mediante los modelos dinámicos.

De acuerdo a los resultados de las tablas 64 y 65, la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico modal espectral de la norma E.030 2018 disminuye las fuerzas cortantes máximas de la viga V6, en el eje X para el modelo dinámico Shariya se produjo la máxima reducción en 50.28%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 4.51%, para el eje Y la máxima reducción con el modelo Shariya en 40.44%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 3.86%, los momentos flectores máximos disminuyen, en el eje X para el modelo Shariya se produjo la máxima reducción en 51.62% , la mínima reducción con la Norma Rusa en 7.81%, para el eje Y se reduce en un máximo de 53.98% con Shariya y un mínimo de 29.62% con la Norma Rusa, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

Según las figuras 72, 73, 74, 75, 76 y 77 se observa una disminución importante de las fuerzas axiales, cortantes y momentos de la placa PL6 en el eje X y Y con los modelos dinámicos al incorporar la flexibilidad de la base.

De acuerdo a los resultados de las tablas 72 y 73 la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico modal espectral de la norma E.030 2018 disminuye las fuerzas axiales máximas de la placa PL6, en el eje X para el modelo dinámico Sargsian se produjo la máxima reducción en 77.26%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 5.40%, para el eje Y la máxima reducción con el

modelo Barkan en 15.82%, la mínima reducción con Sargsian en 5.90%, las fuerzas cortantes máximas disminuyen, en el eje X para el modelo Shariya se produjo la máxima reducción en 56.90% , la mínima reducción con la Norma Rusa en 1.57%, para el eje Y se reduce en un máximo de 20.25% con Sargsian y un mínimo de 0.19% con la Norma Rusa, los momentos flectores máximos disminuyen siendo la máxima reducción en el eje X de 58.19% con Sargsian y una mínima de 21.31% con la Norma Rusa, para el eje Y se reduce en un máximo de 18.86% con Barkan y un mínimo de 15.11% con Shariya, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

4.1.3. ANALISIS SISMICO DINAMICO TIEMPO HISTORIA.

Los periodos de vibración con análisis convencional y con ISE para el análisis dinámico tiempo historia son los mismos que los periodos obtenidos en el análisis dinámico modal espectral.

Según las tablas 74, 75 y 76 y las figuras 78 y 79 la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico tiempo historia incrementa los desplazamientos máximos, en el eje X para el modelo dinámico Barkan se incrementó en 92.76%, Norma Rusa en 90.32%, Sargsian en 211.27% y el modelo Shariya en 277.67% y en el eje Y para el modelo Barkan se incrementó en 153.03%, Norma Rusa en 79.62%, Sargsian en 674.34% y el modelo Shariya en 609.73%, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

Según las tablas 77, 78 Y 79 y las figuras 80 y 81 la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico tiempo historia incrementa las derivas máximas, en el eje X para el modelo dinámico Barkan se incrementó en 54.79%, Norma Rusa en 58.37%, Sargsian en 138.83% y el modelo Shariya en 190.89% y en el eje Y para el modelo Barkan se incrementó en 112.53%, Norma Rusa en 56.98%, Sargsian en 485.71% y el modelo Shariya en 412.21%, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

En las figuras 82, 83, 84, 85, 86 y 87 se observa una reducción notable de las fuerzas axiales, cortantes y momentos de la columna C9 para los modelos dinámicos.

De acuerdo a los resultados de las tablas 86 y 87 la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico tiempo historia de la norma E.030 2018 disminuye las fuerzas axiales máximas de la columna C9, en el eje X para el

modelo dinámico Sargsian se produjo la máxima reducción en 49.42%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 17.25%, para el eje Y la máxima reducción con el modelo Shariya en 77.16%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 24.48%, las fuerzas cortantes máximas disminuyen, en el eje X para el modelo Sargsian se produjo la máxima reducción en 72.77%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 43.68%, para el eje Y se reduce en un máximo de 69.08% con Shariya y un mínimo de 22.24% con la Norma Rusa, los momentos flectores máximos disminuyen, en el eje X se reduce un máximo de 78.84% con Sargsian y un mínimo de 39.11% con la Norma Rusa, para el eje Y se reduce en un máximo de 68.76% con Shariya y un mínimo de 28.62% con la Norma Rusa, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

Según las figuras 88, 89, 90 y 91 se observa una disminución considerable de las fuerzas cortantes y momentos de la viga V6 en el eje X y Y con los modelos dinámicos al incorporar la flexibilidad de la base.

De acuerdo a los resultados de las tablas 92 y 93, la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico tiempo historia de la norma E.030 2018 disminuye las fuerzas cortantes máximas de la viga V6, en el eje X para el modelo dinámico Sargsian se produjo la máxima reducción en 74.82%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 42.79%, para el eje Y la máxima reducción con el modelo Shariya en 71.04%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 24.82%, los momentos flectores máximos disminuyen, en el eje X para el modelo Sargsian se produjo la máxima reducción en 84.86%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 45.17%, para el eje Y se reduce en un máximo de 78.54% con Sargsian y un mínimo de 41.63% con la Norma Rusa, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

En las figuras 92, 93, 94, 95, 96 y 97 se observa una reducción significativa de las fuerzas axiales, cortantes y momentos de la placa PL6 para los modelos dinámicos.

De acuerdo a los resultados de las tablas 100 y 101 la incorporación de la interacción suelo estructura en el análisis dinámico tiempo historia de la norma E.030 2018 disminuye las fuerzas axiales máximas de la placa PL6, en el eje X para el modelo dinámico Sargsian se produjo la máxima reducción en 90.85%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 41.45%, para el eje Y la máxima reducción con el

modelo Sargsian en 86.31%, la mínima reducción con la Norma Rusa en 37.73%, las fuerzas cortantes máximas disminuyen, en el eje X para el modelo Barkan se produjo la máxima reducción en 34.94% , la mínima reducción con la Norma Rusa en 4.54%, para el eje Y se reduce en un máximo de 66.88% con Sargsian y un mínimo de 9.74% con Barkan, los momentos flectores máximos disminuyen, en el eje X se reduce un máximo de 44.64% con Barkan y una mínima de 14.94% con la Norma Rusa, para el eje Y se reduce en un máximo de 72.34% con Sargsian y un mínimo de 24.86% con la Norma Rusa, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

- ❖ Se valida la hipótesis de la tesis ya que la incorporación de la interacción suelo - estructura, influye variando en más del 10% el comportamiento sísmico del edificio, al incrementar los periodos de vibración en 423.66%, las derivas en 485.71%, los desplazamientos en 674.34% y reduciendo los esfuerzos internos hasta un 90.85%.
- ❖ La incorporación de los efectos de la interacción suelo - estructura en el análisis sísmico de la edificación influye incrementando los periodos de la primera forma de vibración hasta un 423.66% con el modelo dinámico Sargsian.
- ❖ Del análisis sísmico estático con interacción suelo estructura con Balasto, los desplazamientos máximos se incrementan en un 0.02% en el eje X y en un 0.01%. en el eje Y, las derivas máximas aumentan en el eje X en un 0.01% y 0.01% en el eje Y, y no cumple con las derivas de la norma E.030. Las fuerzas axiales máximas de la columna C9 no varían, las fuerzas cortantes máximas y momentos flectores máximos se incrementan en 0.01%, las fuerzas cortantes máximas en la viga V6 se incrementan en 0.03% y los momentos máximos en 0.02%, las fuerzas cortantes máximas en la placa PL6 se incrementan en 0.11% y los momentos flectores máximos disminuyen en 0.01%.
- ❖ Para el análisis dinámico modal espectral con interacción suelo - estructura se concluye que:
 - Los desplazamientos máximos se incrementan hasta un 83.03% con el modelo Shariya en el eje X y hasta un 85.03% con el modelo Sargsian en el eje Y.
 - Las derivas máximas se incrementan hasta un 365% en el eje X y en el eje Y se incrementa hasta un 297.72% con el modelo Sargsian.
 - Disminuye las fuerzas axiales máximas de la columna C9 hasta un 66.82%, disminuye las fuerzas cortantes máximas hasta un 45.96%, los momentos flectores máximos se reducen hasta un 56.80% y ocurre en el modelo Shariya.

- Disminuye las fuerzas cortantes máximas en la viga V6 hasta un 50.28%, los momentos flectores máximos disminuyen hasta un 53.98% y se dan en el modelo Shariya.
 - Disminuye las fuerzas cortantes máximas de la placa PL6 hasta un 56.90% con el modelo Shariya y los momentos flectores máximos se reducen hasta un 58.19% con el modelo Sargsian, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.
- ❖ Para el análisis dinámico tiempo historia con interacción suelo - estructura se concluye que:
- Los desplazamientos máximos se incrementan hasta un 277.67% con el modelo Shariya en el eje X y en el eje Y se incrementa hasta un 674.34% con el modelo Sargsian.
 - Las derivas máximas se incrementan hasta un 190.89% con el modelo Shariya en el eje X y en el eje Y se incrementa hasta un 485.71% con el modelo Sargsian.
 - Se reduce las fuerzas axiales máximas de la columna C9 hasta un 77.16% con el modelo Shariya, disminuye las fuerzas cortantes máximas hasta un 72.77%, los momentos flectores máximos disminuyen hasta un 78.84% y ocurre en el modelo Sargsian.
 - Se reduce las fuerzas cortantes máximas en la viga V6 hasta un 74.82% con el modelo Sargsian y los momentos flectores máximos disminuyen hasta un 84.86% con el modelo Shariya.
 - Se reduce las fuerzas cortantes máximas de la placa PL6 hasta un 66.88%, disminuye los momentos flectores máximos hasta un 72.34% y se dan en el modelo Sargsian, todo esto respecto al modelo de empotramiento perfecto.
- ❖ Según la comparación de resultados el modelo dinámico de la norma rusa es el más indicado para este tipo de análisis como se evidencia es el que presenta valores más cercanos a los de la norma E.030 - 2018.

5.2. RECOMENDACIONES.

- ❖ Se recomienda el uso y aplicación de los modelos dinámicos de interacción suelo - estructura en el análisis sísmico de edificaciones con muros estructurales y platea de cimentación, pues según los resultados obtenidos se evidencia una mayor seguridad estructural de la superestructura al verse reducido los esfuerzos internos considerablemente.
- ❖ El uso de la norma rusa es el más adecuado seguido por el modelo Barkan para el análisis sísmico de edificios con ISE, según sus valores obtenidos son los más cercanos a los de la norma E.030- 2018.
- ❖ Se recomienda efectuar el análisis sísmico de estructuras incorporando la interacción suelo estructura, especialmente en suelos blandos donde es mayor su incidencia.
- ❖ Se sugiere incorporar los modelos dinámicos de interacción suelo-estructura en el modelamiento y análisis sísmico de una edificación puesto que las columnas, placas y vigas tienen una variación significativa disminuyendo los esfuerzos internos de los elementos estructurales e incrementando los periodos, derivas y desplazamientos, con respecto al modelo empotrado.
- ❖ En futuras investigaciones realizar el análisis sísmico de edificios considerando la interacción suelo - estructura con un estudio de dinámica de suelos completo para obtener el coeficiente de balasto y el módulo de poisson de forma más exacta.
- ❖ No considerar la ISE en el análisis del edificio, podría traer como consecuencia daños a los elementos no estructurales y estructurales como fisuramiento prematuro del concreto, fallas por corte debido al incremento de esfuerzos, ante la ocurrencia de un sismo fuerte por tratarse de una edificación alta y cimentada sobre suelo blando.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- **Arias, P. (2016).** Interacción dinámica suelo - estructura aplicada a distintas geometrías de cimentación (vibración transmitida del suelo a la estructura). Universidad Nacional Autónoma de México.
- **Blanco, Antonio. (2007).** Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado. Lima: Capitulo de Ingeniería Civil.
- **Blanco, Antonio. (2011).** Conferencia: Cimentaciones en edificaciones.
- **Briceño, A y Carreras, N. (2013).** Análisis y diseño de muros estructurales de concreto, considerando las experiencias de los terremotos Chile 2010 y Nueva Zelanda 2011. Universidad Católica Andrés Bello.
- **Borda, J. Y Rodríguez, J. (2012).** Análisis de los efectos de interacción sísmica suelo - estructura en una edificación de hormigón armado ubicada en Cochabamba - Bolivia. V Congreso Internacional de Ingeniería Estructural Sísmica y Puentes, Lima, Perú.
- **Braja M, D. (2013).** Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica. 4ta edición. Por Cengage Learning Editores, S.A
- **Braja M. Das. (1999).** Principios de la ingeniería de cimentaciones. California State University. Vol.4, Ed. Thomson.
- **Caffo Temoche, L. G. (2019).** Diseño de un edificio de seis pisos de concreto armado con sistema de muros estructurales. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- **Carrasco, Kenyi. (2019).** Análisis comparativo entre el diseño estructural con el modelo sísmico normativo y los modelos dinámicos de interacción suelo-estructura para un edificio con pórticos y placas cimentado sobre zapatas aisladas. Universidad Nacional de Piura, Perú.
- **Condori, G. (2014).** Comparación del comportamiento sísmico lineal y no lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo estructura. Universidad Católica de Santa María. Arequipa.
- **Fratelli, María. (1999).** Edificios de pantallas y estructuras aporticadas. Análisis y diseño de sistemas duales. Caracas. Venezuela.
- **Freire, Manuel. (2000):** "Precisiones para el empleo del módulo de balasto", "Interacción del suelo, cimiento y estructura: el caso de las zapatas I y II", en: Informes de la Construcción - Nº: 463/471/ 472 respectivamente.
- **Galicia Guarníz, W. C., Y León Vásquez, J. R. (2007).** Interacción Sísmica Suelo - Estructura en Edificaciones de Albañilería confinada con plateas de cimentación (tesis de maestría). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo – Perú.
- **Garcés, Luis (2019).** Análisis estructural de interacción suelo - estructura y el sismorresistente aplicado en una edificación de concreto armado, Pativilca 2019. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Lima.

- **García, A. (2006).** Interacción suelo - estructura en el análisis y diseño sísmico de estructuras de mampostería no reforzada. XV Congreso nacional de ingeniería estructural, Jalisco, México.
- **INDECI (2009).** Instituto Nacional de Defensa Civil, Manual de Conocimientos Básicos Para Comités de Defensa Civil y Oficinas de Defensa Civil: Instituto Nacional de Defensa Civil. (INDECI).
- **Khalil, L. (2007).** Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en el periodo fundamental de una edificación. Ingeniería sísmica y dinámica estructural.
- **López, Efraín. (2013).** Análisis de interacción sísmica suelo estructura para reducir esfuerzos en los elementos estructurales en edificaciones regulares e irregulares con zapatas aisladas en Huaraz. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz.
- **Martínez Mendoza, R. (2015).** Análisis comparativo de las normas de diseño sismo-resistente en los países latinoamericanos colindantes al cinturón de fuego. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.
- **Meza, J., Y Valderrama, C. (2014).** Influencia de la Interacción suelo estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporticada con zapatas aisladas. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima- Perú.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Norma Técnica Colombiana de construcción Sismorresistente (NSR-10).
- **Miranda, E. (2012).** Conceptos básicos sobre interacción dinámica suelo - estructura.
- **Morales, Roberto (2006).** Diseño en concreto armado. Lima: ICG.
- **Norma E.020. (2009).** Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- **Norma E.030. (2018).** Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- **Norma E.060. (2009).** Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- **Ocola, L. (2019).** Peligro, vulnerabilidad, riesgo y la posibilidad de desastres sísmicos en el Perú. *Revista Geofísica*, (61), 81-125.
- **Pinto-Vega, Francisco J. y Ledezma, Christian. (2019).** Interacción suelo - estructura en edificios de gran altura con subterráneos en Santiago, Chile (tesis de doctorado). Pontificia Universidad Católica de Chile.
- **Silva, Daniel; Ipanaque, Gustavo. (2009).** Interacción Sísmica Suelo – Estructura en Edificios Aporticados (tesis de maestría). Piura. Universidad Nacional de Piura.
- **Toapanta, H. (2016).** Interacción sísmica entre suelo - estructura en edificios de hormigón armado de 6 pisos limitados por zapatas aisladas en la ciudad de Ambato sector Plaza Urbina. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

- **Villareal, G. (2006).** “Interacción Suelo-Estructura en edificaciones con zapatas aisladas”. Lima: Asamblea Nacional de Rectores.
- **Villareal, G (2007).** “Interacción Suelo-Estructura en edificios altos”. Lima: Asamblea Nacional de Rectores.
- **Villareal, G. (2017).** Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con plateas de cimentación. Lima - Perú.
- **Garay, R. (2017).** Influencia de la interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los balcones del valle” Barrio el Columbo - Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
- **Vásquez, W. (2017).** Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de una Edificación con y sin Disipadores de Energía Considerando el efecto de la Interacción Suelo-Estructura. Universidad Nacional de Cajamarca.
- **Zuñiga, M. (2017).** Revisión de la respuesta sísmica con y sin efectos de interacción suelo estructura de un edificio a base de muros de concreto reforzado para el almacenamiento de archivos. Universidad Nacional Autónoma de México.

ANEXOS

ANEXO N° 01: METRADO DE CARGAS

METRADO DE CARGAS SISMICAS

Para el metrado de cargas utilizaremos los siguientes pesos unitarios como lo indica la norma E. 020:

TABLA 1. CONSIDERACIONES PARA CARGA MUERTA

Peso específico del concreto	2,400 Kg/m ³	2.400 Tn/m ³
Peso de losa aligerada e=17 cm	280 Kg/m ²	0.280 Tn/m ²
Peso de losa aligerada e=20 cm	300 Kg/m ²	0.300 Tn/m ²
Acabados	100 Kg/m ²	0.100 Tn/m ²
Tabiquería	150 Kg/m ²	0.150 Tn/m ²

TABLA 2. CONSIDERACIONES PARA CARGA VIVA (SOBRECARGA)

Viviendas, Hoteles	200 Kg/m ²	0.200 Tn/m ²
Azoteas	100 Kg/m ²	0.100 Tn/m ²
Corredores y Escaleras	400 Kg/m ²	0.400 Tn/m ²
Tiendas	500 Kg/m ²	0.500 Tn/m ²
Techo Ascensor	2,000 Kg/m ²	2.000 Tn/m ²
Auditorio	400 Kg/m ²	0.400 Tn/m ²

TABLA N° 3. METRADO DE CARGAS DEL PISO 13

PESO SISMICO - PISO 13						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						29.63
Aligerado 1	1	AREA	7.09	-	0.280	1.99
Aligerado 2	1	7.80	3.80	-	0.280	8.30
Aligerado 3	1	3.57	2.95	-	0.280	2.95
Aligerado 4	1	7.80	2.80	-	0.280	6.12
Aligerado 5	1	7.80	3.45	-	0.280	7.53
Aligerado 6	1	AREA	7.87	-	0.280	2.20
Aligerado 7	1	1.70	1.15	-	0.280	0.55
Vigas Transversales (X-X)						15.95
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.70	2.400	3.43
V1, V4 .Entre eje A-C	2	6.80	0.30	0.60	2.400	5.88
V2, V5 .Entre eje B-C	2	5.40	0.30	0.60	2.400	4.67
V2a, V5a. Entre eje A-B	2	1.00	0.30	0.60	2.400	0.86
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
V3a. Entre eje B-C	1	2.10	0.25	0.17	2.400	0.21
VE .Entre eje A-C	1	1.70	0.25	0.50	2.400	0.51
Vigas Longitudinales (Y-Y)						8.22
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V10a . Entre eje 4-5	1	2.55	0.25	0.40	2.400	0.61
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V13. Entre eje 3-5	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
V16a. Entre eje 2-4	1	2.65	0.30	0.40	2.400	0.76
Viga de Borde en Voladizo (X-X)						1.49
VB1. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
VB2. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
Viga de Borde en Voladizo (Y-Y)						0.47
VBA. Entre eje A-C	1	0.75	0.25	0.17	2.400	0.08
VBB. Entre eje A-C	2	0.35	0.25	0.17	2.400	0.07
VBC. Entre eje A-C	1	1.10	0.25	0.17	2.400	0.11
VBA'. Entre eje A-C	1	0.85	0.25	0.17	2.400	0.09
VBC'. Entre eje A-C	1	1.20	0.25	0.17	2.400	0.12
Columnas						18.37
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	2.90	2.400	13.92
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	2.90	2.400	4.45
Muros (Placas)						13.28
PL1	1	0.60	0.25	2.70	2.400	0.97
PL2	1	0.60	0.25	2.70	2.400	0.97
PL3	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL4	1	1.00	0.25	2.70	2.400	1.62
PL5	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL6	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL7	1	0.50	0.25	2.70	2.400	0.81
PL8	1	1.70	0.25	2.70	2.400	2.75
Acabados	1	13.00	7.80	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.80	-	0.150	4.35
					Total CM	101.90
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Azotea	1	13.00	7.80	-	0.100	10.14
					Total CV	10.14
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 25% CV	
PESO PISO 13 (Tn) =					104.44	

TABLA Nº 4. METRADO DE CARGAS DEL PISO 12

PESO SISMICO - PISO 12						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						33.78
Aligerado 1	1	AREA	7.09	-	0.280	1.99
Aligerado 2	1	7.80	3.80	-	0.280	8.30
Aligerado 3	1	3.57	2.95	-	0.280	2.95
Aligerado 4	1	7.80	2.80	-	0.280	6.12
Aligerado 5	1	7.80	3.45	-	0.280	7.53
Aligerado 6	1	AREA	7.87	-	0.280	2.20
Losa Maciza	1	1.70	1.15	-	2.400	4.69
Vigas Transversales (X-X)						15.95
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.70	2.400	3.43
V1, V4 .Entre eje A-C	2	6.80	0.30	0.60	2.400	5.88
V2, V5 .Entre eje B-C	2	5.40	0.30	0.60	2.400	4.67
V2a, V5a. Entre eje A-B	2	1.00	0.30	0.60	2.400	0.86
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
V3a. Entre eje B-C	1	2.10	0.25	0.17	2.400	0.21
VE .Entre eje A-C	1	1.70	0.25	0.50	2.400	0.51
Vigas Longitudinales (Y-Y)						8.09
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V10a . Entre eje 4-5	1	2.55	0.25	0.40	2.400	0.61
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V13. Entre eje 3-5	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
V16a. Entre eje 2-4	1	2.65	0.25	0.40	2.400	0.64
Viga de Borde en Voladizo (X-X)						1.49
VB1. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
VB2. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
Viga de Borde en Voladizo (Y-Y)						0.47
VBA. Entre eje A-C	1	0.75	0.25	0.17	2.400	0.08
VBB. Entre eje A-C	2	0.35	0.25	0.17	2.400	0.07
VBC. Entre eje A-C	1	1.10	0.25	0.17	2.400	0.11
VBA'. Entre eje A-C	1	0.85	0.25	0.17	2.400	0.09
VBC'. Entre eje A-C	1	1.20	0.25	0.17	2.400	0.12
Columnas						18.37
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	2.90	2.400	13.92
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	2.90	2.400	4.45
Muros (Placas)						13.28
PL1	1	0.60	0.25	2.70	2.400	0.97
PL2	1	0.60	0.25	2.70	2.400	0.97
PL3	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL4	1	1.00	0.25	2.70	2.400	1.62
PL5	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL6	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL7	1	0.50	0.25	2.70	2.400	0.81
PL8	1	1.70	0.25	2.70	2.400	2.75
Acabados	1	13.00	7.80	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.80	-	0.150	15.21
Total CM						116.79
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Auditorio	1	13.00	7.80	-	0.400	40.56
Total CV						40.56
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 50% CV	
PESO PISO 12 (Tn) =					137.07	

TABLA N° 5. METRADO DE CARGAS DEL PISOS 9 , 10 Y 11

PESO SISMICO - PISOS 9, 10 Y 11						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						34.04
Aligerado 1	1	AREA	7.09	-	0.280	1.99
Aligerado 2	1	7.80	3.80	-	0.280	8.30
Aligerado 3	1	3.57	2.95	-	0.280	3.21
Aligerado 4	1	7.80	2.80	-	0.280	6.12
Aligerado 5	1	7.80	3.45	-	0.280	7.53
Aligerado 6	1	AREA	7.87	-	0.280	2.20
Losa Maciza	1	1.70	1.15	-	2.400	4.69
Vigas Transversales (X-X)						15.95
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.70	2.400	3.43
V1, V4 .Entre eje A-C	2	6.80	0.30	0.60	2.400	5.88
V2, V5 .Entre eje B-C	2	5.40	0.30	0.60	2.400	4.67
V2a, V5a. Entre eje A-B	2	1.00	0.30	0.60	2.400	0.86
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
V3a. Entre eje B-C	1	2.10	0.25	0.17	2.400	0.21
VE .Entre eje A-C	1	1.70	0.25	0.50	2.400	0.51
Vigas Longitudinales (Y-Y)						8.09
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V10a . Entre eje 4-5	1	2.55	0.25	0.40	2.400	0.61
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V13. Entre eje 3-5	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
V16a. Entre eje 2-4	1	2.65	0.25	0.40	2.400	0.64
Viga de Borde en Voladizo (X-X)						1.49
VB1. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
VB2. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
Viga de Borde en Voladizo (Y-Y)						0.47
VBA. Entre eje A-C	1	0.75	0.25	0.17	2.400	0.08
VBB. Entre eje A-C	2	0.35	0.25	0.17	2.400	0.07
VBC. Entre eje A-C	1	1.10	0.25	0.17	2.400	0.11
VBA'. Entre eje A-C	1	0.85	0.25	0.17	2.400	0.09
VBC'. Entre eje A-C	1	1.20	0.25	0.17	2.400	0.12
Columnas						18.37
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	2.90	2.400	13.92
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	2.90	2.400	4.45
Muros (Placas)						13.28
PL1	1	0.60	0.25	2.70	2.400	0.97
PL2	1	0.60	0.25	2.70	2.400	0.97
PL3	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL4	1	1.00	0.25	2.70	2.400	1.62
PL5	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL6	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL7	1	0.50	0.25	2.70	2.400	0.81
PL8	1	1.70	0.25	2.70	2.400	2.75
Acabados	1	13.00	7.80	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.80	-	0.150	15.21
Total CM						117.05
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Hospedaje	1	13.00	7.80	-	0.200	20.28
Total CV						20.28
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 50% CV	
PESO PISOS 9, 10 Y 11(Tn) =					127.19	

TABLA Nº 6. METRADO DE CARGAS DEL PISOS 5, 6, 7, 8

PESO SISMICO - PISO 5, 6, 7 Y 8						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						34.04
Aligerado 1	1	AREA	7.09	-	0.280	1.99
Aligerado 2	1	7.80	3.80	-	0.280	8.30
Aligerado 3	1	3.57	2.95	-	0.280	3.21
Aligerado 4	1	7.80	2.80	-	0.280	6.12
Aligerado 5	1	7.80	3.45	-	0.280	7.53
Aligerado 6	1	AREA	7.87	-	0.280	2.20
Losa Maciza	1	1.70	1.15	-	2.400	4.69
Vigas Transversales (X-X)						15.95
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.70	2.400	3.43
V1, V4.Entre eje A-C	2	6.80	0.30	0.60	2.400	5.88
V2, V5 .Entre eje B-C	2	5.40	0.30	0.60	2.400	4.67
V2a, V5a. Entre eje A-B	2	1.00	0.30	0.60	2.400	0.86
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
V3a. Entre eje B-C	1	2.10	0.25	0.17	2.400	0.21
VE .Entre eje A-C	1	1.70	0.25	0.50	2.400	0.51
Vigas Longitudinales (Y-Y)						8.09
V7, V15 .Entre eje 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V10a . Entre eje 4-5	1	2.55	0.25	0.40	2.400	0.61
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V13. Entre eje 3-5	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
V16a. Entre eje 2-4	1	2.65	0.25	0.40	2.400	0.64
Viga de borde en Voladizo (X-X)						1.49
VB1. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
VB2. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
Viga de borde en Voladizo (Y-Y)						0.47
VBA. Entre eje A-C	1	0.75	0.25	0.17	2.400	0.08
VBB. Entre eje A-C	2	0.35	0.25	0.17	2.400	0.07
VBC. Entre eje A-C	1	1.10	0.25	0.17	2.400	0.11
VBA'. Entre eje A-C	1	0.85	0.25	0.17	2.400	0.09
VBC'. Entre eje A-C	1	1.20	0.25	0.17	2.400	0.12
Columnas						18.37
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	2.90	2.400	13.92
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	2.90	2.400	4.45
Muros (Placas)						18.14
PL1	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL2	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL3	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL4	1	1.50	0.25	2.70	2.400	2.43
PL5	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL6	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL7	1	1.00	0.25	2.70	2.400	1.62
PL8	1	1.70	0.25	2.70	2.400	2.75
Acabados	1	13.00	7.80	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.80	-	0.150	15.21
					Total CM	121.91
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Hospedaje	1	13.00	7.80	-	0.200	20.28
					Total CV	20.28
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 50% CV	
PESO PISOS 5, 6, 7 Y 8 (Tn) =					132.05	

TABLA N° 7. METRADO DE CARGAS DEL PISO 4

PESO SISMICO - PISO 4						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						41.39
Aligerado 1	1	AREA	7.09	-	0.280	1.99
Aligerado 2	1	7.80	3.80	-	0.280	8.30
Aligerado 3	1	3.57	2.95	-	0.280	3.21
Aligerado 4	1	7.80	2.80	-	0.280	6.12
Aligerado 5	1	7.80	3.45	-	0.280	7.53
Aligerado 6	1	AREA	7.87	-	0.280	2.20
Losa Maciza 1	1	1.80	1.7	-	2.400	7.34
Losa Maciza 2	1	1.70	1.15	-	2.400	4.69
Vigas Transversales (X-X)						16.17
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.70	2.400	3.43
V1, V4 .Entre eje A-C	2	6.80	0.30	0.60	2.400	5.88
V2, V5 .Entre eje B-C	2	5.40	0.30	0.60	2.400	4.67
V2a, V5a. Entre eje A-B	2	1.00	0.30	0.60	2.400	0.86
V3a. Entre eje B-C	2	2.10	0.25	0.17	2.400	0.43
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
VE .Entre eje A-C	1	1.70	0.25	0.50	2.400	0.51
Vigas Longitudinales (Y-Y)						7.48
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V13. Entre eje 3-5	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
V16a. Entre eje 2-4	1	2.65	0.25	0.40	2.400	0.64
Viga de borde en Voladizo (X-X)						1.49
VB1. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
VB2. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
Viga de borde en Voladizo (Y-Y)						0.55
VBA. Entre eje A-C	2	0.75	0.25	0.17	2.400	0.15
VBB. Entre eje A-C	2	0.35	0.25	0.17	2.400	0.07
VBC. Entre eje A-C	1	1.10	0.25	0.17	2.400	0.11
VBA'. Entre eje A-C	1	0.85	0.25	0.17	2.400	0.09
VBC'. Entre eje A-C	1	1.20	0.25	0.17	2.400	0.12
Columnas						18.37
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	2.90	2.400	13.92
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	2.90	2.400	4.45
Muros (Placas)						18.14
PL1	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL2	1	1.10	0.25	2.70	2.400	1.78
PL3	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL4	1	1.50	0.25	2.70	2.400	2.43
PL5	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL6	1	1.60	0.25	2.70	2.400	2.59
PL7	1	1.00	0.25	2.70	2.400	1.62
PL8	1	1.70	0.25	2.70	2.400	2.75
Acabados	1	13.00	7.8	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.8	-	0.150	15.21
					Total CM	128.93
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Hospedaje	1	13.00	7.80	-	0.200	20.28
Techo ascensor	1	1.50	1.20	-	2.000	3.60
					Total CV	23.88
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 50% CV	
PESO PISO 4 (Tn) =					140.87	

TABLA N° 8. METRADO DE CARGAS DEL PISO MEZZANINE 2

PESO SISMICO - PISO MEZZANINE 2						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						16.78
Aligerado 5	1	2.80	1.70	-	0.280	1.33
Aligerado 7	1	6.10	3.45	-	0.280	5.89
Aligerado 8	1	3.45	1.70	-	0.280	1.64
Aligerado 9	1	AREA	7.87	-	0.280	2.20
Losa Maciza	1	1.40	1.70	-	2.400	5.71
Vigas Transversales (X-X)						8.14
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.70	2.400	3.43
V2a. Entre eje A-B	1	1.00	0.30	0.50	2.400	0.36
V5a. Entre eje A-B	1	1.00	0.30	0.60	2.400	0.43
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
V4 .Entre eje A-B	1	1.00	0.25	0.40	2.400	0.24
V5 .Entre eje B-C	1	5.40	0.30	0.60	2.400	2.33
VE .Entre eje A-C	1	1.70	0.25	0.50	2.400	0.51
VA puerta .Entre eje A-C	1	3.70	0.25	0.20	2.400	0.44
Vigas Longitudinales (Y-Y)						8.12
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.25	0.40	2.400	0.34
V13. Entre eje 3-5	1	3.55	0.25	0.40	2.400	0.85
V14. Entre eje 5-6	1	2.95	0.25	0.40	2.400	0.71
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
Viga de borde en Voladizo (X-X)						0.74
VB1. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
Viga de borde en Voladizo (Y-Y)						0.24
VBA. Entre eje A-C	1	0.85	0.25	0.17	2.400	0.09
VBB. Entre eje A-C	1	0.35	0.25	0.17	2.400	0.04
VBC. Entre eje A-C	1	1.20	0.25	0.17	2.400	0.12
Columnas						16.47
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	2.60	2.400	12.48
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	2.60	2.400	3.99
Muros (Placas)						16.13
PL1	1	1.10	0.25	2.40	2.400	1.58
PL2	1	1.10	0.25	2.40	2.400	1.58
PL3	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL4	1	1.50	0.25	2.40	2.400	2.16
PL5	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL6	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL7	1	1.00	0.25	2.40	2.400	1.44
PL8	1	1.70	0.25	2.40	2.400	2.45
Acabados	1	13.00	7.8	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.8	-	0.150	7.61
					Total CM	84.38
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Comercio	1	13.00	7.80	-	0.200	20.28
					Total CV	20.28
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 50% CV	
PESO PISO MEZZANINE 2 (Tn) =					94.52	

TABLA N° 9. METRADO DE CARGAS DEL PISO 3

PESO SISMICO - PISO 3						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						33.04
Aligerado 1	1	5.45	3.80	-	0.280	5.80
Aligerado 2	1	3.57	2.95	-	0.280	3.21
Aligerado 3	1	1.80	1.70	-	0.280	0.86
Aligerado 4	1	1.70	1.15	-	0.280	0.55
Aligerado 5	1	2.80	1.70	-	0.280	1.33
Aligerado 6	1	6.10	2.80	-	0.280	4.78
Aligerado 7	1	6.10	3.45	-	0.280	5.89
Aligerado 8	1	3.45	1.70	-	0.280	1.64
Aligerado 9	1	AREA	7.87	-	0.280	2.20
Losa Maciza	1	2.35	1.20	-	2.400	6.77
Vigas Transversales (X-X)						15.89
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.70	2.400	3.43
V1, V4 .Entre eje A-C	2	6.80	0.30	0.60	2.400	5.88
V1a .Entre eje A-C	1	2.30	0.25	0.17	2.400	0.23
V2, V5 .Entre eje B-C	2	5.40	0.30	0.60	2.400	4.67
V2a, V5a. Entre eje A-B	2	1.00	0.30	0.60	2.400	0.86
V3a. Entre eje B-C	2	2.10	0.25	0.17	2.400	0.43
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
Vigas Longitudinales (Y-Y)						8.17
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V7b .Entre ejes 1-2	1	3.30	0.25	0.40	2.400	0.79
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.25	0.40	2.400	0.18
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.25	0.40	2.400	1.37
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.25	0.17	2.400	0.14
V13. Entre eje 3-5	1	3.55	0.25	0.17	2.400	0.36
V14. Entre eje 5-6	1	2.95	0.25	0.17	2.400	0.30
V16. Entre eje 2-4	1	2.65	0.30	0.40	2.400	0.76
V16a. Entre eje 2-4	1	2.65	0.25	0.40	2.400	0.64
Viga de borde en Voladizo (X-X)						0.74
VB1. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
Viga de borde en Voladizo (Y-Y)						0.24
VBA. Entre eje A-C	1	0.85	0.25	0.17	2.400	0.09
VBB. Entre eje A-C	1	0.35	0.25	0.17	2.400	0.04
VBC. Entre eje A-C	1	1.20	0.25	0.17	2.400	0.12
Columnas						16.47
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	2.60	2.400	12.48
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	2.60	2.400	3.99
Muros (Placas)						16.13
PL1	1	1.10	0.25	2.40	2.400	1.58
PL2	1	1.10	0.25	2.40	2.400	1.58
PL3	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL4	1	1.50	0.25	2.40	2.400	2.16
PL5	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL6	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL7	1	1.00	0.25	2.40	2.400	1.44
PL8	1	1.70	0.25	2.40	2.400	2.45
Acabados	1	13.00	7.8	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.8	-	0.150	15.21
					Total CM	116.04
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Tienda	1	13.00	7.80	-	0.500	50.70
					Total CV	50.70
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 50% CV	
PESO PISO 3 (Tn) =					141.39	

TABLA N° 10. METRADO DE CARGAS DEL PISO 2

PESO SISMICO - PISO 2						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						32.47
Aligerado 1	1	5.45	3.80	-	0.280	5.80
Aligerado 2	1	3.57	2.95	-	0.280	3.21
Aligerado 3	1	1.80	1.70	-	0.280	0.86
Aligerado 4	1	1.70	1.15	-	0.280	0.55
Aligerado 5	1	2.80	1.70	-	0.280	1.33
Aligerado 6	1	6.10	2.80	-	0.280	4.78
Aligerado 7	1	6.10	3.45	-	0.280	5.89
Aligerado 8	1	3.45	1.70	-	0.280	1.64
Aligerado 9	1	AREA	7.87	-	0.280	2.20
Losa Maciza 1	1	1.70	1.10	-	2.400	4.49
Losa Maciza 2	1	1.10	0.65	-	2.400	1.72
Vigas Transversales (X-X)						15.89
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.70	2.400	3.43
V1, V4 .Entre eje A-C	2	6.80	0.30	0.60	2.400	5.88
V1a .Entre eje A-C	1	2.30	0.25	0.17	2.400	0.23
V2, V5 .Entre eje B-C	2	5.40	0.30	0.60	2.400	4.67
V2a, V5a. Entre eje A-B	2	1.00	0.30	0.60	2.400	0.86
V3a. Entre eje B-C	2	2.10	0.25	0.17	2.400	0.43
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
Vigas Longitudinales (Y-Y)						9.64
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V7a .Entre ejes 1-2	1	0.90	0.25	0.17	2.400	0.09
V7b .Entre ejes 1-2	1	3.30	0.25	0.40	2.400	0.79
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.25	0.40	2.400	0.34
V13. Entre eje 3-5	1	3.55	0.25	0.40	2.400	0.85
V14. Entre eje 5-6	1	2.95	0.25	0.40	2.400	0.71
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
V16a. Entre eje 2-4	1	2.65	0.25	0.40	2.400	0.64
Viga de borde en Voladizo (X-X)						0.74
VB1. Entre eje A-C	1	7.30	0.25	0.17	2.400	0.74
Viga de borde en Voladizo (Y-Y)						0.24
VBA. Entre eje A-C	1	0.85	0.25	0.17	2.400	0.09
VBB. Entre eje A-C	1	0.35	0.25	0.17	2.400	0.04
VBC. Entre eje A-C	1	1.20	0.25	0.17	2.400	0.12
Columnas						20.28
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	3.20	2.400	15.36
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	3.20	2.400	4.92
Muros (Placas)						20.16
PL1	1	1.10	0.25	3.00	2.400	1.98
PL2	1	1.10	0.25	3.00	2.400	1.98
PL3	1	1.60	0.25	3.00	2.400	2.88
PL4	1	1.50	0.25	3.00	2.400	2.70
PL5	1	1.60	0.25	3.00	2.400	2.88
PL6	1	1.60	0.25	3.00	2.400	2.88
PL7	1	1.00	0.25	3.00	2.400	1.80
PL8	1	1.70	0.25	3.00	2.400	3.06
Acabados	1	13.00	7.80	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.80	-	0.150	15.21
					Total CM	124.77
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Vivienda	1	13.00	7.80	-	0.200	20.28
					Total CV	20.28
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 50% CV	
PESO PISO 2 (Tn) =					134.91	

TABLA N° 11. METRADO DE CARGAS DEL PISO MEZZANINE 1

PESO SISMICO - PISO MEZZANINE 1						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						18.17
		AREA(m2)				
Aligerado 1	1	27.06		-	0.280	7.58
Aligerado 2	1	6.10	0.83	-	0.280	1.42
Aligerado 5	1	2.80	1.70	-	0.280	1.33
Aligerado 8	1	3.45	1.70	-	0.280	1.64
Losa Maciza 1	1	1.70	1.10	-	2.400	4.49
Losa Maciza 2	1	1.10	0.65	-	2.400	1.72
Vigas Transversales (X-X)						7.50
V1 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.60	2.400	2.94
V1a .Entre eje A-C	1	2.30	0.25	0.17	2.400	0.23
V2 .Entre eje B-C	1	5.40	0.30	0.60	2.400	2.33
V2a. Entre eje A-B	1	1.00	0.30	0.60	2.400	0.43
V3a. Entre eje A-C	1	5.75	0.25	0.17	2.400	0.59
V5a. Entre eje A-B	1	1.00	0.25	0.40	2.400	0.24
V4. Entre eje A-B	1	1.00	0.25	0.40	2.400	0.24
VA .Entre eje A-C	1	4.10	0.25	0.20	2.400	0.49
Vigas Longitudinales (Y-Y)						8.30
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V7a .Entre ejes 1-2	1	0.90	0.25	0.17	2.400	0.09
V7b .Entre ejes 1-2	1	0.90	0.25	0.17	2.400	0.09
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.25	0.40	2.400	0.34
V13. Entre eje 3-5	1	3.55	0.25	0.40	2.400	0.85
V14. Entre eje 5-6	1	2.95	0.25	0.40	2.400	0.71
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
Columnas						16.47
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	2.60	2.400	12.48
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	2.60	2.400	3.99
Muros (Placas)						16.13
PL1	1	1.10	0.25	2.40	2.400	1.58
PL2	1	1.10	0.25	2.40	2.400	1.58
PL3	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL4	1	1.50	0.25	2.40	2.400	2.16
PL5	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL6	1	1.60	0.25	2.40	2.400	2.30
PL7	1	1.00	0.25	2.40	2.400	1.44
PL8	1	1.70	0.25	2.40	2.400	2.45
Acabados	1	13.00	7.80	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.80	-	0.150	7.61
					Total CM	84.32
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Comercio	1	13.00	7.80	-	0.200	20.28
					Total CV	20.28

PESO SISMICO (Tn) =	100% CM + 50% CV
PESO PISO MEZZANINE 1 (Tn) =	94.46

TABLA N° 12. METRADO DE CARGAS DEL SOTANO

PESO SISMICO - SOTANO						
CARGA MUERTA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Losa Aligerada						30.42
Aligerado 1	1	7.80	3.80	-	0.300	8.89
Aligerado 2	1	6.10	2.95	-	0.300	5.40
Aligerado 3	1	1.80	1.70	-	0.300	0.92
Aligerado 4	1	1.70	1.15	-	0.300	0.59
Aligerado 5	1	2.80	1.70	-	0.300	1.43
Aligerado 6	1	6.10	2.80	-	0.300	5.12
Aligerado 7	1	6.10	3.45	-	0.300	6.31
Aligerado 8	1	3.45	1.70	-	0.300	1.76
Vigas Transversales (X-X)						16.70
V6 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.50	2.400	2.45
V1 .Entre eje A-C	1	6.80	0.30	0.50	2.400	2.45
V4 .Entre eje A-C	2	6.80	0.30	0.60	2.400	5.88
V2, V5 .Entre eje B-C	2	5.40	0.30	0.60	2.400	4.67
V2a, V5a. Entre eje A-B	2	1.00	0.30	0.60	2.400	0.86
V3. Entre eje A-B	1	1.10	0.30	0.50	2.400	0.40
Vigas Longitudinales (Y-Y)						8.75
V7, V15 .Entre ejes 1-2	2	3.20	0.30	0.40	2.400	1.84
V8 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.30	0.40	2.400	0.40
V9 . Entre eje 3-4	1	0.75	0.30	0.40	2.400	0.22
V10, V17 . Entre eje 4-5	2	2.40	0.30	0.40	2.400	1.38
V11, V18 . Entre eje 5-6	2	2.85	0.30	0.40	2.400	1.64
V12 .Entre eje 2-3	1	1.40	0.25	0.40	2.400	0.34
V13. Entre eje 3-5	1	3.55	0.25	0.40	2.400	0.85
V14. Entre eje 5-6	1	2.95	0.25	0.40	2.400	0.71
V16. Entre eje 2-4	1	2.55	0.30	0.40	2.400	0.73
V16a. Entre eje 2-4	1	2.65	0.25	0.40	2.400	0.64
Columnas						20.28
C1, C2, C6, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14	10	0.50	0.40	3.20	2.400	15.36
C3, C4, C5, C8	4	0.40	0.40	3.20	2.400	4.92
Muros (Placas)						65.09
PL. ENTRE EJE 1-6	1	10.60	0.25	3.00	2.400	19.08
PL. EJE 1-1	1	6.80	0.30	3.00	2.400	14.69
PL. ENTRE EJE 1-6	1	10.60	0.25	3.00	2.400	19.08
PL. EJE 6-6	1	6.80	0.25	3.00	2.400	12.24
Acabados	1	13.00	7.80	-	0.100	10.14
Tabiquería	1	13.00	7.80	-	0.150	7.61
					Total CM	158.98
CARGA VIVA						
Elemento	Nº Veces	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Carga Unitaria	Peso Parcial (Tn)
Tienda	1	13.00	7.8	-	0.500	50.70
					Total CV	50.70
PESO SISMICO (Tn) =					100% CM + 50% CV	
PESO SOTANO (Tn) =					184.33	

TABLA Nº 13. RESUMEN DE METRADOS DE CARGAS POR PISO

Nº DE PISO	CARGA MUERTA(Tn)	CARGA VIVA(Tn)	PESO TOTAL (Tn)	PESO SISMICO (Tn) (CM+50%CV)
13	101.90	10.14	112.044	104.439
12	117.05	40.56	157.609	137.329
11	117.05	20.28	137.329	127.189
10	117.05	20.28	137.329	127.189
9	117.05	20.28	137.329	127.189
8	117.05	20.28	137.329	127.189
7	121.91	20.28	142.189	132.049
6	121.91	20.28	142.189	132.049
5	121.91	20.28	142.189	132.049
4	128.93	23.88	152.812	140.872
mezzanine 2	84.38	20.28	104.658	94.518
3	116.04	50.70	166.742	141.392
2	124.77	20.28	145.055	134.915
mezzanine 1	84.32	20.28	104.596	94.456
sotano	158.98	50.70	209.678	184.328
TOTAL			2129.077	1937.152

**ANEXO N° 02: COEFICIENTES DE RIGIDEZ PARA LA
INTERACCION SUELO - ESTRUCTURA PARA LOS
MODELOS BARKAN, NORMA RUSA, SARGSIAN Y
SHARIYA.**

CALCULO DE MASAS DE LA PLATEA

DATOS

a=	7.8	m		
b=	13	m		
c=	0.70	m		
γ=	2.4	Tn/m ³		
g=	9.81	m/s ²		
P edificio=	1937.830	Tn		
A platea=	101.40	m ²		
Poisson (u)=	0.33			
qa	0.86	Kg/cm ²	(capacidad portante del suelo)	
Es=	1500	Tn/m ²		
ρs	0.1835	Tn. S ² /m ⁴	1.8000	KN. S ² /m ⁴

MASA TRASLACIONAL

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \frac{P_{\text{platea}}}{g} = \frac{\gamma * a * b * c}{g} \text{ (Tn. s}^2\text{/m)} \quad (\text{Ec.4})$$

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \frac{2.4 * 13 * 7.8 * 0.70}{9.81} = 17.365 \text{ Tn.S}^2\text{/m}$$

MASA ROTACIONAL

$$M_{\varphi x'} = M_t * d^2 + \text{Im } x = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t * b^2}{12} \text{ (Tn. s}^2\text{.m)} \quad (\text{Ec.5})$$

$$M_{\varphi x'} = 17.365 * \left(\frac{0.7}{2}\right)^2 + \frac{17.365 * 13^2}{12} = 246.686 \text{ Tn.S}^2\text{.m}$$

$$M_{\varphi y'} = M_t * d^2 + \text{Im } y = M_t \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t * a^2}{12} \text{ (Tn. s}^2\text{.m)} \quad (\text{Ec.6})$$

$$M_{\varphi y'} = 17.365 * \left(\frac{0.7}{2}\right)^2 + \frac{17.365 * 7.8^2}{12} = 90.168 \text{ Tn.S}^2\text{.m}$$

$$M_{\psi z'} = \text{Im } z = \frac{M_t(a^2 + b^2)}{12} \text{ (Tn. s}^2\text{.m)} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$M_{\psi z'} = \frac{17.365 * (7.8^2 + 13^2)}{12} = 332.600 \text{ Tn.S}^2\text{.m}$$

Tabla 27. Masas en la platea de cimentacion

Mx (Tn.s ² /m)	My (Tn.s ² /m)	Mz (Tn.s ² /m)	Mφx' (Tn.s ² .m)	Mφy' (Tn.s ² .m)	Mψy' (Tn.s ² .m)
17.3651	17.3651	17.3651	246.6863	90.1685	332.6003

MODELO DINÁMICO D.D. BARKAN – O.A. SAVINOV

De acuerdo con la tabla 2, se asume C0 = 0.8 kg/cm³ (MH: Limo inorgánico de alta compresibilidad)

$$C_0 = 0.8 \text{ Kg/cm}^3$$

Calculo de la presión estática del suelo “ρ” para la platea (Ec.16)

$$\rho = \frac{P_{edificio} + P_{platea}}{A_{platea}} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) \quad (Ec.16)$$

$$\rho = \frac{P_{edificio} + P_{platea}}{A_{platea}} = \frac{1937829954 + 2400 * 7.8 * 13 * 0.7}{780 * 1300}$$

$$\rho = 2.079 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de D0 con la Ec. 17

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} * C_0 \left(\frac{Kg}{cm^3} \right) \quad (Ec. 17)$$

$$D_0 = \frac{1 - 0.33}{1 - 0.5 * 0.33} * (0.8)$$

$$D_0 = 0.642 \text{ kg/cm}^3$$

Tabla 27.1. Parametros de Barkan para calcular los coeficientes de rigidez

Modelo Dinamico	Parámetros para calcular los coeficientes de rigidez			
	Co (kg/cm3)	v	Do (kg/cm3)	ρ (kg/cm2)
BARKAN	0.80	0.33	0.642	2.079

Cálculo de los coeficientes C_x , C_y , C_z , $C_{\varphi x}$, $C_{\varphi y}$, por las ecuaciones 12 a la 15

Cálculo de los coeficientes de desplazamiento elástico uniforme con la Ec. 12

$$C_x = D_0 * \left(1 + \frac{2 * (a+b)}{\Delta * A}\right) * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$C_x = 0.642 * \left(1 + \frac{2 * (7.8 + 13)}{1 * 7.8 * 13}\right) * \sqrt{\frac{2.079}{0.20}}$$

$C_x =$ 2.078 kg/cm3 2078.148 Tn/m3

Cálculo de los coeficientes de compresión elástico uniforme y no uniforme con las Ec. 13 a la 15

$$C_z = C_0 * \left(1 + \frac{2 * (a+b)}{\Delta * A}\right) * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$C_z = 0.80 * \left(1 + \frac{2 * (7.8 + 13)}{1 * 7.8 * 13}\right) * \sqrt{\frac{2.079}{0.20}}$$

$C_z =$ 2.590 kg/cm3 2589.931 Tn/m3

$$C_{\varphi x} = C_0 * \left(1 + \frac{2 * (a+3b)}{\Delta * A}\right) * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$C_{\varphi x} = 0.80 * \left(1 + \frac{2 * (7.8 + 3 * 13)}{1 * 7.8 * 13}\right) * \sqrt{\frac{2.079}{0.20}}$$

$C_{\varphi x} =$ 2.603 kg/cm3 2603.158 Tn/m3

$$C_{\varphi y} = C_0 * \left(1 + \frac{2 * (b+3a)}{\Delta * A}\right) * \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$C_{\varphi y} = 0.80 * \left(1 + \frac{2 * (13 + 3 * 7.8)}{1 * 7.8 * 13}\right) * \sqrt{\frac{2.079}{0.20}}$$

$C_{\varphi y} =$ 2.598 kg/cm3 2597.867 Tn/m3

Tabla 27.2. Coeficientes de desplazamiento elastico uniforme y compresión elastica uniforme y no uniforme

Modelo	Coeficientes de desplazamiento y compresion			
	Cx (Tn/m3)	Cz (Tn/m3)	Cφx (Tn/m2)	Cφy (Tn/m2)
BARKAN	2078.148	2589.931	2603.158	2597.867

Determinamos los coeficientes de rigidez K_x , K_y , K_z , $K_{\phi x}$, $K_{\phi y}$ con las Ec. 8 a la 11

$$\bullet K_x = K_y = C_x * A \quad (\text{Ec. 8})$$

$$\bullet K_x = K_y = 2078.148 (7.8)(13)$$

$$K_x = K_y = 210724.201 \text{ Tn/m}$$

$$\bullet K_z = C_z * A \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\bullet K_z = 2589.931 (7.8)(13)$$

$$K_z = 262618.967 \text{ Tn/m}$$

$$\bullet K_{\phi x} = C_{\phi x} * I_x \quad (\text{Ec. 10})$$

$$\bullet K_{\phi x} = 2603.158 \left(\frac{7.8 * 13^3}{12} \right)$$

$$K_{\phi x} = 3717439.880 \text{ Tn.m}$$

$$\bullet K_{\phi y} = C_{\phi y} * I_y \quad (\text{Ec. 11})$$

$$\bullet K_{\phi y} = 2597.867 \left(\frac{13 * 7.8^3}{12} \right)$$

$$K_{\phi y} = 1335558.279 \text{ Tn.m}$$

Tabla 28. Coeficientes de rigidez para la platea de cimentacion - Barkan

Modelo	Coeficientes de rigidez				
	Kx (Tn/m)	Ky (Tn/m)	Kz (Tn/m)	Kφx (Tn.m)	Kφy (Tn.m)
BARKAN	210724.201	210724.201	262618.967	3717439.880	1335558.279

MODELO DINÁMICO NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87

Calculo de los coeficientes C_x , C_z , $C_{\varphi x}$, $C_{\varphi y}$, $C_{\psi z}$ por las Ec. 23 a la 26

Cálculo de coeficiente de compresión elástica uniforme C_z con la Ec. 23

$$\bullet C_z = b_0 E \left[1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right] \quad (\text{Ec. 23})$$

E= 1500
bo = para arenas arcillosas igual a 1.2

Tabla 28.1. Parametros de la Norma Rusa para calcular los coeficientes de rigidez

Modelo Dinamico	Parámetros para calcular los coeficientes de rigidez			
	Es (Tn/m2)	bo	γts	R (kg/cm2)
NORMA RUSA	1500	1.20	1	0.86

$$\bullet C_z = 1.2 * 1500 \left[1 + \sqrt{\frac{10}{7.8 * 13}} \right]$$

Cz= 2365.267 Tn/m3

Cálculo de coeficiente de desplazamiento elástico uniforme C_x con la Ec. 24

$$\bullet C_x = C_y = 0.70 * C_z \quad (\text{Ec. 24})$$

$$\bullet C_x = C_y = 0.70 * 2365.267$$

Cx= Cy= 1655.687 Tn/m3

Cálculo de coeficiente de compresión elástico no uniforme $C_{\varphi x}$, $C_{\varphi y}$ con la Ec. 25

$$\bullet C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2C_z \quad (\text{Ec. 25})$$

$$\bullet C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 * 2365.267$$

C φ x=C φ y= 4730.534 Tn/m3

Cálculo de coeficiente de desplazamiento elástico no uniforme $C_{\psi z}$ con la Ec. 26

$$C_{\psi z} = C_z \quad (\text{Ec. 26})$$

$$C_{\psi z} = 2365.267 \quad \text{Tn/m}^3$$

Tabla 28.2. Coeficientes de desplazamiento elastico uniforme , compresi3n elastica no uniforme
despazamiento elastico no uniforme

Modelo Dinamico	Coeficientes de desplazamiento y compresi3n				
	Cx (Tn/m3)	Cz (Tn/m3)	Cφx (Tn/m3)	Cφy (Tn/m3)	Cψz (Tn/m3)
NORMA RUSA	1655.687	2365.267	4730.534	4730.534	2365.267

Calculo de los coeficientes de rigidez $K_x, K_y, K_z, K_{\phi x}, K_{\phi y}, K_{\psi z}$ por las Ec. 18 a la 22

calculamos los coeficientes de desplazamiento el3stico uniforme K_x, K_y con la Ec. 18

$$K_x = K_y = C_x * A \quad (\text{Ec. 18})$$

$$K_x = K_y = 1655.687 * 7.8 * 13$$

$$K_x = K_y = 167886.642 \quad \text{Tn/m}$$

$$K_z = C_z * A \quad (\text{Ec.19})$$

$$K_z = 2365.267 * 7.8 * 13$$

$$K_z = 239838.060 \quad \text{Tn/m}$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} * I_x \quad (\text{Ec. 20})$$

$$K_{\phi x} = 4730.534 \left(\frac{7.8 * 13^3}{12} \right)$$

$$K_{\phi x} = 6755438.689 \quad \text{Tn.m}$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} * I_y \quad (\text{Ec. 21})$$

$$K_{\phi y} = 4730.534 \left(\frac{13 * 7.8^3}{12} \right)$$

$$K\phi_y = 2431957.928 \text{ Tn.m}$$

$$\bullet K_{\psi y} = C_{\psi z} * I_z \quad (\text{Ec. 22})$$

$$\bullet K_{\psi y} = 2365.267 * \left(\frac{7.8 * 13^3}{12} + \frac{13 * 7.8^3}{12} \right)$$

$$K\psi_y = 4593698.309 \text{ Tn.m}$$

Tabla 29. Coeficientes de rigidez para la platea de cimentacion - Norma Rusa

Modelo Dinamico	Coeficientes de rigidez					
	Kx (Tn/m)	Ky (Tn/m)	Kz (Tn/m)	Kφx (Tn.m)	Kφy (Tn.m)	Kψy (Tn.m)
NORMA RUSA	167886.642	167886.642	239838.060	6755438.689	2431957.928	4593698.309

Calculo de la amortiguación relativa para las vibraciones verticales β_z se determina por la Ec. 27

$$\bullet \beta_z = 2 * \sqrt{\frac{E}{C_z * \rho_m}} \quad (\text{Ec. 27})$$

Calculamos primero la presión estática media en la base de la cimentación ρ_m con la Ec.28

$$\bullet \rho_m = \gamma_{ts} * R \quad (\text{Ec. 28})$$

$\gamma_{ts} = 1$ Coeficiente de la condición de trabajo del suelo de fundación
 $R = 0.86$ kg/cm² (capacidad portante del suelo de fundacion)

$$\bullet \rho_m = 1 * 0.86$$

$\rho_m = 8.60$ Tn/m²

Entonces β_z sera:

$$\bullet \beta_z = 2 * \sqrt{\frac{1500}{2365.267 * 8.6}}$$

$\beta_z = 0.543$

Calculo de las amortiguaciones relativas para las vibraciones horizontales y rotacionales.

$\beta_x, \beta_{\phi x}, \beta_{\phi y}, \beta_{\psi y}$ mediante las Ec. 29 a la 31.

$$\bullet \beta_x = 0.6 * \beta_z \quad (\text{Ec. 29})$$

$$\bullet \beta_x = 0.6 * 0.543$$

$$\beta_x = 0.326$$

$$\bullet \beta_{\phi x} = \beta_{\phi y} = 0.5 * \beta_z \quad (\text{Ec. 30})$$

$$\bullet \beta_{\phi x} = \beta_{\phi y} = 0.5 * 0.543$$

$$\beta_{\phi x} = \beta_{\phi y} = 0.272$$

$$\bullet \beta_{\psi z} = 0.3 * \beta_z \quad (\text{Ec. 30})$$

$$\bullet \beta_{\psi z} = 0.3 * 0.543$$

$$\beta_{\psi z} = 0.163$$

Tabla 29.1. Amortiguaciones relativas para las vibraciones verticales, horizontales y rotacionales

Modelo Dinamico	Amortiguaciones relativas de vibraciones verticales, horizontales y rotacionales					
	β_x	β_y	β_z	$\beta_{\phi x}$	$\beta_{\phi y}$	$\beta_{\psi y}$
NORMA RUSA	0.326	0.326	0.543	0.272	0.272	0.163

Calculo de las características del amortiguamiento del suelo de fundación

$B_x, B_y, B_z, B_{\phi x}, B_{\phi y}, B_{\psi y}$ mediante las Ec. 32 a la 36.

$$\bullet B_x = B_y = 2\beta_x * \sqrt{K_x * M_x} \quad (\text{Ec. 32})$$

$$\bullet B_x = B_y = 2 * 0.326 * \sqrt{167886.642 * 17.365}$$

$$B_x = B_y = 1112.794 \text{ Tn.s /m}$$

$$\bullet B_z = 2\beta_z * \sqrt{K_z * M_z} \quad (\text{Ec. 33})$$

$$B_z = 2 * 0.326 * \sqrt{239838.060 * 17.365}$$

$$B_z = 1330.043 \text{ Tn.s/m}$$

$$B_{\varphi x} = 2\beta_{\varphi x} * \sqrt{K_{\varphi x} * M_{\varphi x}'} \quad (\text{Ec. 34})$$

$$B_{\varphi x} = 2 * 0.272 * \sqrt{6755438.689 * 246.686}$$

$$B_{\varphi x} = 22171.015 \text{ Tn.s.m}$$

$$B_{\varphi y} = 2\beta_{\varphi y} * \sqrt{K_{\varphi y} * M_{\varphi y}'} \quad (\text{Ec. 35})$$

$$B_{\varphi y} = 8042.512 \text{ Tn.s.m}$$

$$B_{\psi z} = 2\beta_{\psi z} * \sqrt{K_{\psi z} * M_{\psi z}'} \quad (\text{Ec. 36})$$

$$B_{\psi z} = 2 * 0.163 * \sqrt{4593698.309 * 332.600}$$

$$B_{\psi z} = 12737.380 \text{ Tn.s.m}$$

Tabla 29.2. Amortiguamiento del suelo de fundacion - Norma Rusa

Modelo Dinamico	Amortiguamiento del suelo de cimentacion					
	Bx (Tn.s/m)	By (Tn.s/m)	Bz (Tn.s/m)	B φ x (Tn.s.m)	B φ y (Tn.s.m)	B ψ z (Tn.s.m)
NORMA RUSA	1112.794	1112.794	1330.043	22171.015	8042.512	12737.380

MODELO DINÁMICO A.E. SARGSIAN

Calculo de las velocidades de propagación de las ondas longitudinal y transversal. C1 y C2 por la Ec. 47 al 48

Cálculo de la velocidad de propagación de las ondas longitudinales C1

$$C_1 = \sqrt{\frac{(1-\mu)*E}{(1+\mu)(1-2\mu)*\rho}} \quad (\text{Ec. 47})$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{(1-0.33)*1500}{(1+0.33)(1-2*0.33)*0.1835}}$$

$$C1= 110.057 \quad \text{m/s}$$

Cálculo de la velocidad de propagación de las ondas transversales C2

$$C_2 = \sqrt{\frac{E}{2*(1+\mu)*\rho}} \quad (\text{Ec. 48})$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{1500}{2*(1+0.33)*0.1835}}$$

$$C2= 55.437 \quad \text{m/s}$$

Tabla 29.3. Parametros del modelo Sargsian para calcular los coeficientes de rigidez

Modelo Dinamico	Parámetros para calcular los coeficientes de rigidez				
	Es (Tn/m2)	v	ρs (Tn.s2/m4)	C1 (m/s)	C2 (m/s)
SARGSIAN	1500	0.33	0.1835	110.057	55.437

Calculo de los coeficientes de rigidez $K_x, K_y, K_z, K_{\phi x}, K_{\phi y}, K_{\psi z}$ por las Ec. 37 a la 41

$$K_x = K_y = \frac{28.8 * \rho * (C_2)^2}{\sqrt{\pi} * (7-8\mu)} * \sqrt{A} \quad (\text{Ec. 37})$$

$$K_x = K_y = \frac{28.8 * 0.1835 * (55.437)^2}{\sqrt{\pi} * (7-8 * 0.33)} * \sqrt{7.8 * 13}$$

$$K_x = K_y = 21162.144 \quad \text{Tn/m}$$

$$\bullet K_Z = \frac{4 * \rho * (C_2)^2}{\sqrt{\pi} * (1-\mu)} * \sqrt{A} \quad (\text{Ec. 38})$$

$$\bullet K_Z = \frac{4 * 0.1835 * (55.437)^2}{\sqrt{\pi} * (1-0.33)} * \sqrt{7.8 * 13}$$

$$K_Z = 19126.647 \text{ Tn/m}$$

$$\bullet K_{\varphi x} = \frac{8.52 * \rho * (C_2)^2}{\sqrt{\pi} * (1-\mu)} * \frac{I_x}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 39})$$

$$\bullet K_{\varphi x} = \frac{8.52 * 0.1835 * (55.437)^2}{\sqrt{\pi} * (1-0.33)} * \frac{\frac{7.8 * 13^3}{12}}{\sqrt{7.8 * 13}}$$

$$K_{\varphi x} = 573751.606 \text{ Tn.m}$$

$$\bullet K_{\varphi y} = \frac{8.52 * \rho * (C_2)^2}{\sqrt{\pi} * (1-\mu)} * \frac{I_y}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 40})$$

$$\bullet K_{\varphi y} = \frac{8.52 * 0.1835 * (55.437)^2}{\sqrt{\pi} * (1-0.33)} * \frac{\frac{13 * 7.8^3}{12}}{\sqrt{7.8 * 13}}$$

$$K_{\varphi y} = 206550.578 \text{ Tn.m}$$

$$\bullet K_{\psi z} = \frac{4 * \rho * (C_2)^2}{\sqrt{\pi} * (1-\mu)} * \frac{I_z}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 41})$$

$$\bullet K_{\psi z} = \frac{4 * 0.1835 * (55.437)^2}{\sqrt{\pi} * (1-0.33)} * \frac{\frac{7.8 * 13^3}{12} + \frac{13 * 7.8^3}{12}}{\sqrt{7.8 * 13}}$$

$$K_{\psi z} = 366339.054 \text{ Tn.m}$$

Tabla 30. Coeficientes de rigidez para la platea de cimentacion - Sargsian

Modelo Dinamico	Coeficientes de rigidez					
	Kx (Tn/m)	Ky (Tn/m)	Kz (Tn/m)	Kφx (Tn.m)	Kφy (Tn.m)	Kψy (Tn.m)
SARGSIAN	21162.144	21162.144	19126.647	573751.606	206550.578	366339.054

Calculo de las características del amortiguamiento del suelo de fundación
 $B_x, B_y, B_z, B_{\phi x}, B_{\phi y}, B_{\psi y}$ mediante las Ec. 42 a la 46.

$$\bullet B_x = B_y = \frac{12.24 (1-\mu) * \rho * C_2}{\pi (7-8u)} * A \quad (\text{Ec. 42})$$

$$\bullet B_x = B_y = \frac{12.24 (1-0.33) * 0.1835 * 55.437}{\pi (7-8*0.33)} * (7.8 * 13)$$

$$B_x=B_y= 617.539 \quad \text{Tn.s/m}$$

$$\bullet B_z = \frac{3.4 * \sqrt{(1-2\mu)} * \rho * C_1}{\pi (1-u) * \sqrt{2(1-\mu)}} * A \quad (\text{Ec. 43})$$

$$\bullet B_z = \frac{3.4 * \sqrt{(1-2*0.33)} * 0.1835 * 110.057}{\pi (1-0.33) * \sqrt{2(1-0.33)}} * (7.8 * 13)$$

$$B_z= 1666.091 \quad \text{Tn.s/m}$$

$$\bullet B_{\phi x} = \frac{1.6 * \sqrt{(1-2\mu)} * \rho * C_1}{\pi (1-\mu) * \sqrt{2(1-\mu)}} * I_x \quad (\text{Ec. 44})$$

$$\bullet B_{\phi x} = \frac{1.6 * \sqrt{(1-2*0.33)} * 0.1835 * 110.057}{\pi (1-0.33) * \sqrt{2(1-0.33)}} * \left(\frac{7.8 * 13^3}{12} \right)$$

$$B_{\phi x}= 11041.937 \quad \text{Tn.s.m}$$

$$\bullet B_{\phi y} = \frac{1.6 * \sqrt{(1-2\mu)} * \rho * C_1}{\pi (1-\mu) * \sqrt{2(1-\mu)}} * I_y \quad (\text{Ec. 45})$$

$$\bullet B_{\phi y} = \frac{1.6 * \sqrt{(1-2*0.33)} * 0.1835 * 110.057}{\pi (1-0.33) * \sqrt{2(1-0.33)}} * \left(\frac{13 * 7.8^3}{12} \right)$$

$$B_{\phi y}= 3975.097 \quad \text{Tn.s.m}$$

$$B_{\psi z} = \frac{3.4 * \sqrt{(1-2\mu)} * \rho * C_1}{\pi (1-\mu) * \sqrt{2(1-\mu)}} \cdot I_z \quad (\text{Ec. 46})$$

$$B_{\psi z} = \frac{3.4 * \sqrt{(1-2*0.33)} * 0.1835 * 110.057}{\pi (1-0.33) * \sqrt{2(1-0.33)}} * \left(\frac{7.8 * 13^3}{12} + \frac{13 * 7.8^3}{12} \right)$$

$$B_{\psi z} = 31911.199 \text{ Tn. s. m}$$

Tabla 30.1. Amortiguamiento del suelo de fundacion - Sargsian

Modelo Dinamico	Amortiguamiento del suelo de cimentacion					
	Bx (Tn.s/m)	By (Tn.s/m)	Bz (Tn.s/m)	Bφx (Tn.s.m)	Bφy (Tn.s.m)	Bψy (Tn.s.m)
SARGSIAN	617.539	617.539	1666.091	11041.937	3975.097	31911.199

MODELO DINÁMICO N.G. SHARIYA

Determinacion mediante interpolación por la tabla N° 3 , los valores de λ y χ para la relación de lados de la platea de cimentacion.

Tabla 4: Coeficientes dependientes de los lados de la platea.

Relacion lado mayor / lado menor	λ	χ
1	0.88	0.35
3	0.84	0.24
5	0.77	0.18
10	0.67	0.13

$$L1 = 13 \text{ m}$$

$$L2 = 7.80 \text{ m}$$

$$L1/L2 = 13 / 7.8 = 1.67 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.867$$

$$\chi = 0.313$$

Tabla 30.2. Parametros del modelo Shariya para calcular los coeficientes de rigidez

Modelo Dinamico	Parámetros para calcular los coeficientes de rigidez					
	v	ρs (Tn.s2/m4)	λ	χ	C1 (m/s)	C2 (m/s)
SHARIYA	0.33	0.1835	0.867	0.313	110.057	55.437

Calculo de los coeficientes de rigidez $K_x, K_y, K_z, K_{\phi x}, K_{\phi y}, K_{\psi z}$ por las Ec. 49 a la 53

$$\bullet K_x = K_y = \frac{\rho * (C_2)^2}{\lambda * (1 - \mu^2)} * \sqrt{A} \quad (\text{Ec. 49})$$

$$\bullet K_x = K_y = \frac{0.1835 * (55.437)^2}{0.867 * (1 - 0.33^2)} * \sqrt{7.8 * 13}$$

$$K_x = K_y = 7352.754 \text{ Tn/m}$$

$$\bullet K_z = \frac{(1 - 2\mu) * \rho * (C_1)^2}{\lambda * (1 - \mu)^2} * \sqrt{A} \quad (\text{Ec. 50})$$

$$\bullet K_z = \frac{(1 - 2 * 0.33) * 0.1835 * (110.057)^2}{0.867 * (1 - 0.33)^2} * \sqrt{7.8 * 13}$$

$$K_z = 19558.327 \text{ Tn/m}$$

$$\bullet K_{\phi x} = \frac{(1 - 2\mu) * \rho * (C_1)^2}{\chi * (1 - \mu)^2} * \frac{I_x}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 51})$$

$$\bullet K_{\phi x} = \frac{(1 - 2 * 0.33) * 0.1835 * (110.057)^2}{0.313 * (1 - 0.33)^2} * \frac{7.8 * 13^3}{\sqrt{7.8 * 13}}$$

$$K_{\phi x} = 761873.122 \text{ Tn.m}$$

$$\bullet K_{\phi y} = \frac{(1 - 2\mu) * \rho * (C_1)^2}{\chi * (1 - \mu)^2} * \frac{I_y}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 52})$$

$$\bullet K_{\phi y} = \frac{(1 - 2 * 0.33) * 0.1835 * (110.057)^2}{0.313 * (1 - 0.33)^2} * \frac{13 * 7.8^3}{\sqrt{7.8 * 13}}$$

$$K\phi_y = 274274.324 \text{ Tn.m}$$

$$\bullet K_{\psi z} = \frac{(1-2\mu) \cdot \rho \cdot (C_1)^2}{\chi \cdot (1-\mu)^2} \cdot \frac{I_y}{\sqrt{A}} \quad (\text{Ec. 53})$$

$$\bullet K_{\psi z} = \frac{(1-2 \cdot 0.33) \cdot 0.1835 \cdot (110.057)^2}{0.313 \cdot (1-0.33)^2} \cdot \frac{\frac{7.8 \cdot 13^3}{12} + \frac{13 \cdot 7.8^3}{12}}{\sqrt{7.8 \cdot 13}}$$

$$K\psi_z = 1036147.446 \text{ Tn.m}$$

Tabla 31. Coeficientes de rigidez para la platea de cimentacion - Shariya

Modelo	Coeficientes de rigidez					
	Kx (Tn/m)	Ky (Tn/m)	Kz (Tn/m)	Kφx (Tn.m)	Kφy (Tn.m)	Kψy (Tn.m)
SHARIYA	7352.754	7352.754	19558.327	761873.122	274274.324	1036147.446

Calculo de las características del amortiguamiento del suelo de fundación Bx, By, Bz, Bφx, Bφy, Bψy mediante las Ec. 54 a la 58.

$$\bullet B_x = B_y = \rho \cdot C_2 \cdot A \quad (\text{Ec. 54})$$

$$\bullet B_x = B_y = 0.1835 \cdot 55.437 \cdot (7.8)(13)$$

$$B_x = B_y = 1031.441 \text{ Tn.s/m}$$

$$\bullet B_z = \rho \cdot C_1 \cdot A \quad (\text{Ec. 55})$$

$$\bullet B_z = 0.1835 \cdot 110.057 \cdot (7.8)(13)$$

$$B_z = 2047.658 \text{ Tn.s/m}$$

$$\bullet B_{\phi \cdot x} = \rho \cdot C_1 \cdot I_x \quad (\text{Ec. 56})$$

$$\bullet B_{\phi x} = 0.1835 \cdot 110.057 \cdot \frac{7.8 \cdot 13^3}{12}$$

$$B_{\phi x} = 28837.852 \text{ Tn.s.m}$$

$$B_{\varphi y} = \rho * C_1 * I_y \quad (\text{Ec. 57})$$

$$B_{\varphi y} = 0.1835 * 110.057 * \frac{13 * 7.8^3}{12}$$

$$B_{\varphi y} = 10381.627 \text{ Tn. s. m}$$

$$B_{\psi z} = \rho * C_1 * I_z \quad (\text{Ec. 58})$$

$$B_{\psi z} = 0.1835 * 110.057 * \left(\frac{7.8 * 13^3}{12} + \frac{13 * 7.8^3}{12} \right)$$

$$B_{\psi z} = 39219.479 \text{ Tn. s. m}$$

Tabla 31.1. Amortiguamiento del suelo de fundacion - Shariya

Modelo Dinamico	Amortiguamiento del suelo de cimentacion					
	Bx (Tn.s/m)	By (Tn.s/m)	Bz (Tn.s/m)	B φ x (Tn.s.m)	B φ y (Tn.s.m)	B ψ y (Tn.s.m)
SHARIYA	1031.441	1031.441	2047.658	28837.852	10381.627	39219.479

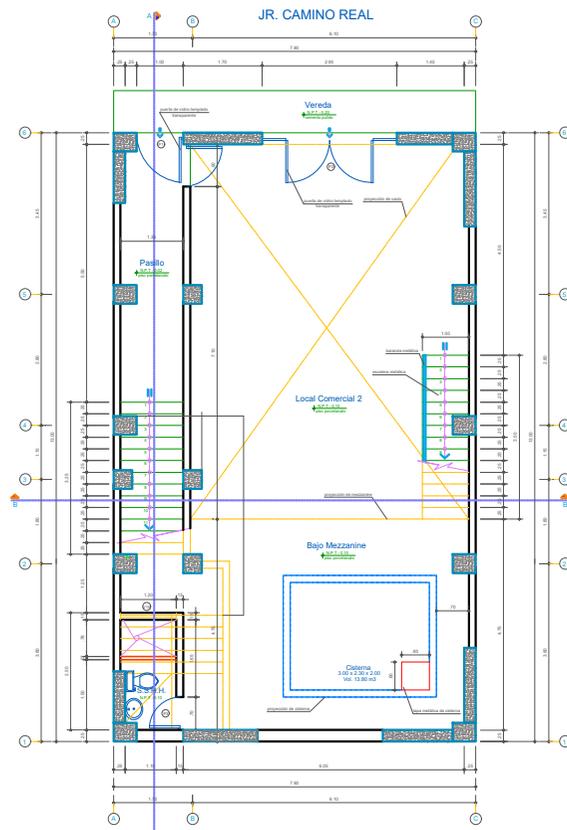
Tabla 32. Resumen de los coeficientes de rigidez para los cuatro modelos dinámicos.

Modelo Dinamico	Coeficientes de rigidez					
	Kx (Tn/m)	Ky (Tn/m)	Kz (Tn/m)	K φ x (Tn.m)	K φ y (Tn.m)	K ψ y (Tn.m)
BARKAN	210724.201	210724.201	262618.967	3717439.880	1335558.279	-
NORMA RUSA	167886.642	167886.642	239838.060	6755438.689	2431957.928	4593698.309
SARGSIAN	21162.144	21162.144	19126.647	573751.606	206550.578	366339.054
SHARIYA	7352.754	7352.754	19558.327	761873.122	274274.324	1036147.446

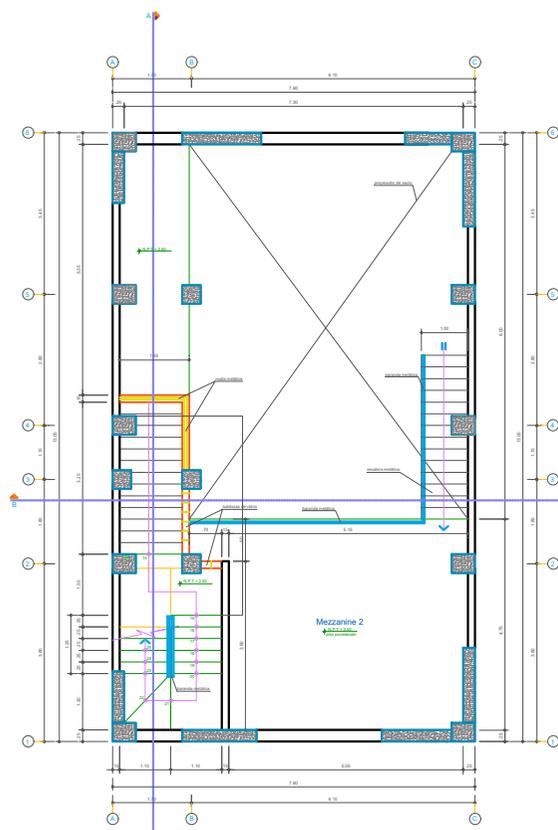
Tabla 33. Resumen de las características del amortiguamiento para los modelos dinámicos

Modelo Dinamico	Coeficientes de Amortiguamiento					
	Bx (Tn.s/m)	By (Tn.s/m)	Bz (Tn.s/m)	B φ x (Tn.s.m)	B φ y (Tn.s.m)	B ψ z (Tn.s.m)
NORMA RUSA	1112.794	1112.794	1330.043	22171.015	8042.512	12737.380
SARGSIAN	617.539	617.539	1666.091	11041.937	3975.097	31911.199
SHARIYA	1031.441	1031.441	2047.658	28837.852	10381.627	39219.479

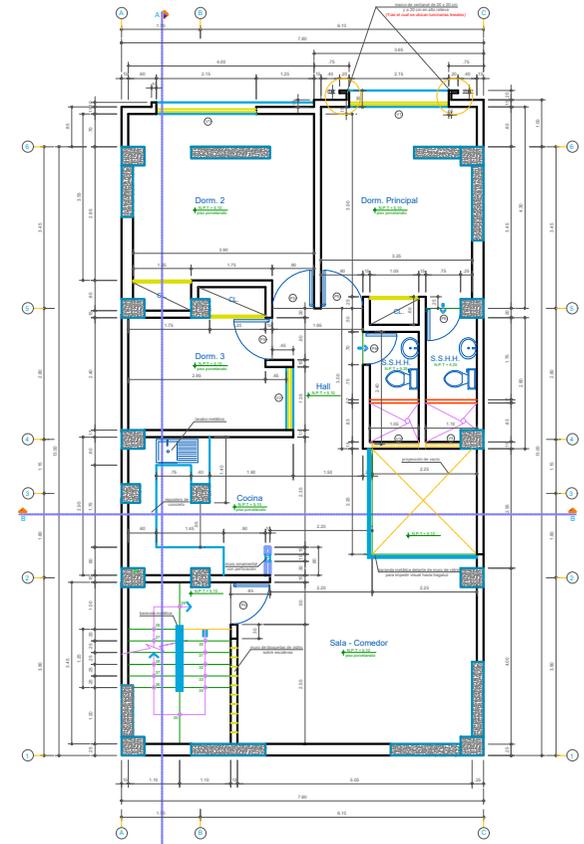
ANEXOS N° 03: PLANOS



PRIMER NIVEL



PLANTA MEZZANINE 1



SEGUNDO NIVEL

CUADRO DE VANDOS

PUERTAS		VENTANAS					
CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	OTROS DATOS	CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	OTROS DATOS
P1	1.00	3.72	...	V1	2.15	1.90	1.00
P2	2.90	3.80	...	V2	1.40	1.60	1.00
P3	0.70	2.10	...	V3	1.00	0.65	1.80
P4	0.90	2.30	...	V4	0.75	0.65	1.80
P5	0.90	2.60	...	V5	1.50	0.50	1.80
P6	0.70	2.30	...	V6	1.00	0.50	1.80
P7	0.90	2.30	...	V7	0.85	0.45	1.80
P8	0.70	2.15	...	V8	variable	1.40	1.00
P9	2.70	4.00	...	V9	2.15	2.00	0.50
				V10	2.15	1.60	0.70
				V11	0.75	0.35	1.80
				V12	1.00	0.35	1.80
				V13	1.40	0.35	1.80
				V14	2.15	2.50	...
				V15	1.20	0.60	1.80
				V16	1.60	1.40	1.00

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

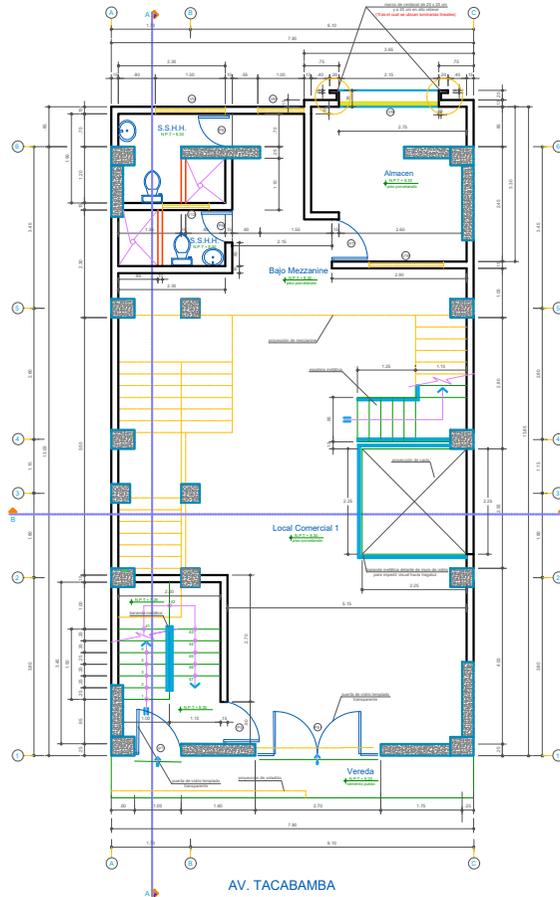
PROYECTO: **ANEXO EXPOSITIVO A LA PLANTA DE CUENTAS DEL ALMACÉN DE LA ASOCIACIÓN ÚNICA DE ELECTRICISTAS DE LA CAJAMARCA (AUEC)**

PLANO: **1ER - 2DO NIVEL**

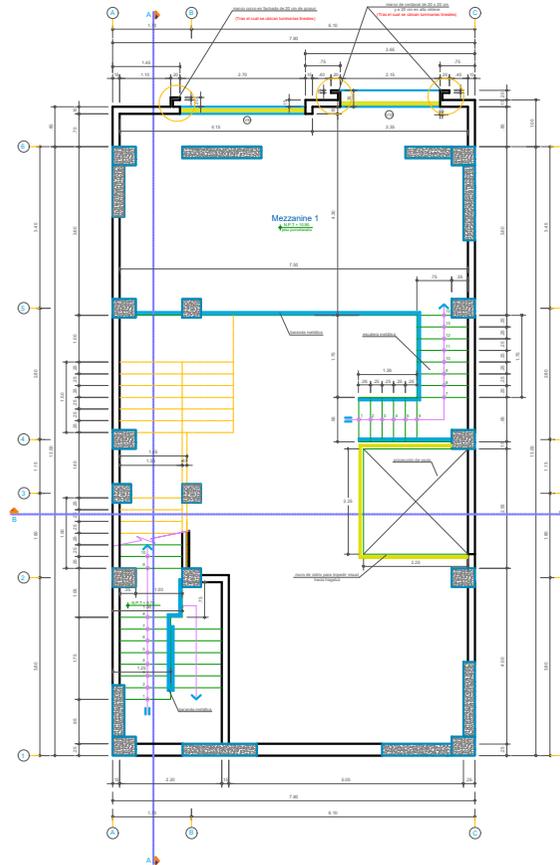
TESISTA: **TAPIA VÁSQUEZ, Henry Elidor**

DISEÑO: **ARG. DR. ALTAIRIANO MEDINA** ESCALA: **1/50** FECHA: **12/09/2022**

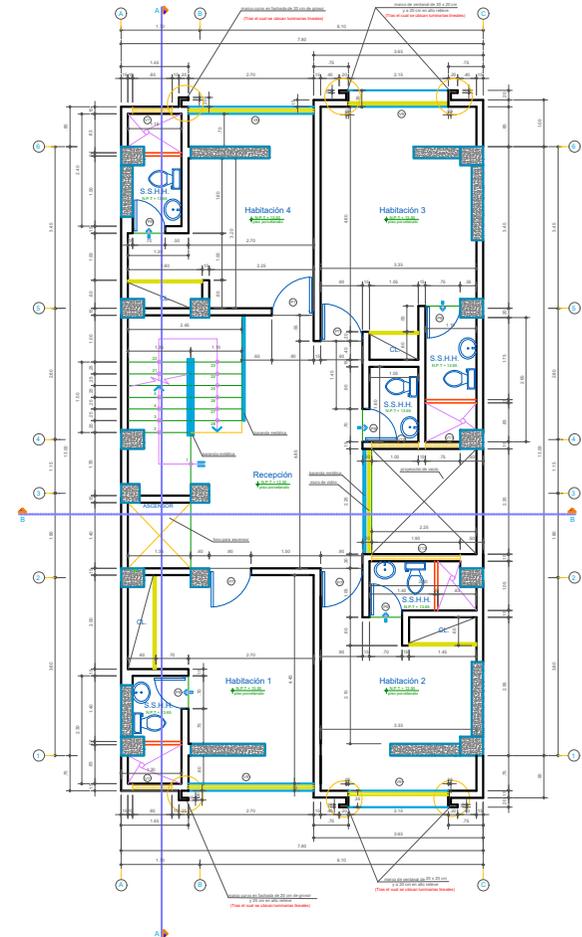
LAMINA: **A-01**



TERCER NIVEL
Escala: 1/50



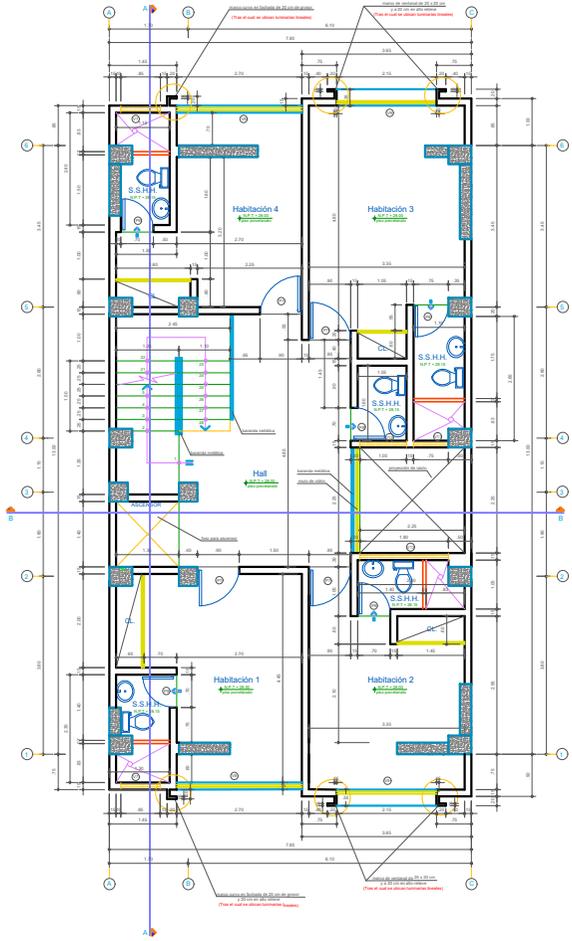
PLANTA MEZZANINE 2
Escala: 1/50



CUARTO A OCTAVO NIVEL (planta típica)
Escala: 1/50

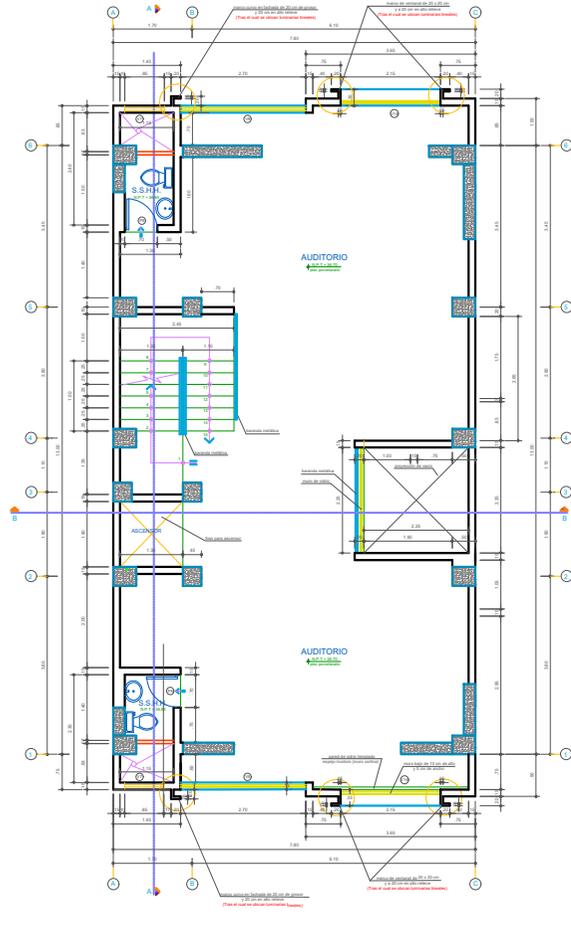
CUADRO DE VANDOS				CUADRO DE VANDOS						
CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	ALPES (m)	OBSERVACIONES	CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	ALPES (m)	OBSERVACIONES	
PUERTAS	P1	1.00	3.72	--	PUERTA DE ACCESO AL LOCAL COMERCIAL 1	VENTANAS	V1	2.15	1.90	1.00
	P2	2.90	3.80	--	PUERTA DE ACCESO AL ALMACÉN		V2	1.40	1.60	1.00
	P3	0.70	2.10	--	PUERTA DE ACCESO AL VESTÍBULO		V3	1.00	0.65	1.80
	P4	0.90	2.20	--	PUERTA DE ACCESO AL VESTÍBULO		V4	0.75	0.65	1.80
	P5	0.90	2.60	--	PUERTA DE ACCESO AL VESTÍBULO		V5	1.50	0.50	1.80
	P6	0.70	2.30	--	PUERTA DE ACCESO AL VESTÍBULO		V6	1.00	0.50	1.80
	P7	0.90	2.30	--	PUERTA DE ACCESO AL VESTÍBULO		V7	0.85	0.45	1.80
	P8	0.70	2.15	--	PUERTA DE ACCESO AL VESTÍBULO		V8	Variable	1.40	1.00
	P9	2.70	4.00	--	PUERTA DE ACCESO AL VESTÍBULO		V9	2.15	2.00	0.50
					V10		2.15	1.60	0.70	
					V11		0.75	0.35	1.80	
					V12		1.00	0.35	1.80	
					V13		1.40	0.35	1.80	
					V14		2.15	2.50	---	
					V15		1.20	0.60	1.80	
					V16		1.40	1.40	1.00	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	PROYECTO: MEZ - SEXTO NIVEL TEBSTA: TAPIA VASQUEZ, Henry Eider.	
ISLAND: MEZ - SEXTO NIVEL LAMINA: A-02	DISEÑO: ING. EN ALTAMIRANO MECINA	ESCALA: 1/50
FECHA: 12/09/2022		



NOVENO A ONCEAVO NIVEL (planta típica)

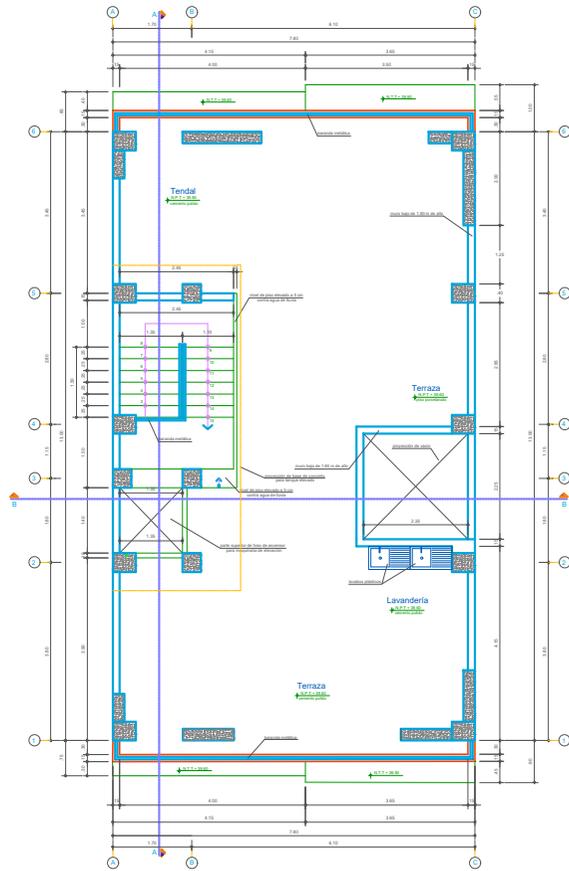
ESCALA 1/50



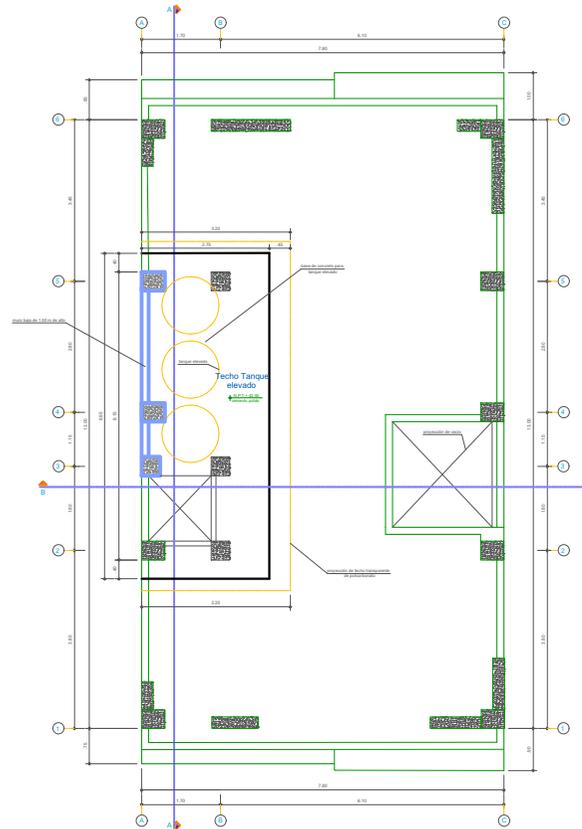
DOCEAVO NIVEL (planta típica)

ESCALA 1/50

PUERTAS					VENTANAS				
CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	AFIJETES (cm)	OBSERVACIONES	CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	AFIJETES (cm)	OBSERVACIONES
P1	1.80	3.33	--	...	V1	2.15	1.90	1.00	...
P2	2.90	3.80	--	...	V2	1.40	1.60	1.00	...
P3	0.70	2.10	--	...	V3	1.00	0.65	1.80	...
P4	0.90	2.20	--	...	V4	0.75	0.65	1.80	...
P5	0.90	2.60	--	...	V5	1.50	0.50	1.80	...
P6	0.70	2.30	--	...	V6	1.50	0.50	1.80	...
P7	0.90	2.30	--	...	V7	0.85	0.45	1.80	...
P8	0.70	2.15	--	...	V8	Variable	1.40	1.00	...
P9	2.70	4.80	--	...	V9	2.15	2.00	0.50	...
					V10	2.15	1.60	0.70	...
					V11	0.75	0.35	1.80	...
					V12	1.00	0.35	1.80	...
					V13	1.40	0.35	1.80	...
					V14	2.15	2.50	---	...
					V15	1.20	0.60	1.80	...
					V16	1.60	1.40	1.00	...

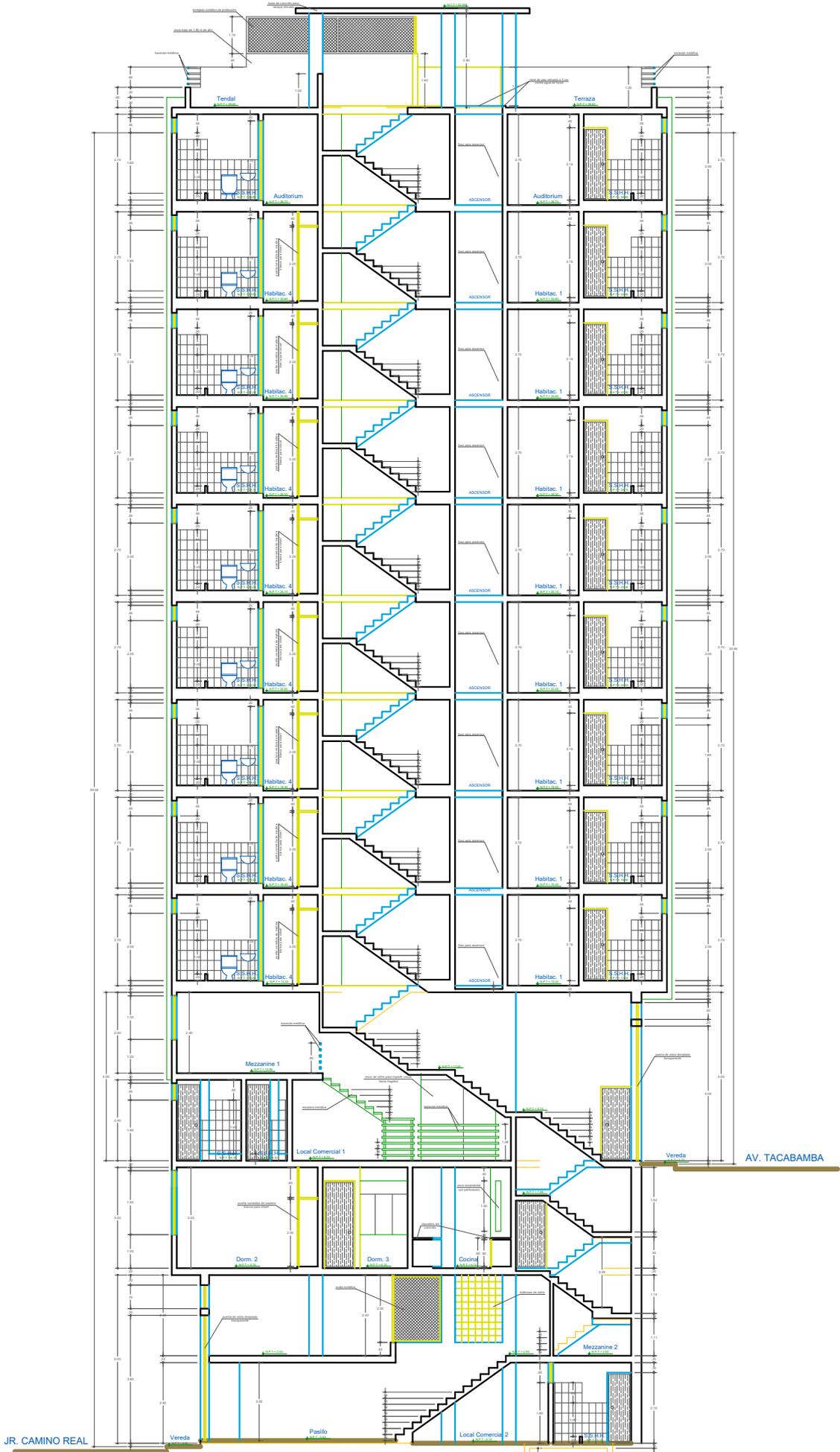


TRECEAVO NIVEL
ESCALA 1/50



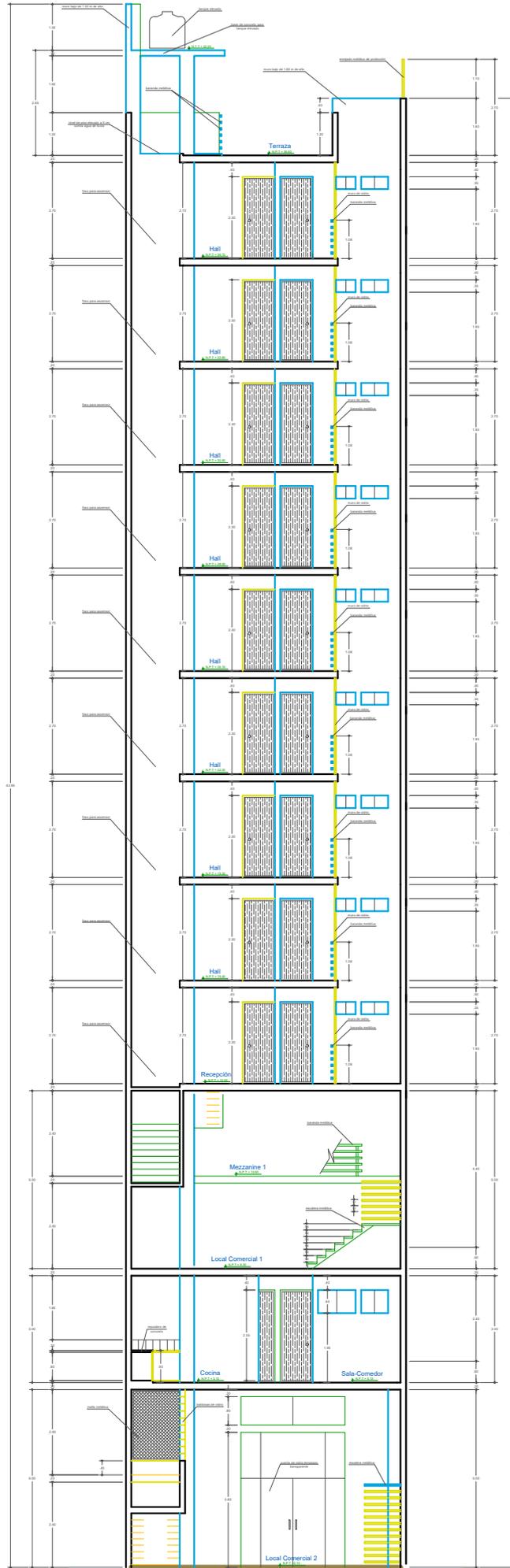
PLANTA DE TECHOS
ESCALA 1/50

CUADRO DE VANDOS									
HORIZONTALES					VERTICALES				
CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	PAREDES (m)	OBSERVACIONES	CODIGO	ANCHO (m)	ALTO (m)	PAREDES (m)	OBSERVACIONES
P1	1.00	3.72	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V1	2.15	1.90	1.00	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
P2	2.00	3.80	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V2	1.40	1.60	1.00	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
P3	0.70	2.10	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V3	1.00	0.65	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
P4	0.90	2.20	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V4	0.75	0.65	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
P5	0.90	2.60	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V5	1.50	0.50	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
P6	0.70	2.30	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V6	1.50	0.50	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
P7	0.90	2.30	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V7	0.85	0.45	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
P8	0.70	2.15	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V8	Variable	1.40	1.00	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
P9	2.70	4.00	--	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL	V9	2.15	2.00	0.50	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
					V10	2.15	1.60	0.70	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
					V11	0.75	0.35	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
					V12	1.00	0.35	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
					V13	1.40	0.35	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
					V14	2.15	2.50	-----	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
					V15	1.20	0.60	1.80	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL
					V16	1.40	1.00	1.00	PARTE DEL PISO DE LA CUBIERTA DEL TERCER NIVEL

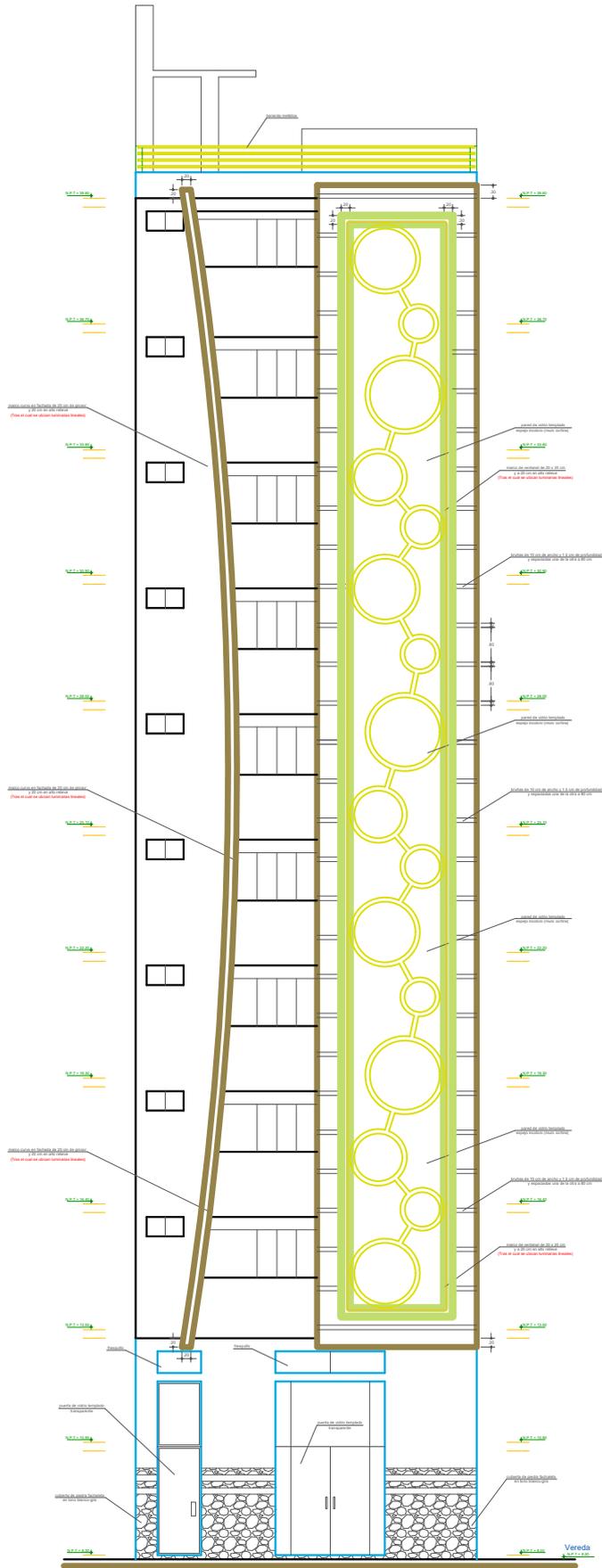


CORTE A - A
Sección

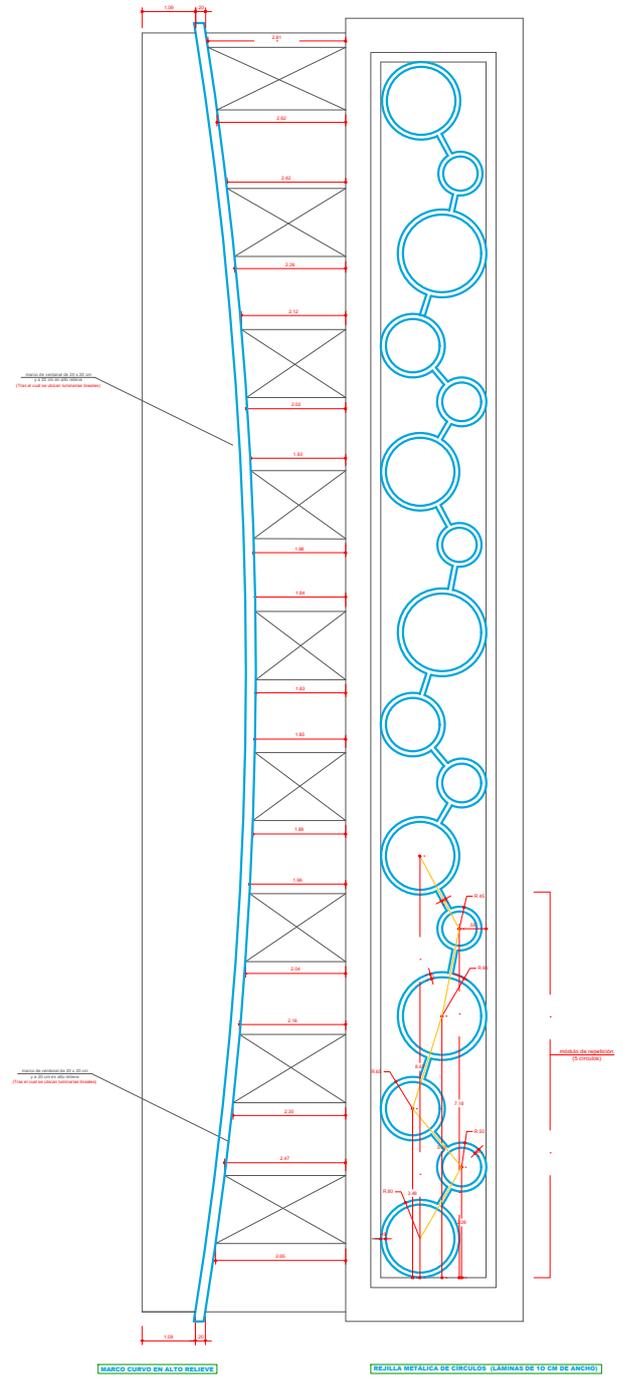
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		LAMINA: A-05	
	PROYECTO: <small>Urbanización y construcción de un complejo de 10 edificios de 10 y 12 pisos, en el sector de la Avenida Tacabamba y Camino Real, en la ciudad de Cajamarca.</small>			
	PLANO: 7. UNITE. E - 4	TITULAR: ZAPATA RIVERA, Henry Edwin		
	DISEÑO: ARG. EN. ALTAMIRANO MEDINA	ESCALA: 1/75		FECHA: 12/09/2012



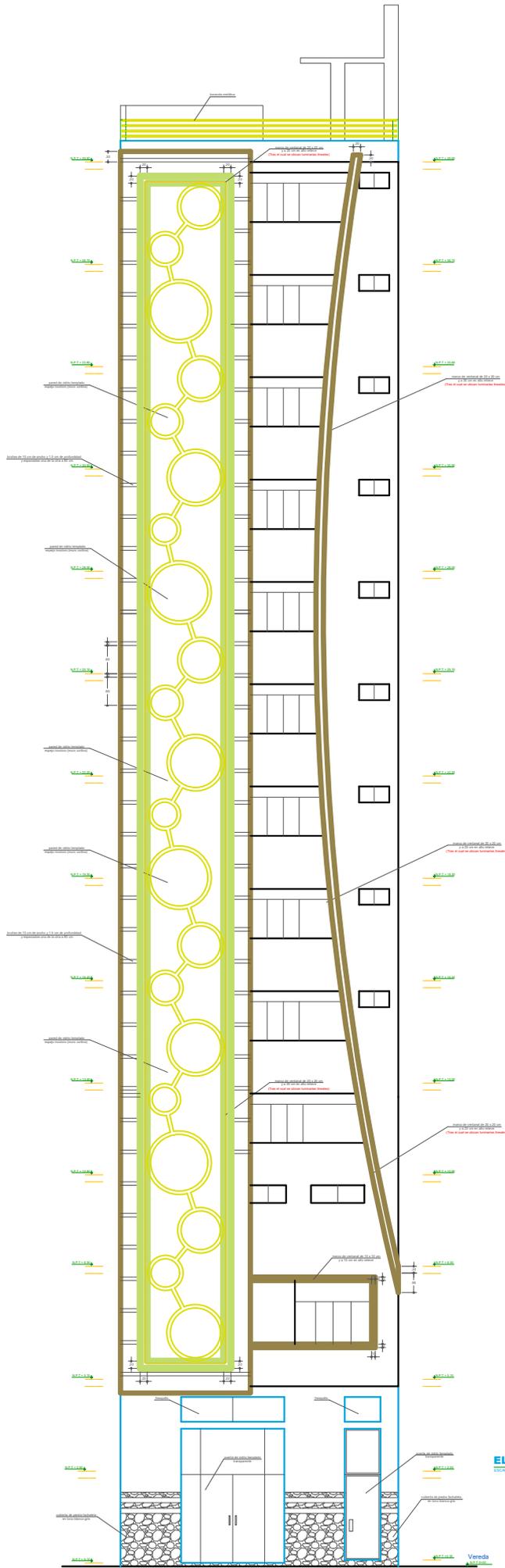
CORTE B - B
Corte 1/10



ELEVACIÓN FRONTAL : HACIA AV. TACABAMBA
ESCALA 1:50

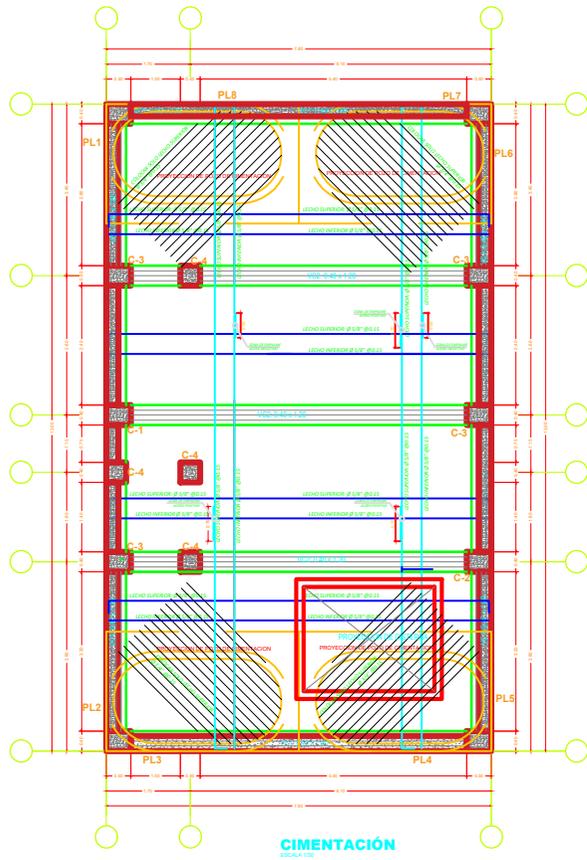


DETALLES EN FACHADA
ESCALA 1:50

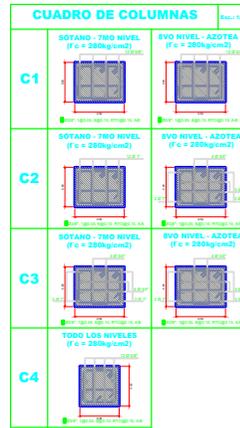


ELEVACIÓN FRONTAL : HACIA JR. CAMINO REAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
	PROYECTO : RECONSTRUCCIÓN DEL COMPLEJO ARQUITECTÓNICO DEL INSTITUTO DE FERIA Y PRODUCCIÓN <small>RECONSTRUCCIÓN DEL COMPLEJO ARQUITECTÓNICO DEL INSTITUTO DE FERIA Y PRODUCCIÓN DEL</small> <small>SECTOR AGROPECUARIO DEL DISTRITO DE CAJAMARCA</small>		
	PLANO : ELEVACION FRONTAL HACIA JR. CAMINO REAL		
	TESISISTA : TAPIA VÁSQUEZ, Henry Edder		
	DISEÑO: ARG. DR. ALVARADO MEDINA	ESCALA: 1/75	FECHA: 12/09/2022



CIMENTACIÓN
ESCALA 1/50



RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

-TIPO DE CIMENTACION: POZOS + PLATA DE CIMENTACION

-PARAMETROS DE DISEÑO DE LA CIMENTACION: $T_p = 1.5$ $T = 1,800\text{kg/m}^3$

-PROFUNDIDAD DE CIMENTACION: PLATA DE CIMENTACION -3.00m

-PRESION ADMISIBLE: $f_c = 0.86\text{kg/cm}^2$

-FACTOR DE SEGURIDAD POR CORTE: $\phi > 0.86\text{kg/cm}^2$ (CORTE ESTÁTICO/ DINAMICO)

-AGRESIVIDAD DEL SUELO A LA CIMENTACION: NO DETECTADA (UTILIZAR CEMENTO TIPO MS)

NIVEL FREÁTICO: NO DETECTADO

RECOMENDACIONES ADICIONALES

NO DEBE CIMENTARSE SOBRE TURBA, SUELO ORGANICO, TIERRA VEGETAL, DESMORTE O RELLENO SANITARIO. ESTOS MATERIALES INADECUADOS DEBERAN SER REMOVIDOS EN SU TOTALIDAD ANTES DE CONSTRUIR LA EDIFICACION Y SER REEMPLAZADOS POR MATERIALES RESISTENTES DEBIDAMENTE COMPACTADOS.

SE CIMENTARÁ SOBRE TERRENO DE BUENA CALIDAD, EN CASO DE NO ENCONTRAR LA RESISTENCIA REQUERIDA, SE PROFUNDIRÁ CON FALSAS ZAPATAS HASTA LLEGAR AL ESTRATO APROPIADO.

PARA EL CONCRETO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES ENTERRADOS, SE RECOMIENDA EL USO DE UN SELADOR PARA IMPEDIR LA OXIDACION DE LA ARMADURA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

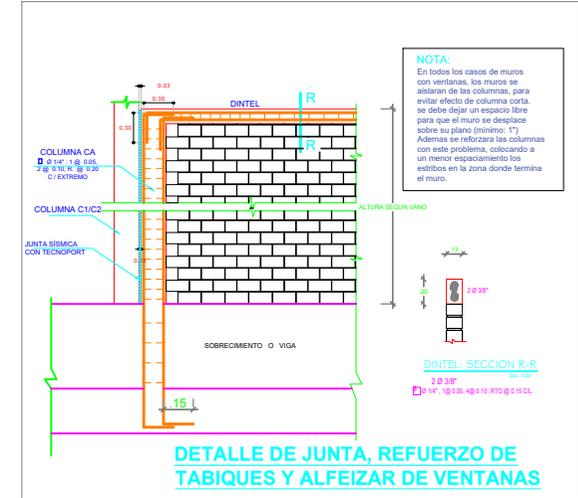
NOTAS

1.- NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA DE UNA MISMA SECCION

2.- EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70 % Y REFORZAR CON ESTRIBOS DE 10.00m

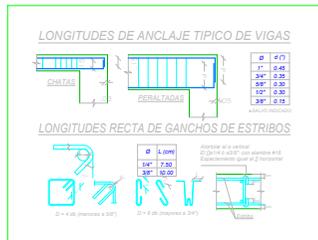
3.- PARA TODAS LAS TUBERIAS QUE CORTAN LA CIMENTACION SE DEBERAN DEJAR LOS PASES RESPECTIVOS ANTES DE VACIAR EL CONCRETO.

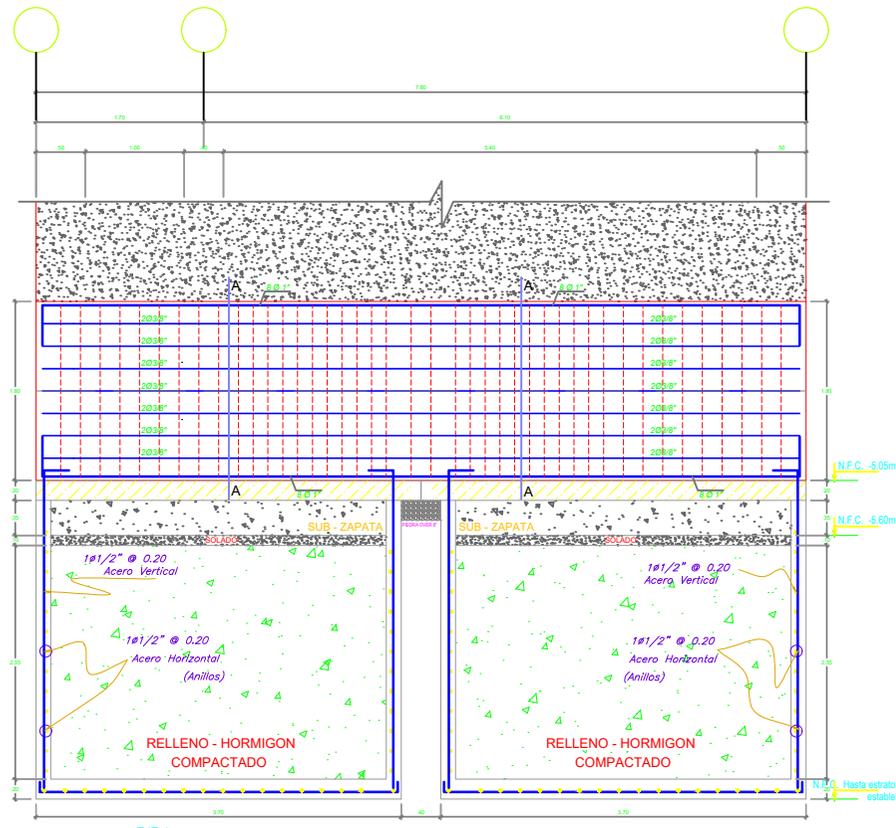
4.- SE RECOMIENDA TENER CUIDADO DE CONTROLAR EN LO POSIBLE CUALQUIER INfiltración DE AGUA QUE PUEDA ALTERAR EL EQUILIBRIO POTENCIAL DEL SUELO



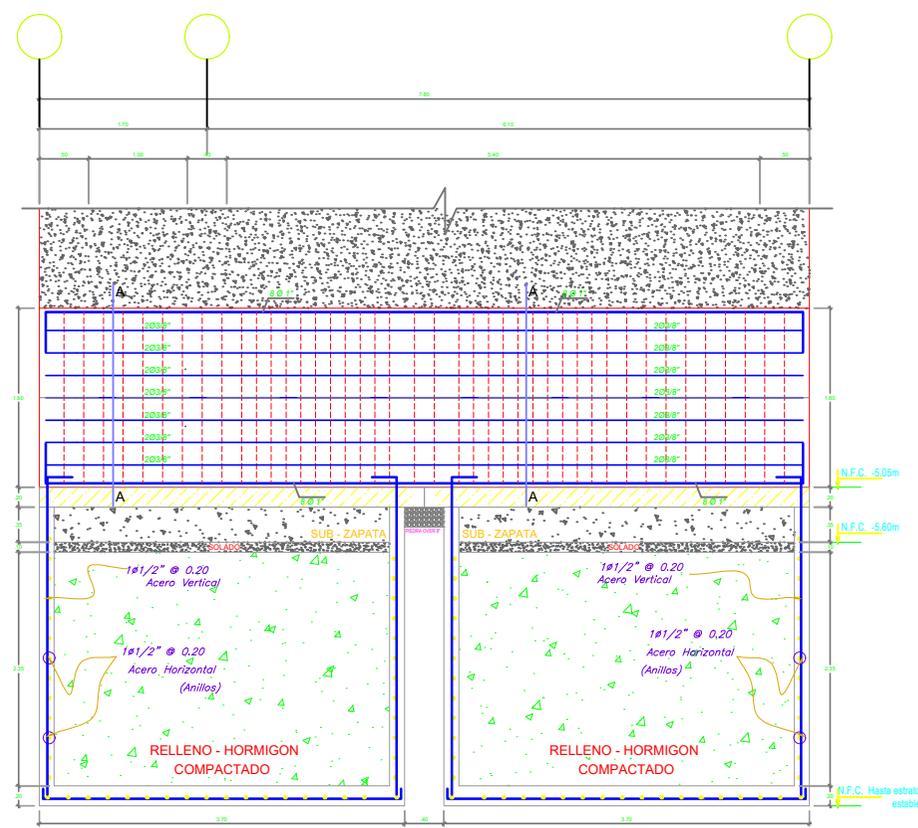
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CONCRETO SIMPLE		CONCRETO ARMADO	
SOLIDADOS	C - H 1:12	CIMENTACION, COLUMNAS, MUROS	f _{cd} = 300 Kg/cm ²
CIMENTOS CORRIDOS	C - H 1:10 = 30% PG a 8" max.	SOBRECIMENTOS	f _{cd} = 175 Kg/cm ²
SOBRECIMENTOS	C - H 1:8 = 25% PG a 8" max.	CISTERNA, ESCALERA, LOSAS	f _{cd} = 300 Kg/cm ²
PISOS	f _{cd} = 140 Kg/cm ²	REFUERZO	f _{cd} = 200 Kg/cm ²
RECURRIMIENTOS		SUELO	
ZAPATAS	7.5 cm.	RESISTENCIA ADMISIBLE	0.86 Kg/cm ²
VIGAS DE CIMENTACION	5 cm.	SISTEMA ESTRUCTURAL	
VIGAS Y COLUMNAS PERALTADES	2.5 cm.	DIRECCION X-X	SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES
LOSAS	2.5 cm.	DIRECCION Y-Y	SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES
RECURRIMIENTOS		PARAMETROS SISMICOS	
Factor de zona	0.25g	Factor de zona	0.25g
Factor de uso	1.30	Factor de uso	1.30
Factor de suelo	1.4	Factor de suelo	1.4
Periodo del suelo	T _p = 1.0 s TL = 1.5 s	Periodo del suelo	T _p = 1.0 s TL = 1.5 s
Factor de reducción de fuerza sismica básico	R = 5.0	Factor de reducción de fuerza sismica final	R = 5.0
Factor de reducción de fuerza sismica final	R = 5.0	Factor de reducción de fuerza sismica final	R = 5.0
Irregularidad por discontinuidad del diafragma	I _p = 0.85	Irregularidad por discontinuidad del diafragma	I _p = 0.85
NORMAS DE DISEÑO			
PARA TODO LO NO ESPECIFICADO, RIGEN:			
REGlamento NACIONAL DE EDIFICACIONES: ACI 318-19			
NTE E-040 - CARGAS			
NTE E-030 - 2018 - DISEÑO SISMORRESISTENTE			
NTE E-050 - SUELOS Y CIMENTACIONES			
NTE E-040 - CONCRETO ARMADO			

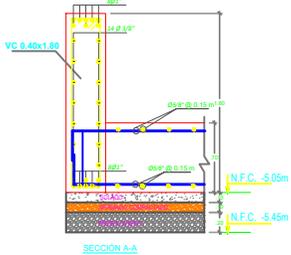




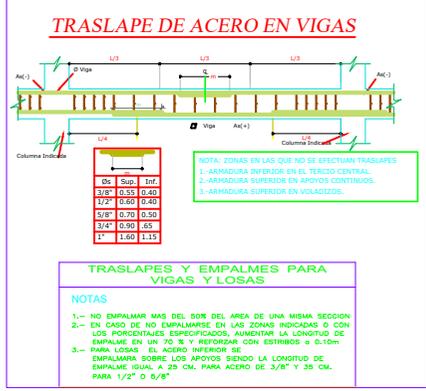
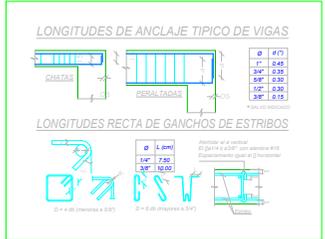
EJE 1
Esc. 1/25



EJE 6
Esc. 1/25



SECCION A-A
Esc. 1/25



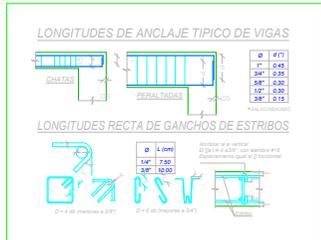
CUADRO DE MUROS DE CORTE (PLACAS)

PL1	SOTANO - 4TO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	4TO NIVEL - SAVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	8NO NIVEL - 10NO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	11AVO NIVEL - 13 AVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
PL2 PL3	SOTANO - 2DO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	3ER - 4TO - 5TO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	10NO NIVEL - 13 AVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	6TO - 7MO - SAVO - 8NO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	10NO NIVEL - 13 AVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	10NO NIVEL - 13 AVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	10NO NIVEL - 13 AVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	10NO NIVEL - 13 AVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	

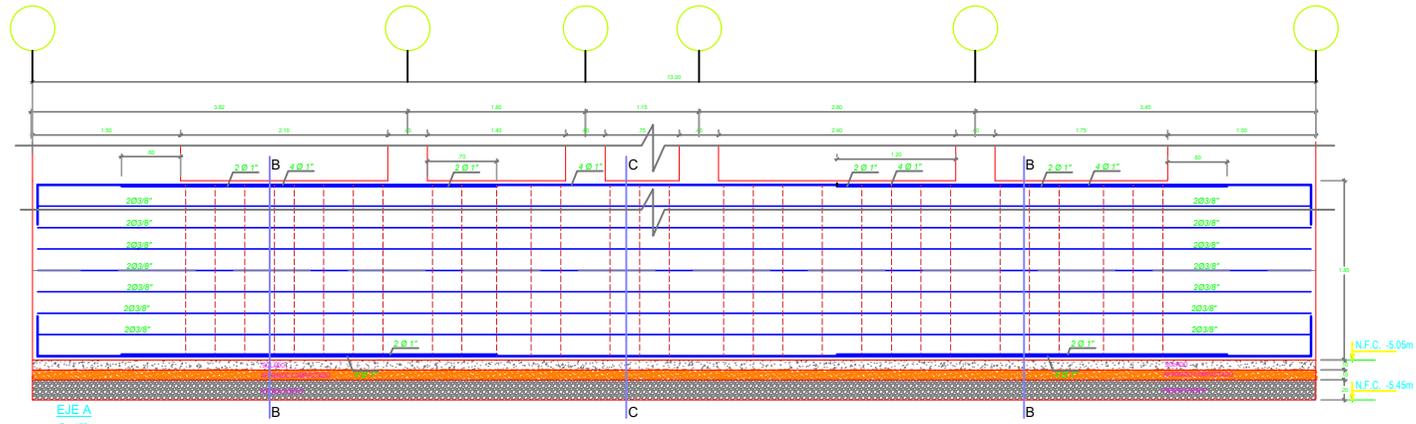
PL4 PL5	SOTANO - 2DO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	3ER - 4TO - 5TO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	6TO - 7MO - SAVO - 8NO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	

PL6 PL7	SOTANO - MEZZANINE 1 (f'c = 280kg/cm2)	
	4TO - SAVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	11AVO NIVEL - 13 AVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	

PL8	SOTANO - 7MO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	8VO - 8NO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	
	10NO NIVEL - 13AVO NIVEL (f'c = 280kg/cm2)	



ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO SIMPLE	<p>RESISTENCIA DEL SUELO</p> <p>Adaptación: Verificada en los planos</p> <p>MATERIAS PRIMAS</p> <p>Cemento: Cemento Portland 150S MS</p> <p>Agua: Agua potable</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 1</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 2</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 3</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 4</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 5</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 6</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 7</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 8</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 9</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 10</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 11</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 12</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 13</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 14</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 15</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 16</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 17</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 18</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 19</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 20</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 21</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 22</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 23</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 24</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 25</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 26</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 27</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 28</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 29</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 30</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 31</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 32</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 33</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 34</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 35</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 36</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 37</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 38</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 39</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 40</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 41</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 42</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 43</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 44</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 45</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 46</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 47</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 48</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 49</p> <p>Gravilla: Grava lavada (Cantón Pichincha 200) 50</p>
CONCRETO ARMADO	<p>COMENTACIÓN: COLUMNAS, MUROS : f'c=280 Kg/cm2</p> <p>SOBRECIMENTOS : f'c=175 Kg/cm2</p> <p>CISTERNA, ESCALERA, LOSAS : f'c=280 Kg/cm2</p> <p>REFUERZO : fy=4200 Kg/cm2</p>
RECURRIMIENTOS	<p>ZAPATAS : 7.5 cm.</p> <p>VIGAS DE ORIENTACIÓN : 5 cm.</p> <p>VIGAS Y COLUMNAS PERALZADAS : 4 cm.</p> <p>CISTERNA : 2.5 cm.</p> <p>LOSAS : 2.5 cm.</p>
SUELO	<p>RESISTENCIA ADMISIBLE : 0.86 Kg/cm2</p>
SISTEMA ESTRUCTURAL	<p>DIRECCION X-X : SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES</p> <p>DIRECCION Y-Y : SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES</p>
PARAMETROS SISMICOS	<p>FACTOR DE ZONA : 0.25g</p> <p>FACTOR DE USO : 1.20</p> <p>FACTOR DE SUELO : 1.4</p> <p>PERIODO DEL SUELO : T_p = 1.0 s TL = 1.8 s</p> <p>FACTOR DE REDUCCION DE FUERZA SISMICA BASICO : V_y - R_y = 6.0</p> <p>FACTOR DE REDUCCION DE FUERZA SISMICA FINAL : V_y - R_y = R_o * μ_y = 4.59</p>
NORMAS DE DISEÑO	<p>PARA TODO LO NO ESPECIFICADO, REGLEN:</p> <p>REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES ACI 318-10</p> <p>NTE E.000 - CARGAS</p> <p>NTE E.000 - 2018 - DISEÑO SISMORRESISTENTE</p> <p>NTE E.000 - BULOS Y CIMENTACIONES</p> <p>NTE E.000 - CONCRETO ARMADO</p>



TRASLAPE DE ACERO EN VIGAS

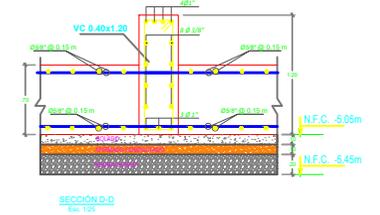
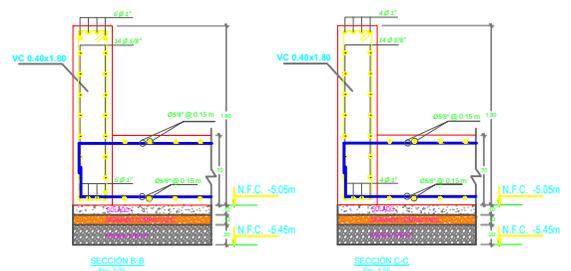
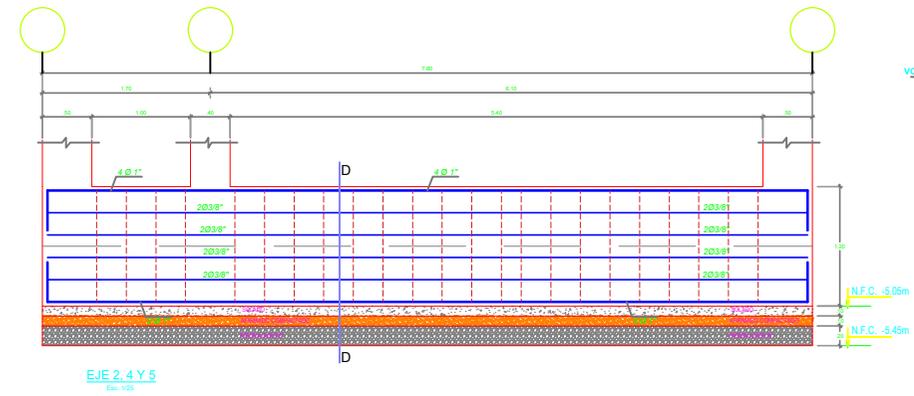
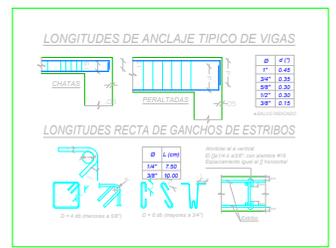
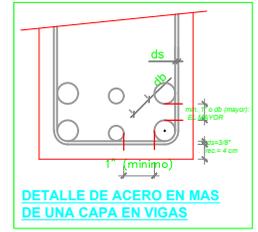
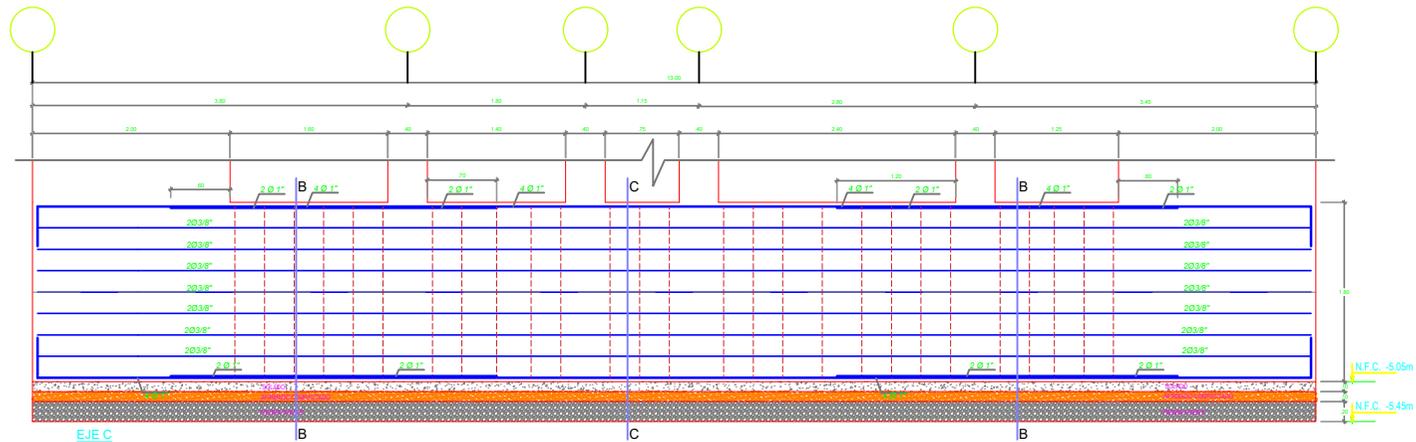
ds	Sup	Inf
3/8"	0.55	0.40
1/2"	0.60	0.40
5/8"	0.70	0.50
3/4"	0.80	0.55
1"	1.00	1.15

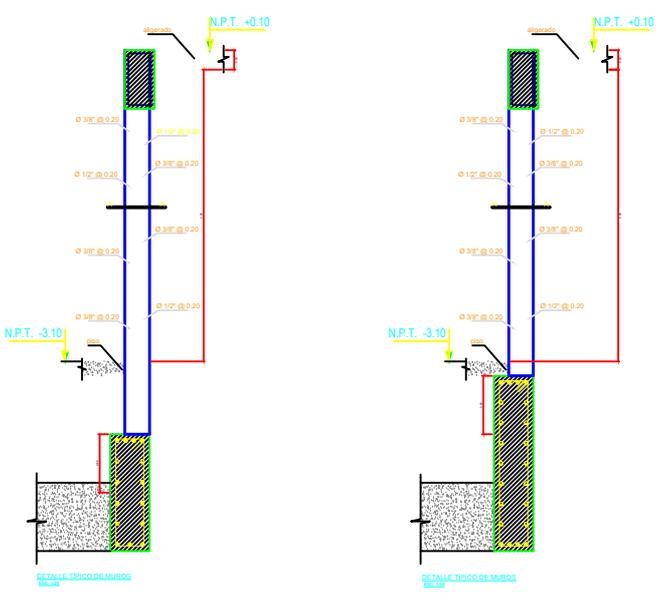
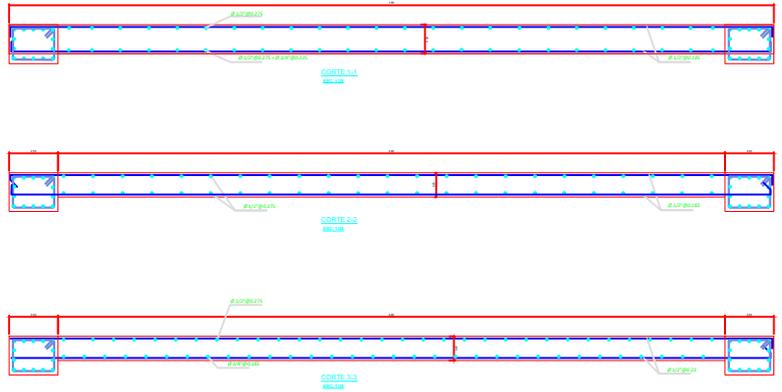
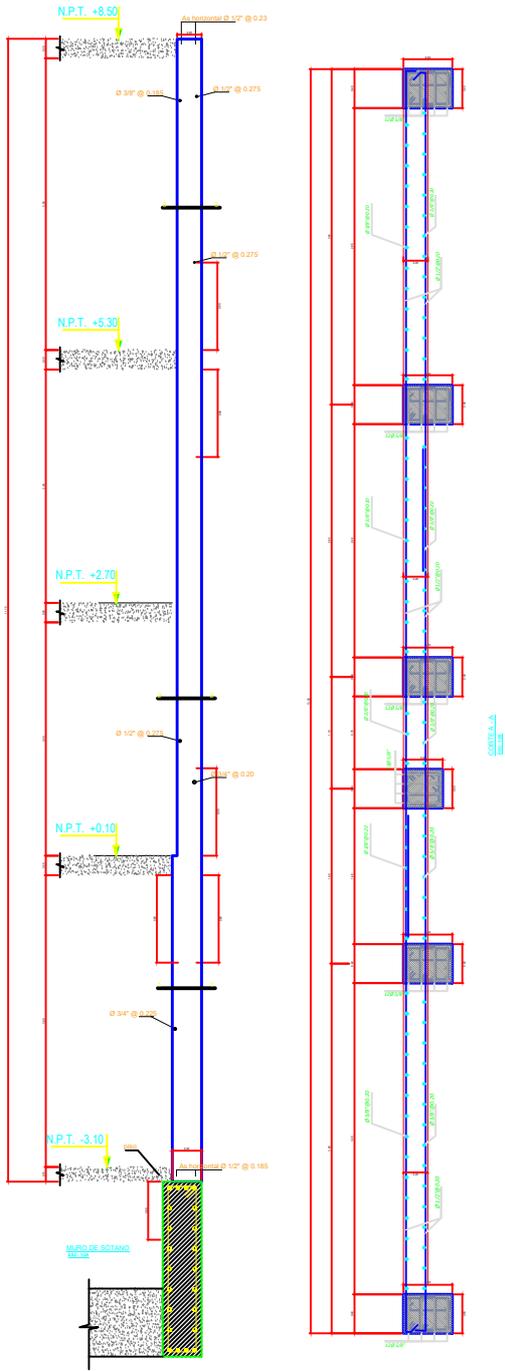
NOTA: ZONAS EN LAS QUE NO SE EFECTUAN TRASLAPES
 1.- ARMADURA INFERIOR EN EL TERCIO CENTRAL.
 2.- ARMADURA SUPERIOR EN APOYOS CONTINUOS.
 3.- ARMADURA SUPERIOR EN VOLADIZOS.

TRASLAPES Y EMPALMES PARA VIGAS Y LOSAS

NOTAS

- NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA DE UNA MISMA SECCION
- EN CASO DE NO EMPALMARSE EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES ESPECIFICADOS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70 % Y REFORZAR CON ESTIBOS a 0.10m
- PARA LOSAS, EL ACERO INFERIOR SE EMPALMA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 20 CM. PARA ACERO DE 3/8" Y 35 CM. PARA 1/2" O 5/8"





ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO SIMPLE		HORMIGONERA DE CASERO	
SOLADOS	C - H 1:12	Hormigón de cemento en su pureza	
CIMENTOS CORRIDOS	C - H 1:10 + 30% PG a 8" max.	Cemento: Cemento Portland (OPC)	
SOBRECIMENTOS	C - H 1:8 + 20% PG a 8" max.	Arena de la subcategoría: Cemento Portland (OPC)	
PSBS	F=140 Kg/m ²	Agregado:	
CONCRETO ARMADO		El agregado grueso consistirá en grava natural e inflateda.	
CIMENTACION, COLUMNAS, MUROS	F=200 Kg/m ²	El agregado fino consistirá en arena natural e manufacturada, sus partículas serán de tipo natural.	
SOBRECIMENTOS	F=175 Kg/m ²	El agregado fino consistirá en arena natural e manufacturada, sus partículas serán de tipo natural.	
CISTERNA, ESCALERA, LOSAS	F=200 Kg/m ²	El agregado fino consistirá en arena natural e manufacturada, sus partículas serán de tipo natural.	
REFERIDO	F=400 Kg/m ²	El agregado fino consistirá en arena natural e manufacturada, sus partículas serán de tipo natural.	
RECLUBRIMIENTOS		ACABADOS	
ZAPATAS	7.5 cm.	Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
VIGAS DE CIMENTACION	5 cm.	Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
VIGAS Y COLUMNAS PERALZADAS	4 cm.	Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
CISTERNA	2.5 cm.	Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
LOSAS	2.5 cm.	Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
SUELO		ENCUENTROS	
RESISTENCIA ADMISIBLE	0.886 Kg/cm ²	Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
SISTEMA ESTRUCTURAL		Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
DIRECCION X-X	SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES	Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
DIRECCION Y-Y	SISTEMA MUROS ESTRUCTURALES	Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
PARAMETROS SISMICOS		ENCUENTROS	
FACTOR DE ZONA	0.25g	Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
FACTOR DE USO	1.30	Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
FACTOR DE SUELO	1.4	Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
PERIODO DEL SUELO	T _s = 1.0 s TL = 1.8 s	Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
FACTOR DE REDUCCION DE FUERZA SISMICA BASICO	0.9	Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
FACTOR DE REDUCCION DE FUERZA SISMICA BASICO	0.9	Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
NORMAS DE DISEÑO		ENCUENTROS	
PARA TODO LO NO ESPECIFICADO, VER:		Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, ACI 318-19		Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
NTE E-500 - CARGAS		Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
NTE E-500 - 5018 - DISEÑO SIMBORRESISTENTE		Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	
NTE E-500 - SUELOS Y CIMENTACIONES		Revestimiento a la vista por el interior de la unidad de estructura (interior).	
NTE E-500 - CONCRETO ARMADO		Revestimiento a la vista por el exterior de la unidad de estructura (exterior).	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

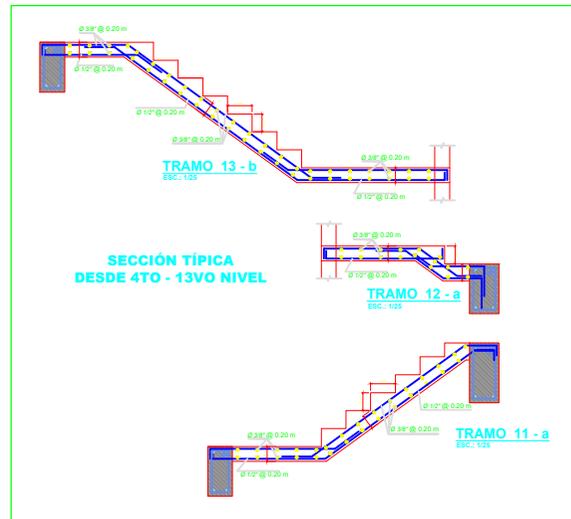
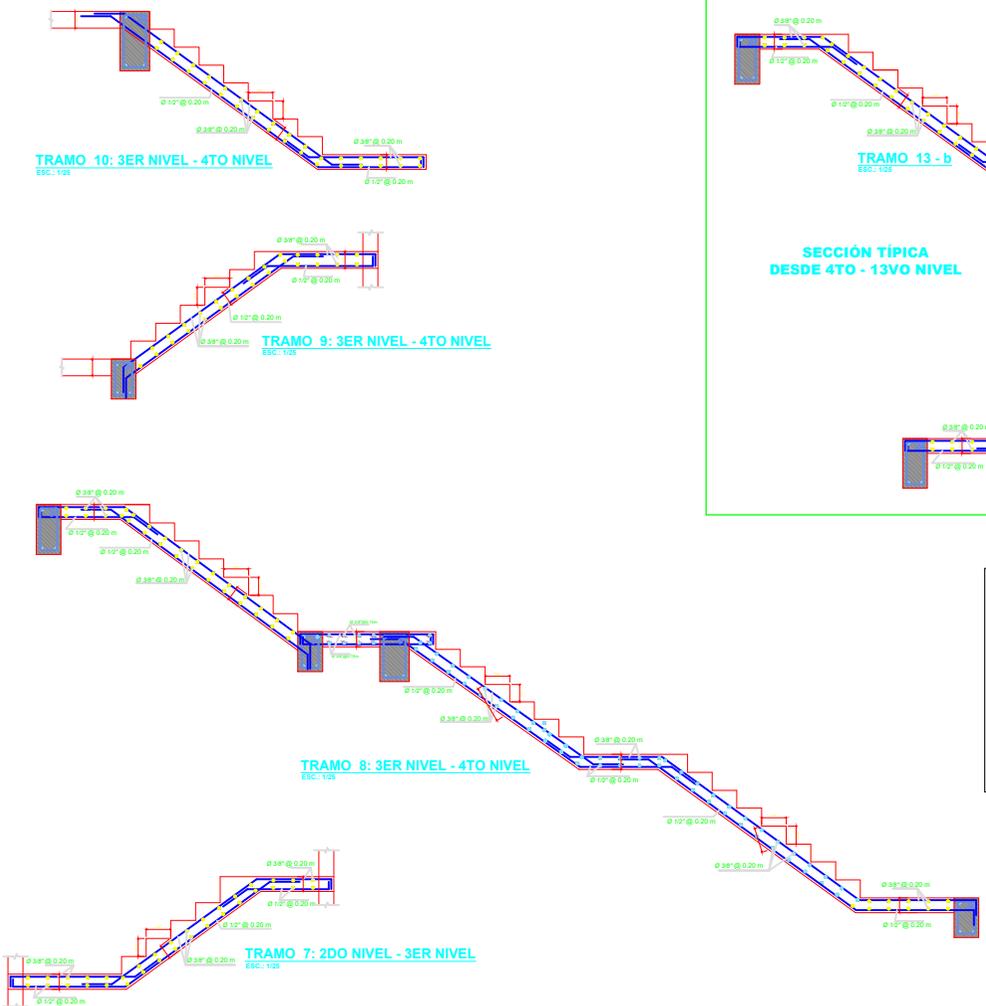
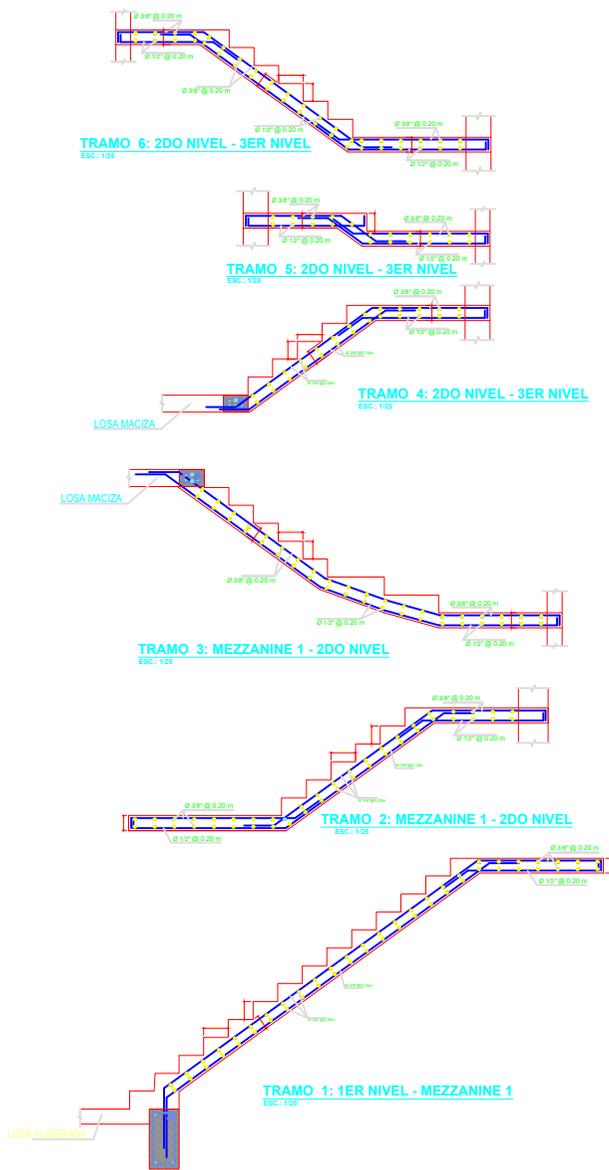
PROYECTO: **MUROS DE SOTANO - MEZANINE 1- NIV EL 3**

PLANO: **MUROS DE SOTANO - MEZANINE 1- NIV EL 3**

TEBISTA: **TAPIA VASQUEZ, Henry Elder**

DISEÑO: **ING. ELLIOTTA TABARELO** ESCALA: **1/50** FECHA: **12/09/2022**

LAMINA: **E-05**



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

A. MATERIALES:

- CONCRETO SIMPLE, SOLICADO (CM-110 (de regular))
- CABLETOS: CM-110 (de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400, 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490, 500, 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570, 580, 590, 600, 610, 620, 630, 640, 650, 660, 670, 680, 690, 700, 710, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780, 790, 800, 810, 820, 830, 840, 850, 860, 870, 880, 890, 900, 910, 920, 930, 940, 950, 960, 970, 980, 990, 1000)
- ACERO CORRUJADO: 4 y 6000 Agriero (DORADO EN FRÍO)
- ALAMBRE NEGRO # 8 (AMBIENTE DE ENTERRADO)

B. FABRICACIÓN, ALIZADA DE VENTANAS Y MARCO:

- TIPO DE UNIDAD: TUBULAR, TUBULAR
- MONTEJO 120 x 120 x 120
- ESPESOR DE JARTE: 10 mm

C. CARGAS PERMANENTES:

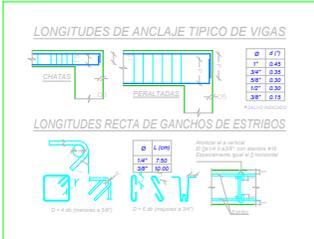
- ALABRADO: 1.00 kg/m²
- ALABRADO: 1.00 kg/m²
- ALABRADO: 1.00 kg/m²

D. REQUISITOS Y RECOMENDACIONES:

- REQUISITO: 1.00 kg/m²
- RECOMENDACION: 1.00 kg/m²

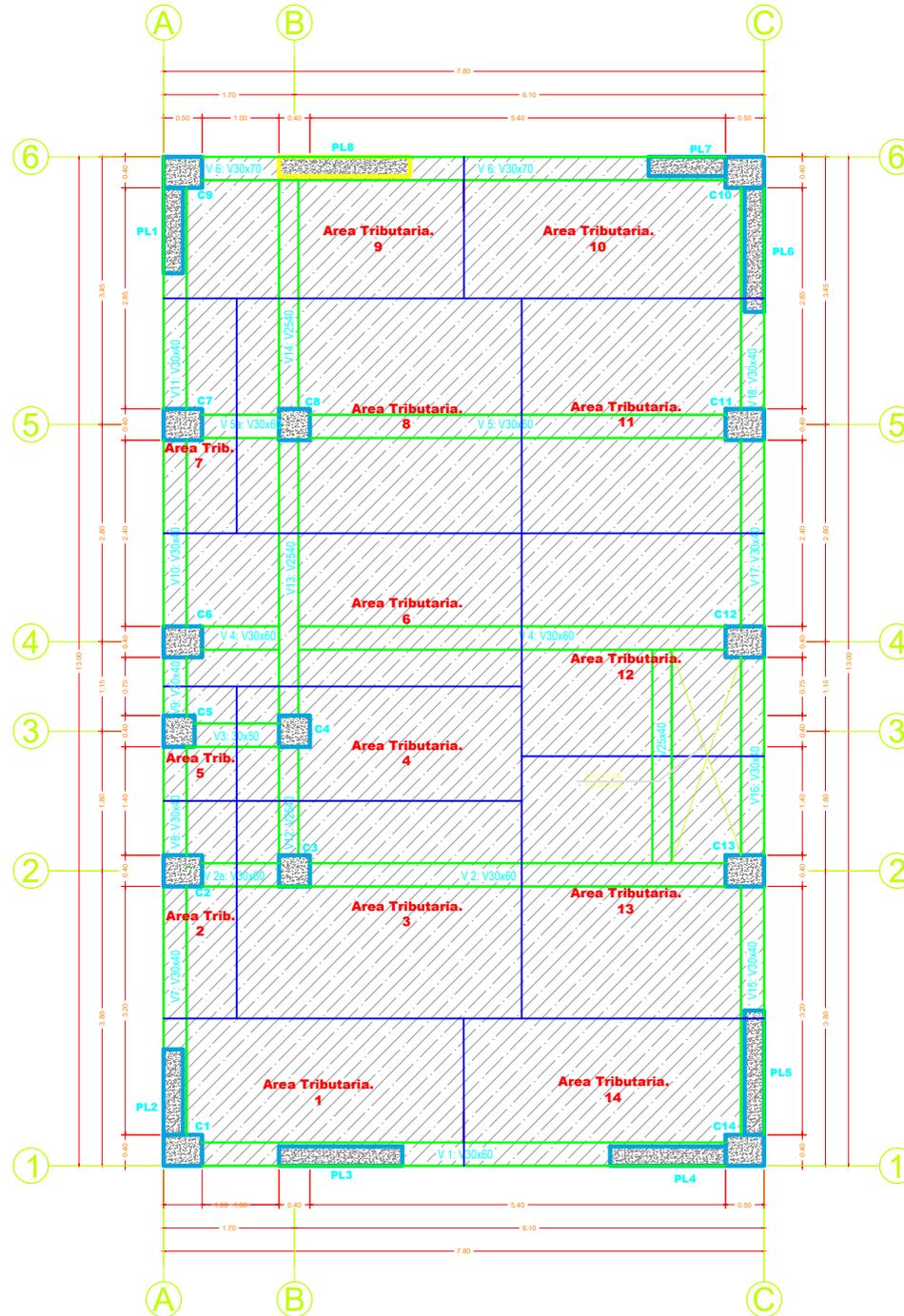
NOTAS:

- SE ENTENDERÁ VARIACIÓN EN OBRA DE DIMENSIONES, MATERIALES U OTRO COMERCIAL AL CALCULISTA.



AREAS TRIBUTARIAS

ESCALA 1/75



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

PROYECTO : **RESECCION DEL COMPARTIMIENTO DESARROLLO DE UN EMPLEO DE TRECE PISO CON MEZCLA ESTRUCTURAL EN LOS PISOS DE FUNDACION AL INCORPORAR LA ENTREGA DE SERVICIO ESTRUCTURAL EN EL NO. TACABANDA, CHOTA.**

PLANO : **AREAS TRIBUTARIAS PARA COLUMNAS**

TESISTA : **TAPIA VASQUEZ, Henry Elider.**

DISEÑO: ARQ. ERI ALTIMIRANO MEDINA | ESCALA: 1/75 | FECHA: 12/09/2022

LAMINA:

AT-01

ANEXOS Nº 04: PANEL FOTOGRAFICO



Figura Nº01 y Nº02: Se observa la fachada principal del edificio hacia el Jr. Camino Real.



Figura N°03 y N°04: Se visualiza otra vista de la fachada principal del edificio hacia el Jr. Camino Real.



Figura N°05 y N°06: Podemos observar la fachada principal del edificio hacia la Av. Tacabamba.