

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE INTERACCIÓN SUELO
ESTRUCTURA Y EL SISMORRESISTENTE APLICADO EN UNA
EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO, PATIVILCA 2019**

PRESENTADO POR:

LUIS FERNANDO GARCES GIRALDO

PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

ASESOR:

Ing. Alberto Sánchez Guzmán

HUACHO - 2019

DEDICATORIA

La presente investigación lo dedico primero a Dios por darme la fuerza espiritual así poder salir airoso antes los problemas que se me presentan en el trayecto de la vida y a mis amados padres por educarme con principios y valores, además de enseñarme a encarar las adversidades sin flaquear en el intento por mi superación personal, los cuales me sirvieron para poder concluir mis estudios superiores.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme en mi vida, por orientarme a lo largo de mi corta existencia y por la que aún me toca vivir, por ser una fuerza en aquellos momentos de adversidad y debilidades.

Gracias a mis amados padres, por ser los ilustres intérpretes de mis anhelos, por darme la confianza y aceptación de mis ideales, por sus sabios consejos y los principios que me han inculcado.

Agradezco a todos mis docentes en mi trayecto como estudiante, a mi asesor Ing. Alberto Sánchez Guzmán y así mismo a mis amistades e Ingenieros, por compartir sus conocimientos, por propiciarme la superación y formarme como persona de investigación científica.

INDICE

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.2.1 Problema General.....	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 Objetivos de la Investigación	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación de la investigación	3
1.5 Delimitación del estudio	4
1.6 Viabilidad del estudio	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	6
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	9
2.2 Bases Teóricas	12
2.2.1 Análisis Estructural de Interacción Suelo Estructura y el Sismorresistente	12
2.2.1.1 Diseño Sismorresistente.....	13
A) Parámetros Sísmicos	13
B) Análisis Estático	19
C) Irregularidades.....	21
D) Análisis Dinámico	¡Error! Marcador no definido.
E) Validación de la Estructura	24
2.2.1.2 Interacción Suelo Estructura.....	27
A) Modelo Dinámico de Barkan – Savinov.....	27
B) Modelo Dinámico de Ilichev.....	30
C) Modelo Dinámico de Sargsian	35
D) Modelo Dinámico de Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987	37
2.3 Definiciones conceptuales	41
2.4 Formulación de la Hipótesis.....	43
2.4.1 Hipótesis General.....	43
2.4.2 Hipótesis Específicos.....	43

CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	44
3.1 Diseño Metodológico.....	44
3.1.1 Enfoque de Investigación	44
3.1.2 Tipo de Investigación	44
3.1.3 Diseño de Investigación	45
3.1.4 Nivel de Investigación	45
3.2 Población y Muestra	46
3.2.1 Población.....	46
3.2.2 Muestra	46
3.3 Operacionalización de Variables e Indicadores.....	47
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	48
3.4.1 Técnicas a emplear	48
3.4.2 Descripción de los Instrumentos	48
3.4.2.1 Métodos Empleados	48
3.4.2.2 Modelación Numérica.....	48
3.5 Técnicas para el Procesamiento de la Información.....	49
CAPITULO IV: RESULTADOS	50
4.1 Descripción General de Análisis Estructural.....	50
4.2 Características de las Edificaciones	50
4.2.1 Vista de Planta y Elevación	50
4.2.2 Dimensiones de los Elementos Estructurales.....	52
4.2.3 Profundidad de Desplante de las Zapatas Aisladas	53
4.2.4 Cargas Gravitacionales	53
4.2.5 Propiedades de los Materiales	54
4.2.6 Propiedades del Suelo.....	54
4.2.7 Espectros de Diseño.....	55
4.3 Análisis Estático y Dinámico	58
4.3.1 Análisis Estático	58
A) Periodo Fundamental – “T”	59
B) Coeficiente de Amplificación Sísmica – “C”	60
C) Cortante Estático en la Base – “V”	62
4.3.2 Análisis Dinámico	66
A) Cortante Dinámico en la Base – “V _{DINÁMICO} ”	66
B) Fuerza Cortante Mínima – “F.E.”	67
C) Validación de la Estructura	70
C.1) Verificación de las Hipótesis del Análisis.....	70

C.2)	Restricciones a la Irregularidad.....	71
C.3)	Determinación de Desplazamientos Laterales	71
C.4)	Distorsión Admisible.....	76
C.5)	Separación entre Edificios	80
4.4	Análisis Interacción Suelo Estructura.....	81
4.4.1	Análisis Dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov.....	82
4.4.2	Análisis Dinámico ISE V. A. Illichev.....	83
4.4.3	Análisis Dinámico ISE A. E. Sargsian	85
4.4.4	Análisis Dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987	86
4.5	Parámetros Evaluados	88
4.5.1	Periodo Fundamental.....	88
4.5.2	Periodos y Masas Participativas	90
4.5.3	Cortante en la Base	98
4.5.4	Escalamiento de Cortantes.....	100
4.5.5	Desplazamiento Lateral Inelástico	105
4.5.6	Derivas de Entrepiso	113
4.6	Contrastación de hipótesis.....	121
	PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS GENERAL.....	121
	DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS	121
	A) Periodo Fundamental.....	122
	B) Cortantes	124
	C) Desplazamiento Lateral Inelástico	126
	D) Derivas de Entrepiso	128
	PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 1	132
	DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS	132
	PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 2	136
	DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS	136
	CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
5.1	Discusión	142
5.2	Conclusiones	144
5.3	Recomendaciones	146
	CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN	147
6.1	Fuentes Bibliográficas.....	147
	ANEXOS	149

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factor de Zona “Z”	13
Tabla 2: Clasificación de los Perfiles de Suelo	14
Tabla 3: Factor de Suelo “S”	14
Tabla 4: Periodos “T _P ” y “T _L ”	14
Tabla 5: Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso “U”	16
Tabla 6: Categoría y Sistema Estructural de las Edificaciones	17
Tabla 7: Sistemas Estructurales	18
Tabla 8: Irregularidades Estructurales en Altura	22
Tabla 9: Irregularidades Estructurales en Planta	23
Tabla 10: Categoría y Regularidad de las Edificaciones	24
Tabla 11: Límite para la Distorsión del Entrepiso	26
Tabla 12: Coeficiente “Co” según el Tipo de Suelo – Tabla 2.1 (Villarreal, 2009, p. 31)	29
Tabla 13: Grado de Libertad según el Tipo de Vibración	32
Tabla 14: Valores “Y ₀ ” Asignados según el valor de Poisson – Tabla 2.2 (Villarreal, 2009, p. 34)	32
Tabla 15: Valores “Y ₁ ” Asignados según el valor de Poisson – Tabla 2.2 (Villarreal, 2009, p. 34)	33
Tabla 16: Descripción de la población	46
Tabla 17: Dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio de 4 pisos	52
Tabla 18: Dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio de 6 pisos	52
Tabla 19: Dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio de 8 pisos	52
Tabla 20: Dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio de 10 pisos	52
Tabla 21: Periodos fundamentales “T” de las edificaciones en estudio	59
Tabla 22: Periodos fundamentales “0.85*T” de las edificaciones en estudio	59
Tabla 23: Coeficiente de amplificación sísmica “C” de las edificaciones en estudio	61
Tabla 24: Relación “C/R” de las edificaciones en estudio	62
Tabla 25: Valor de “ZUCS/R” de las edificaciones en estudio	63
Tabla 26: Valor del peso efectivo “P” de las edificaciones en estudio	64
Tabla 27: Fuerza cortante en la base estática “V” de las edificaciones en estudio	65
Tabla 28: Fuerza cortante en la base dinámica de las edificaciones en estudio	66
Tabla 29: Factor de escala de las edificaciones en estudio	68
Tabla 30: Fuerza cortante dinámica escalada en la base de las edificaciones en estudio	69
Tabla 31: Regularidad estructural de las edificaciones en estudio	70
Tabla 32: Factor de reducción de las fuerzas sísmicas “R”	70
Tabla 33: Restricciones a la irregularidad de las edificaciones en estudio	71
Tabla 34: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 4 niveles	71
Tabla 35: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 6 niveles	72
Tabla 36: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 8 niveles	73
Tabla 37: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 10 niveles	74
Tabla 38: Distorsión admisible de vivienda de 4 niveles	76
Tabla 39: Distorsión admisible de vivienda de 6 niveles	77
Tabla 40: Distorsión admisible de vivienda de 8 niveles	78
Tabla 41: Distorsión admisible de vivienda de 10 niveles	79
Tabla 42: Desplazamiento máximo de las edificaciones en estudio	80
Tabla 43: Separación mínima entre edificaciones adyacentes – Análisis Estático	80
Tabla 44: Separación mínima entre edificaciones adyacentes – Análisis Dinámico	80
Tabla 45: Parámetros para el análisis dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov	82
Tabla 46: Coeficientes de compresión y desplazamiento del análisis dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov	82
Tabla 47: Coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento para el análisis dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov	83
Tabla 48: Parámetros para el análisis dinámico ISE V. A. Ilichev	83
Tabla 49: Coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento para el análisis dinámico ISE V. A. Ilichev	84
Tabla 50: Coeficientes de amortiguamiento para el análisis dinámico ISE V. A. Ilichev	84
Tabla 51: Parámetros para el análisis dinámico ISE A. E. Sargsian	85

Tabla 52: Coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento para el análisis dinámico ISE A. E. Sargsian	85
Tabla 53: Parámetros para el análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	86
Tabla 54: Coeficientes de compresión y desplazamiento del análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	86
Tabla 55: Coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento para el análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	87
Tabla 56: Coeficientes de amortiguamiento para el análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	87
Tabla 57: Periodo fundamental “ $0.85 \cdot T_X$ ” por el sismo X para las edificaciones en estudio	88
Tabla 58: Periodo fundamental “ $0.85 \cdot T_Y$ ” por el sismo Y para las edificaciones en estudio	88
Tabla 59: Periodos “T” y Masas Participativas “ M_P ” para vivienda de 4 pisos en suelo S_1	90
Tabla 60: Periodos “T” y Masas Participativas “ M_P ” para vivienda de 4 pisos en suelo S_2	91
Tabla 61: Periodos “T” y Masas Participativas “ M_P ” para vivienda de 6 pisos en suelo S_1	92
Tabla 62: Periodos “T” y Masas Participativas “ M_P ” para vivienda de 6 pisos en suelo S_2	93
Tabla 63: Periodos “T” y Masas Participativas “ M_P ” para vivienda de 8 pisos en suelo S_1	94
Tabla 64: Periodos “T” y Masas Participativas “ M_P ” para vivienda de 8 pisos en suelo S_2	95
Tabla 65: Periodos “T” y Masas Participativas “ M_P ” para vivienda de 10 pisos en suelo S_1	96
Tabla 66: Periodos “T” y Masas Participativas “ M_P ” para vivienda de 10 pisos en suelo S_2	97
Tabla 67: Cortante en la base “ V_X ” por el Sismo X para las edificaciones en estudio	98
Tabla 68: Cortante en la Base “ V_Y ” por el sismo Y para las edificaciones en estudio	99
Tabla 69: Cortantes por piso “ V_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos	100
Tabla 70: Cortantes por piso “ V_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos	100
Tabla 71: Cortantes por piso “ V_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos	101
Tabla 72: Cortantes por piso “ V_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos	102
Tabla 73: Cortantes por piso “ V_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos	102
Tabla 74: Cortantes por piso “ V_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos	103
Tabla 75: Cortantes por piso “ V_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos	104
Tabla 76: Cortantes por piso “ V_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos	104
Tabla 77: Desplazamiento lateral por piso “ d_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos	105
Tabla 78: Desplazamiento lateral por piso “ d_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos	105
Tabla 79: Desplazamiento lateral por piso “ d_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos	107
Tabla 80: Desplazamiento lateral por piso “ d_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos	108
Tabla 81: Desplazamiento lateral por piso “ d_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos	109
Tabla 82: Desplazamiento lateral por piso “ d_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos	110
Tabla 83: Desplazamiento lateral por piso “ d_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos	111
Tabla 84: Desplazamiento lateral por piso “ d_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos	112
Tabla 85: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S_1	113
Tabla 86: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S_2	113
Tabla 87: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S_1	114
Tabla 88: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S_2	114
Tabla 89: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_1	115
Tabla 90: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_2	115
Tabla 91: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_1	116
Tabla 92: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_2	116
Tabla 93: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_1	117
Tabla 94: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_2	117
Tabla 95: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_1	118
Tabla 96: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_2	118
Tabla 97: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_1	119
Tabla 98: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_2	119
Tabla 99: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_1	120
Tabla 100: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_2	120
Tabla 101: Variación en porcentaje del periodo fundamental “ $0.85 \cdot T_X$ ” por el sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico	122
Tabla 102: Variación en porcentaje del periodo fundamental “ $0.85 \cdot T_Y$ ” por el sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico	123

Tabla 103: Variación en porcentaje del cortante basal “ V_X ” por el sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico	124
Tabla 104: Variación en porcentaje del cortante basal “ V_Y ” por el sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico	125
Tabla 105: Variación en porcentaje del desplazamiento lateral por piso “ d_X ” sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico	126
Tabla 106: Variación en porcentaje del desplazamiento lateral por piso “ d_Y ” sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico	127
Tabla 107: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S_1	128
Tabla 108: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S_2	128
Tabla 109: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S_1	128
Tabla 110: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S_2	128
Tabla 111: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_1	129
Tabla 112: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_2	129
Tabla 113: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_1	129
Tabla 114: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_2	129
Tabla 115: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_1	130
Tabla 116: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_2	130
Tabla 117: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_1	130
Tabla 118: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_2	130
Tabla 119: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_1	131
Tabla 120: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_2	131
Tabla 121: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_1	131
Tabla 122: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_2	131
Tabla 123: Distorsión admisible de vivienda de 4 niveles producto del Sismorresistente	132
Tabla 124: Distorsión admisible de vivienda de 6 niveles producto del diseño Sismorresistente	133
Tabla 125: Distorsión admisible de vivienda de 8 niveles producto del diseño Sismorresistente	133
Tabla 126: Distorsión admisible de vivienda de 10 niveles producto del diseño Sismorresistente	134
Tabla 127: Distorsión admisible de las viviendas en estudio producto del Diseño Sismorresistente	135
Tabla 128: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S_1	137
Tabla 129: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S_2	137
Tabla 130: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S_1	137
Tabla 131: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S_2	137
Tabla 132: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_1	138
Tabla 133: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_2	138
Tabla 134: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_1	138
Tabla 135: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_2	138
Tabla 136: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_1	139
Tabla 137: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_2	139
Tabla 138: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_1	139

Tabla 139: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_2	139
Tabla 140: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_1	140
Tabla 141: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_2	140
Tabla 142: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_1	140
Tabla 143: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_2	140
Tabla 144: Distorsión admisible de las viviendas en estudio producto de la Interacción Suelo Estructura ..	141

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Modelo dinámico Ilichev - Figura 2.4 (Villarreal, 2009, p. 31)	30
Figura 2: Distribución en planta de las edificaciones	50
Figura 3: Distribución en elevación de las edificaciones	51
Figura 4: Nivel de fondo de zapata o desplante de fundación superficial	53
Figura 5: Espectro de diseño para el perfil tipo S_1	55
Figura 6: Espectro de diseño para el perfil tipo S_2	56
Figura 7: Estructuración de las edificaciones en ETABS 2016	58
Figura 8: Periodos fundamentales “0.85*T” de las edificaciones en estudio	60
Figura 9: Coeficiente de amplificación sísmica “C” para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio	61
Figura 10: Relación “C/R” para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio	63
Figura 11: Valor de “ZUCS/R” para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio	64
Figura 12: Fuerza cortante en la base estática “V” (Ton*f) para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio	65
Figura 13: Fuerza cortante en la base dinámica “D” (Ton*f) para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio	67
Figura 14: Factor de escala para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio	68
Figura 15: Fuerza cortante dinámica escalada en la base para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio	69
Figura 16: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 4 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)	72
Figura 17: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 6 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)	73
Figura 18: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 8 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)	74
Figura 19: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 10 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)	75
Figura 20: Desplazamientos laterales inelásticos para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio	75
Figura 21: Distorsión admisible de vivienda de 4 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)	76
Figura 22: Distorsión admisible de vivienda de 6 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)	77
Figura 23: Distorsión admisible de vivienda de 8 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)	78
Figura 24: Distorsión admisible de vivienda de 10 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)	79
Figura 25: Vista en planta de las zapatas aisladas para las edificaciones en estudio	81
Figura 26: Vista en elevación de las zapatas aisladas para las edificaciones en estudio	81
Figura 27: Periodo fundamental “0.85*T _X ” para la dirección del sismo X	89
Figura 28: Periodo fundamental “0.85*T _Y ” para la dirección del sismo Y	89
Figura 29: Masas Participativas “M _P ” para vivienda de 4 pisos en suelo S_1	90
Figura 30: Masas Participativas “M _P ” para vivienda de 4 pisos en suelo S_2	91
Figura 31: Masas Participativas “M _P ” para vivienda de 6 pisos en suelo S_1	92
Figura 32: Masas Participativas “M _P ” para vivienda de 6 pisos en suelo S_2	93
Figura 33: Masas Participativas “M _P ” para vivienda de 8 pisos en suelo S_1	94
Figura 34: Masas Participativas “M _P ” para vivienda de 8 pisos en suelo S_2	95
Figura 35: Masas Participativas “M _P ” para vivienda de 10 pisos en suelo S_1	96
Figura 36: Masas Participativas “M _P ” para vivienda de 10 pisos en suelo S_2	97
Figura 37: Cortante en la base “V _X ” para la dirección del sismo X	98
Figura 38: Cortante en la base “V _Y ” para la dirección del sismo Y	99
Figura 39: Cortantes por piso “V _i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos	100
Figura 40: Cortantes por piso “V _i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos	101
Figura 41: Cortantes por piso “V _i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos	101

Figura 42: Cortantes por piso " V_i " por el sismo Y para vivienda de 6 pisos.....	102
Figura 43: Cortantes por piso " V_i " por el sismo X para vivienda de 8 pisos.....	103
Figura 44: Cortantes por piso " V_i " por el sismo Y para vivienda de 8 pisos.....	103
Figura 45: Cortantes por piso " V_i " por el sismo X para vivienda de 10 pisos.....	104
Figura 46: Cortantes por piso " V_i " por el sismo Y para vivienda de 10 pisos.....	105
Figura 47: Desplazamiento lateral por piso " d_i " por el sismo X para vivienda de 4 pisos.....	106
Figura 48: Desplazamiento lateral por piso " d_i " por el sismo Y para vivienda de 4 pisos.....	106
Figura 49: Desplazamiento lateral por piso " d_i " por el sismo X para vivienda de 6 pisos.....	107
Figura 50: Desplazamiento lateral por piso " d_i " por el sismo Y para vivienda de 6 pisos.....	108
Figura 51: Desplazamiento lateral por piso " d_i " por el sismo X para vivienda de 8 pisos.....	109
Figura 52: Desplazamiento lateral por piso " d_i " por el sismo Y para vivienda de 8 pisos.....	110
Figura 53: Desplazamiento lateral por piso " d_i " por el sismo X para vivienda de 10 pisos.....	111
Figura 54: Desplazamiento lateral por piso " d_i " por el sismo Y para vivienda de 10 pisos.....	112
Figura 55: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo X para vivienda de 4 pisos.....	113
Figura 56: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo Y para vivienda de 4 pisos.....	114
Figura 57: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo X para vivienda de 6 pisos.....	115
Figura 58: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo Y para vivienda de 6 pisos.....	116
Figura 59: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo X para vivienda de 8 pisos.....	117
Figura 60: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo Y para vivienda de 8 pisos.....	118
Figura 61: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo X para vivienda de 10 pisos.....	119
Figura 62: Derivas de entrepiso " Δ_i " por el sismo Y para vivienda de 10 pisos.....	120
Figura 63: Variación en porcentaje del periodo fundamental " $0.85*T_X$ " por el sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico.....	122
Figura 64: Variación en porcentaje del periodo fundamental " $0.85*T_Y$ " por el sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico.....	123
Figura 65: Variación en porcentaje del cortante basal " V_X " por el sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico.....	124
Figura 66: Variación en porcentaje del cortante basal " V_Y " por el sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico.....	125
Figura 67: Variación en porcentaje del desplazamiento lateral por piso " d_X " sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico.....	126
Figura 68: Variación en porcentaje del desplazamiento lateral por piso " d_Y " sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico.....	127

RESUMEN

La presente tesis se desarrolló tomando de referencia los perfiles de suelos del Distrito de Pativilca, el cual tiene características de perfil tipo S_1 (Roca o Suelos Muy Rígidos) y perfil tipo S_2 (Suelos Intermedios).

Esta tesis es de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, diseño no experimental - transversal, nivel descriptivo – comparativo que tiene como finalidad principal poder determinar el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente.

Para lograr obtener los resultados se realizó en dos fases; la primera aplicando el Sismorresistente (Empotramiento en la base) mediante el Análisis Estático y Dinámico, y la segunda fase aplicando la Interacción Suelo Estructura (Flexibilidad en la base), en ambas fases se varió la altura de la edificación y el perfil de suelo. En cuanto al instrumento de recolección de datos, se utilizó los métodos normativos de la E.030 (Sismorresistente) y los modelos dinámicos (Interacción Suelo Estructura), además del software de ETABS 2016 para evaluar el comportamiento de las edificaciones en estudio tras ingresar los datos.

Para poder medir el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente si son diferente en cada parámetro evaluado, se aplicó el software EXCEL, dado por fórmula general para determinar la variación en porcentaje para el parámetro evaluado. Teniendo como siguiente resultado de la hipótesis principal.

El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019. Concluyendo que al aplicar la interacción suelo estructura; los parámetros de periodo, desplazamientos laterales inelásticos y derivas aumentan, y en el parámetro de cortante disminuye.

Palabras clave: Diseño sismorresistente e Interacción suelo estructura

ABSTRACT

The present thesis was developed taking as reference the soil profiles of the District of Pativilca, which has characteristics of profile type S_1 (Rock or Very Rigid Soils) and profile type S_2 (Intermediate Soils).

This thesis is of quantitative approach, applied type, non-experimental design - transverse, descriptive - comparative level that has as main purpose to be able to determine the result of the structural analysis of a reinforced concrete building applying the interaction soil structure and the earthquake resistant.

In order to obtain the results, it was carried out in two phases; the first applying the Seismresistant (Embedding in the base) by means of the Static and Dynamic Analysis, and the second phase applying the Soil Structure Interaction (Flexibility in the base), in both phases the height of the building and the soil profile were varied. As for the data collection instrument, the normative methods of E. 030 (Seismic-resistant) and the dynamic models (Soil-Structure Interaction) were used, in addition to the ETABS 2016 software to evaluate the behavior of the buildings under study after entering the data.

In order to be able to measure the result of the structural analysis of a reinforced concrete building applying the interaction soil structure and the seismic resistance if they are different in each evaluated parameter, the EXCEL software was applied, given by general formula to determine the variation in percentage for the evaluated parameter. Having as a result the following main hypothesis.

The result of the structural analysis of a reinforced concrete building applying the interaction soil structure and seismic resistance are different in each parameter evaluated, Pativilca 2019. Concluding that when applying the interaction soil structure, the period parameters, inelastic lateral displacements and drifts increase, and in the shear parameter decreases.

Keywords: Earthquake-resistant design and soil-structure interaction

INTRODUCCIÓN

La presente tesis denominada “Análisis Estructural de Interacción Suelo Estructura y el Sismorresistente aplicado a una Edificación de Concreto Armado, Pativilca 2019”. Tiene como finalidad comparar la interacción suelo estructura y el sismorresistente en una edificación de concreto armado; es decir dar credibilidad y paso a un nuevo análisis que garantice un buen análisis estructural de una edificación.

En la actualidad la interacción suelo estructura y el sismorresistente es una variable indispensable dentro del análisis estructural de una edificación, sin embargo, no está definido para que caso en específico se debe utilizar cualquiera de los dos análisis, por ello en esta tesis se dará alcance con la contratación de hipótesis para que casos en específicos se debe utilizar uno de los dos análisis.

La presente investigación está organizada en seis capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I: Planteamiento del problema, contiene la explicación de la realidad problemática, formulación del problema y objetivos de la investigación general y específicas.

Capitulo II: Marco Teórico, comprende los antecedentes de la investigación, definición de conceptos, bases teóricas, hipótesis general y específicas.

Capitulo III: Contiene la metodología, el cual abarca el diseño metodológico, enfoque y tipo de investigación, población y muestra, técnica de recolección de datos y procesamiento de la información.

Capitulo IV: Contiene los resultados del sismorresistente y la interacción suelo estructura en tablas, figuras e interpretaciones.

Finalmente, el capítulo V contiene la discusión, el Capítulo VI contiene la conclusión y recomendaciones de la presente investigación.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Dentro del marco internacional, se enlisto a los movimientos telúricos más catastróficos a lo largo de la historia, como por ejemplo el terremoto de Valdivia (Chile, 1960) de 9.5 MW, el terremoto de Sumatra-Andamán (Indonesia, 2004) de 9.3 MW y el terremoto de Tōhoku (Japón, 2011) de 9.0 MW, siendo a su vez arrasadores con las edificaciones debido a que hubo demasiadas pérdidas humanas, lo cual apunta a ser más investigaciones como la interacción suelo estructura para tener un mayor alcance del comportamiento de una edificación ante un evento sísmico de mayor magnitud, con la única finalidad de trabajar conjuntamente el suelo-cimentación-estructura con modelos dinámicos que plantearon los investigadores como Barkan - Savinov, Ilichev, Sargsian, entre otros, para descifrar los problemas de vital importancia de acuerdo a los parámetros de cada modelo dinámico mencionado e implementarlo en el análisis estructural para reducir los esfuerzos internos en los elementos estructurales y obtener un resultado más real para poder evitar el colapso en las edificaciones como lo acontecido en los terremotos ya mencionados.

Dentro del marco nacional, el Perú se encuentra en la zona del cinturón de fuego, donde es altamente sísmica producto de la subducción entre placas, como precedente en el Perú tenemos el terremoto de Pisco (Ica, 2007) de 7.9 MW en la cual colapsaron varias edificaciones, otras inhabitables y también produjo varias pérdidas humanas como afectadas, develando las deficiencias en las construcciones e inclusive la infracción a la filosofía de la norma sismorresistente E-0.30, lo cual nos hace reformular la forma convencional de analizar el comportamiento de las estructuras e implementando la interacción suelo estructura para obtener mejores resultados.

Dentro del marco local, el distrito de Pativilca se encuentra a 7.9 km NO de distancia de la provincia de Barranca, en lo que va del año 2019 se van registrando cuatros sismos iguales y mayores a 4.0 ML cercanas a nuestra zona, sin mencionar que el más devastador fue el terremoto de Lima y Callao (1966) de 8.1 MW, dejando aproximadamente a 258 000 damnificados como consecuencia y miles de edificaciones afectadas en general, además es importante saber que estamos atravesando un gran silencio sísmico, donde apuntan a la ciudad Lima como zona de epicentro de un terremoto de gran magnitud y no podemos ser ajenos debido a la cercanía. Por ello, las edificaciones ya construidas no deben estar altamente vulnerables ante un sismo y las que están por construirse deben cumplir con la norma sismorresistente E-0.30 e incluir el análisis de interacción suelo estructura.

De seguir haciendo caso omiso a estas estadísticas o a estos precedentes de eventos sísmicos, lo único que obtendremos como resultado es el colapso de las edificaciones, las masivas pérdidas humanas, personas damnificadas y paralización de desarrollo de las zonas afectadas. Además de no seguir innovando y mejorando los análisis aplicados a las estructuras, ya que solo se pondrá a prueba ante sismos reales y no simulados, lo cual nos permita ver los resultados de su comportamiento y compararlos con los cálculos previstos.

Es por ello que la mejor forma de actuar antes de un evento sísmico, es teniendo una edificación que cumpla no solo con la filosofía de la norma sismorresistente E-0.30 plantea, sino también incluir en nuestros análisis la interacción suelo estructura para obtener resultados más reales y un comportamiento de la estructura más acercado a la realidad ante un sismo. Por lo cual en la presente tesis está enfocada al análisis y diseño de una edificación aporticada, comenzando por el pre-dimensionamiento y los análisis respectivos como el estático, dinámico y la innovación de la interacción suelo estructura, debido a que el terreno en la cual descansa la cimentación no siempre es rígido y puede estar sujeto a giros, es por eso que se toma en cuenta la flexibilidad del suelo de fundación y una cimentación infinitamente rígida.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente, Pativilca – 2019?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el sismorresistente, Pativilca 2019?
- ¿Cuál es el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura, Pativilca 2019?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente, Pativilca 2019.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el sismorresistente, Pativilca 2019.
- Determinar el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado la interacción suelo estructura, Pativilca 2019.

1.4 Justificación de la investigación

Justificación Metodológica

Por medio de la elaboración de la presente investigación se estudió los efectos que generan en una Edificación de Concreto Armado luego de aplicar el Análisis Estructural del Diseño Sismorresistente e Interacción Suelo Estructura.

Justificación por su Conveniencia

Las edificaciones modernas que quieren tener un mejor comportamiento ante un evento sísmico deben tener como prioridad el valor del análisis estructural del diseño sismorresistente e interacción suelo estructura, no solamente como un aspecto exigido por la norma técnica de edificación del Perú, sino como una conciencia transparente del efecto que causa un sismo a las edificaciones, a las personas y al desarrollo en general.

Justificación Teórica

Los avances sobre el tema de interacción suelo estructura proponen una meta de análisis estructural para el desarrollo y la innovación del conocimiento y la reflexión sobre la Ingeniería Sismorresistente. Frente a la complejidad de los eventos sísmicos, le corresponde la responsabilidad de vincularse con una edificación sismorresistente, duradera y seguridad a futuro para afrontar de manera óptima.

1.5 Delimitación del estudio

Para realizar la presente investigación, se elaboró un plano matriz variando la altura, así como también tomando de referencia dos perfiles de suelo de la localidad de Pativilca. Para luego modelarlo en el programa ETABS 2016 y estar conforme a la Norma E.030 para el Sismorresistente, y los modelos dinámicos de Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa para la Interacción Suelo Estructura.

El título de la investigación cuenta con una variable la cual es la interacción suelo estructura y el sismorresistente. Lo cual se desarrolló con las dimensiones que le sustenta dicha investigación.

La investigación se realizó:

Lugar: Distrito de Pativilca

Provincia: Barranca

Departamento: Lima

Delimitación temporal

La investigación se desarrolló desde el mes de febrero del 2019 hasta el mes de mayo del 2019.

Delimitación social

La investigación se realizó en el Distrito de Pativilca de la ciudad de Barranca. Principalmente se tomó como realidad objetiva a las viviendas y los perfiles de suelo.

1.6 Viabilidad del estudio

Ambiental

Por ser una investigación netamente académica, no afecta el medio ambiente de ningún punto de vista.

Financiera

El presupuesto y costo de la investigación fue cubierto por el investigador ya que es el interesado directo del proyecto.

Social

Se me atribuyo un asesor y un coasesor, los cuales estuvieron comprometidos para que mi investigación sea más conveniente y eficaz; así mismo como se cuenta con la libertad respectiva del gerente de la empresa donde laboro para realizar mi investigación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Para sustentar la presente investigación es transcendental hacer un breve recorrido por las diversas investigaciones científicas que se han elaborado sobre la Interacción Suelo Estructura y el Diseño Sismorresistente en Edificaciones de Concreto Armado.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Isidoro, (2016) en su tesis “Interacción dinámica suelo-estructura”, Tesis para optar el Grado de Maestro en Ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Tiene como objetivo general:

- Presentar la teoría acerca de la Viscoelásticidad de los suelos
- Identificar el problema en las edificaciones que no estén apoyados sobre una base rígida infinita, bajo las nociones básicas de dinámica estructural.
- Aplicar el Análisis Dinámico Modal y la Interacción Dinámica Suelo-Estructura en el proceso de análisis sísmico en la construcción de espectros de diseño sísmico para obtener los parámetros dinámicos utilizando la teoría de las NTCDS-2004.

Lo cual concluye señalando que:

- Si el modelo que mejor representa el comportamiento viscoelástico del suelo, es el modelo de Kelvin Voigt, el cual está compuesto por una unidad de Hooke y una de Newton, correspondientes a un resorte y un amortiguador.
- Las NTCDS-2004 proponen mapas para la obtención del período predominante del suelo y la profundidad de la capa dura; los valores que se obtienen son indicativos, por lo tanto, deberán tomarse como tal.

Aguila, (2018) en su tesis “Influencia de considerar el Análisis Dinámico por Interacción Suelo-Estructura en la Respuesta Sísmica de Edificios de Hormigón Armado”, Trabajo en opción al Grado de Magister en Ingeniería Estructural en la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Oruro-Bolivia.

Tiene como objetivo general: Determinar la implicancia que posee el análisis estructural de interacción suelo estructura como respuesta ante un evento sísmico de edificaciones regulares de concreto armado, variando su altura y asignando modelos dinámicos que plasmen la rigidez del terreno.

Tiene como hipótesis: Analizar dinámicamente las estructuras considerando la interacción suelo estructura para así poder ver la implicancia en la respuesta dinámica de las edificaciones de concreto armado, en términos de desplazamientos, esfuerzos y derivas.

La población está conformada por 6 edificaciones de concreto armado (altura variable y tipo de suelo diferente). La muestra está conformada por 6 edificaciones de concreto armado (altura variable y tipo de suelo diferente).

Utilizaron los instrumentos para la recolección de datos: Fichaje de material documental, entrevista, métodos empleados y modelación numérica.

El alcance de investigación es exploratorio, correccional y explicativo.

Lo cual concluye señalando que:

- Si existe una influencia significativa al tomar en cuenta el análisis estructural de interacción suelo estructura en edificaciones regulares de concreto armado de altura variable, lo cual se concluye que, en los resultados de los Periodos de Vibración, Desplazamientos Totales de Techo, Derivas de Piso aumentan al agregar más niveles y empleando la interacción suelo estructura con respecto al análisis convencional. Y para los resultados de Momento de Volteo y Cortante Basal se reducen al agregar más niveles y emplear la interacción suelo estructura.

Solano, (2012) en su tesis “Evaluación de Daño en Edificios considerando los Efectos de Interacción Suelo - Estructura”, Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería Civil del Instituto Politécnico Nacional, México.

Tiene como objetivo general: Favorecer el hallazgo de daño en edificaciones utilizando el Método de Rigideces Base, excluyendo la componente horizontal de las consecuencias de la interacción suelo estructura.

Tiene como hipótesis: El resultado de daño se ve mejorado cuando no se toma en cuenta la implicancia del suelo en las señales medidas al aplicar el MRB, que toma en cuenta la estructura desplantada sobre base rígida.

Lo cual concluyo, señalando que:

- Se llegó a verificar que cuando se analizaron modelos de base rígida, la localización de daño se volvió más exacta, reportando menos elementos falsos, también usando la condición empotrada la magnitud de daño fue sobreestimada, dejando los resultados del lado de la seguridad.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Lopez, (2012) en su tesis “Análisis de Interacción Sísmica Suelo Estructura para reducir Esfuerzos en los Elementos Estructurales en Edificaciones Regulares e Irregulares con Zapatas Aisladas en Huaraz”, Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencia e Ingeniería Mención en Ingeniería Estructural en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz-Perú.

Tiene como objetivo general: Examinar la interacción suelo estructura para disminuir los esfuerzos en los elementos estructurales para edificios regulares e irregulares teniendo como base zapatas aisladas.

Tiene como hipótesis: Al aplicar el análisis de interacción suelo estructura, la rigidez del suelo asimila parte de la energía liberada por el evento sísmico, alcanzando disminuir esfuerzos en los elementos estructurales, en edificios regulares e irregulares teniendo como base zapatas aisladas.

Su población estaba conformada por 2 edificaciones de concreto armado de 6 pisos y la muestra fue no probabilística y coincidió con la población.

Utilizaron los instrumentos para la recolección de datos: El software SAP2000 V15.

Tuvo como tipo de investigación teórica y diseño de investigación correccional.

Lo cual concluyo, señalando que:

- Para las edificaciones regulares e irregulares, alterando su altura, de acuerdo a la hipótesis planteada es válido por medio del análisis estadístico denominado prueba chi-cuadrado.

Saucedo, (2016) en su tesis “Efectos de Interacción Suelo Estructura en Suelos muy Rígido, Intermedio y Blando en el Comportamiento Estructural del Edificio Clínica los Fresnos, Cajamarca”, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú.

Tiene como objetivo general: Definir las consecuencias de la interacción suelo estructura en suelos blando, intermedio y muy rígido en la respuesta estructural de la edificación clínica los Fresnos de Cajamarca.

Tiene como hipótesis: Las consecuencias al aplicar la interacción suelo estructura en suelos blando, intermedio y muy rígido es el de disminuir la respuesta estructural de la edificación clínica los Fresnos, Cajamarca.

Su población estaba conformada por 7 edificaciones de uso clínico entre 4 a 5 pisos y la muestra fue no probabilística, de tipo intencional o por conveniencia y es la edificación clínica los Fresnos, Cajamarca.

Utilizaron los instrumentos para la recolección de datos: Recopilación de planos de arquitectura y estructuras de la edificación clínica Fresnos, Cajamarca.

Tuvo como tipo de investigación descriptiva.

Lo cual concluyo, señalando que:

- Las consecuencias de aplicar la interacción suelo estructura recude la respuesta estructural de la edificación clínica los Fresnos, por motivo que las derivas se incrementan en el primer nivel indistintamente sea el tipo de suelo (blando, intermedio y muy rígido) produciendo piso blando en la edificación bajo estudio.

Meza & Valderrama, (2014) en su tesis “Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en la Reducción de Esfuerzos de una Edificación Aporticada con Zapatas Aisladas”, Proyecto Profesional para optar por el Título de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú.

Tiene como objetivo general: Llevar a cabo una serie de análisis estructurales que consideren la base empotrada y otra que sí consideren la interacción suelo estructura con la finalidad de evidenciar que se los esfuerzos disminuyen en los elementos estructurales del edificio.

Tiene como hipótesis: El implementar la interacción suelo estructura en el modelo de un edificio alcanzará conseguir esfuerzos internos que los que se logran en un modelo que tomen en cuenta la base empotrada.

Su población estaba conformada por 2 columnas (una columna central y otra lateral), y la muestra fue no probabilística y coincidió con la población

Utilizaron los instrumentos para la recolección de datos: Recopilación por medio del software de SAP2000 V15.

Lo cual concluyo, señalando que:

- Se llegó a demostrar que al implementar la interacción suelo estructura en los modelos, los esfuerzos son reducidos con respecto a los modelos de base empotrada. Debido a que la energía originada por evento sísmico es absorbida por el suelo, ya que trabaja como un resorte en las bases.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Análisis Estructural de Interacción Suelo Estructura y el Sismorresistente

Según **Villarreal, (2009)**. Para el análisis de interacción suelo estructura:

En las últimas décadas se está utilizando con bastante significación a la problemática de interacción suelo estructura. Desde un punto de vista más amplio, esta problemática puede ser planteado como una fricción activa entre la base (suelo-cimentación) y la estructura (edificación) **(p.9)**

Según **Villarreal, (2013)**. Para el análisis del diseño sismorresistente:

El diseño sismorresistente se enfoca como estudio en el análisis dinámico estructural, que a su vez estudia la reacción de las edificaciones ante un evento sísmico y averigua los métodos de cálculo estructural, que aseguren un favorecedor comportamiento y una confianza estructural ante un sismo. **(p.3)**

Así como también para **Barbat, Oller, & Vielma, (2005)**. Para el análisis del diseño sismorresistente: “La finalidad de aplicar el diseño sismorresistente en edificaciones se obtiene empleándose sistemas estructurales que aporten una acertada disipación de energía, eludiendo de esta manera los fallos frágiles” **(p.124)**

2.2.1.1 Diseño Sismorresistente

A) Parámetros Sísmicos

❖ Zonificación

De acuerdo a la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, el Perú se divide en cuatro zonas de sismicidad. Se tomará en cuenta el Anexo N° 1, en el cual se puede ubicar un distrito/provincia/región en específico con su respectiva zona de sismicidad.

Para luego ubicar la zona en la Tabla N° 1 – Factores de Zona “Z”, y así poder hallar el factor, el cual se interpreta como la aceleración máxima horizontal con un 10% en aumento en 50 años. Este factor “Z”, expresa una fracción de la aceleración gravedad.

Tabla 1: Factor de Zona “Z”

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

Fuente: NTE E.030, (2018)

❖ Parámetros de Sitio

✓ Perfil de Suelo

De acuerdo a la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, de manera general se dividen en cinco tipos de suelo:

- Perfil Tipo S₀: Roca Dura
- Perfil Tipo S₁: Roca o Suelos muy Rígidos
- Perfil Tipo S₂: Suelos Intermedios
- Perfil Tipo S₃: Suelos Blandos
- Perfil Tipo S₄: Condiciones Excepcionales

También tomará en cuenta la Tabla N° 2 – Clasificación de los Perfiles de Suelo, en el cual se puede ubicar el perfil de acuerdo a su velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (\bar{V}_S), el promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar (\bar{N}_{60}) y su promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada (\bar{S}_u).

Tabla 2: Clasificación de los Perfiles de Suelo

Clasificación de los Perfiles de Suelo			
Perfil	\overline{V}_S	\overline{N}_{60}	\overline{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: NTE E.030, (2018)

Para luego ubicar de acuerdo a su zona y perfil en la Tabla N° 3 – Factor de Suelo “S”, y así poder hallar el factor, el cual interpreta una amplificación del suelo.

Tabla 3: Factor de Suelo “S”

Factor de Suelo “S”				
Suelo Zona	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: NTE E.030, (2018)

✓ **Periodos**

De acuerdo a la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, existen dos tipos de periodo:

- T_P: Periodo que describe la plataforma del factor C
- T_L: Periodo que describe el principio de la zona del factor C con desplazamiento constante
- T: Periodo fundamental

Primero se debe ubicar los periodos T_P y T_L de la Tabla N° 4 – Períodos “T_P” y “T_L”, y así poder hallar sus valores con respecto al perfil del suelo.

Tabla 4: Períodos “T_P” y “T_L”

Períodos “T _P ” y “T _L ”				
Periodo	Perfil de Suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: NTE E.030, (2018)

Y para el periodo fundamental de vibración T, se hallará de tres formas:

- Por Estimación:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 35$, Para Pórticos de concreto armado sin muros de corte y Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$, Para Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras; y Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$, Para edificios de Albañilería y para todos los edificios de concreto armado Duales, de Muros Estructurales, y Muros de Ductilidad Limitada.

- Por Software SAP2000 V20:

Este valor se obtendrá después de modelar y hacer el análisis estático previo, para ambas direcciones X & Y.

- Por Fórmula:

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

Donde:

f_i : Fuerza latera en el nivel i, en forma proporcional a su altura

d_i : Desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura

P_i : Peso del nivel i

g : Gravedad

Si no se toma en cuenta la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental T se toma como 0,85 del valor obtenida fórmula precedente.

❖ Factor de Amplificación Sísmica

De acuerdo a la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, el factor de amplificación sísmica se hallará de las siguientes expresiones:

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

Estos representan la amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

❖ Categoría de la Edificación y Factor de Uso

De acuerdo a la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, en el Perú se encuentran cuatro categorías de edificaciones por su uso.

Para poder ubicarla se utilizará la Tabla N° 5 – Categoría de las Edificaciones y Factor “U”, y así poder hallar su valor.

Tabla 5: Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso “U”

Categoría de las Edificaciones y Factor “U”		
Categoría	Descripción	U
A Edificaciones Esenciales	A ₁ : Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A ₂ : Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A₁. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: NTE E.030, (2018)

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

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

❖ Sistema Estructural y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas

Primero se debe proyectar el sistema estructural que se puede utilizar de acuerdo a la zona, como se aprecia en la Tabla N° 6 – Categoría y Sistema Estructural de las Edificaciones:

Tabla 6: Categoría y Sistema Estructural de las Edificaciones

Categoría y Sistema Estructural de las Edificaciones		
Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A ₁	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
A ₂ (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de Madera.
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: NTE E.030, (2018)

(*) Para edificaciones con cobertura liviana se podrá usar cualquier sistema estructural.

(**) Para pequeñas construcciones rurales, como postas médicas y escuelas, se puede usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

Luego de acuerdo a la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, podemos ubicar de acuerdo al material utilizado y el sistema de estructuración en la Tabla N° 7 – Sistemas Estructurales, y así poder hallar su coeficiente.

Tabla 7: Sistemas Estructurales

Sistemas Estructurales	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De Muros Estructurales	6
Muros de Ductilidad Limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7 (**)

Fuente: NTE E.030, (2018)

(*) Estos coeficientes se aplican solo a estructuras en las que los elementos puedan permitir disipar la energía conservando la estabilidad de la estructura. No se pueden aplicar a estructuras tipo péndulo invertido.

(**) Para diseño por esfuerzos admisibles.

B) Análisis Estático

También llamado fuerzas estáticas equivalentes, este método plasma las exigencias sísmicas por medio de un grupo de fuerzas efectuado en el centro de masas de cada piso de la edificación.

Para lo cual seguiremos los siguientes puntos para realizar este método:

❖ Estimación del Peso

El peso (P) se estima de la siguiente fórmula:

$$P = CM + \%_1 \cdot CV + \%_2 \cdot CVT$$

Donde:

CM = Carga Permanente, “Carga Muerta”

CV = Carga Viva, “Sobrecarga”

CVT = Carga Viva de Techo

$\%_1$ = Valor de Porcentaje de acuerdo a la categoría de la edificación:

- Edificaciones de Categoría A y B, (50% de la CV)
- Edificaciones de Categoría C, (25% de la CV)
- En Depósitos, (80% del peso total que es posible almacenar)

$\%_2$ = Valor de Porcentaje para azoteas y techos (25% de la CV)

❖ Fuerza Cortante en la Base

Para determinar la fuerza cortante en la base, para ambas direcciones (X & Y), es mediante la fórmula:

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

Teniendo en cuenta que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,11$$

❖ **Periodo Fundamental de Vibración**

Y para el periodo fundamental de vibración T, se hallará de tres formas, anteriormente mencionadas:

- Por Estimación:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

- Por Software SAP2000 V20:

Valor obtenido del programa para ambas direcciones X & Y.

- Por Fórmula:

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

Si no se toma en cuenta la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental T se toma como 0,85 del valor obtenida fórmula precedente.

❖ **Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura**

Para determinar las fuerzas sísmicas para cualquier nivel y dirección (X & Y), es mediante la fórmula:

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

Donde:

n : Es el número de pisos del edificio

P : Es el peso por nivel

h : Es la altura por nivel

k : Es un exponente relacionado con el periodo fundamental, que se calcula por medio de:

Para $T \leq 0,5$ seg : $k = 1,0$

Para $T > 0,5$ seg : $k = (0,75 + 0,5T) \leq 2,0$

❖ Excentricidad Accidental

Son para estructuras con diafragmas rígidos, en los cuales se estima que la fuerza en cada piso (F_i) actúa en el centro de masas del piso correspondiente y se estima además de la excentricidad propia el efecto de excentricidades accidentales (para ambas direcciones X & Y), la cual se formula como:

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i$$

Donde:

M_{ti} : Momento torsor accidental

F_i : Fuerza sísmica lateral de cada nivel

e_i : Excentricidad accidental de cada nivel, el cual se estima que es:

$$e_i = \pm 0,05 \cdot d_{(x,y)}$$

❖ Fuerzas Sísmicas Verticales

Para estas fuerzas sísmicas verticales se toma en cuenta una parte del peso igual a:

$$F_{v-i} = \frac{2}{3} \cdot Z \cdot U \cdot S$$

Se debe tener en cuenta que, para elementos horizontales de grandes luces, voladizos, se requerirá un análisis dinámico con los espectros conceptualizados.

C) Irregularidades

Para determinar los factores de irregularidad de altura y de planta, se toma en cuenta las Tablas N° 8 y N° 9, se toma el menor valor para ambos casos y si son valores distintos para las dos direcciones (X & Y), se tomará el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

De ser el caso que fueran estructuras regulares, los factores I_a y I_p serán iguales a 1,0.

Tabla 8: Irregularidades Estructurales en Altura

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

Fuente: NTE E.030, (2018)

Tabla 9: Irregularidades Estructurales en Planta

Irregularidades Estructurales en Planta	Factor "I _p "
<p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,75
<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

Fuente: NTE E.030, (2018)

El coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas se calcula como:

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

D) Validación de la Estructura

Conforme a los resultados del análisis estructural aplicado, se precisa si la estructura propuesta es válida, de modo que cumpla con las condiciones de regularidad y rigidez señalados a continuación:

❖ Revisión de las Hipótesis del Análisis

De los resultados obtenidos de los análisis se verifican los factores de irregularidad de la Tabla N° 8 y N° 9, para ambas direcciones. Como principio a esto se comprueba si los valores de R permanecen o se modifican.

En caso de haberse aplicado el método de análisis estático se comprobará lo siguiente:

- Zona 1: Para Estructuras Regulares e Irregulares
- Zona 2, 3 y 4: Para Estructuras Regulares de no más de 30 m de altura y para las estructuras de Albañilería Confinada o Armada y Muros Portantes de Concreto Armado de no más de 15 m de altura, aún si son irregulares.

❖ Restricciones a la Irregularidad

Comprobar las limitaciones de la irregularidad conforme a la categorización por uso y por la zona de la edificación de la Tabla N° 10.

Tabla 10: Categoría y Regularidad de las Edificaciones

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

Fuente: NTE E.030

De encontrar irregularidades o irregularidades extremas en edificaciones que no están admitidas según la Tabla, se cambia la estructuración y reitera el análisis hasta alcanzar un resultado óptimo.

❖ **Determinación de Desplazamiento Laterales**

Se debe calcular los desplazamientos laterales conforme a lo siguiente:

$$\Delta_{inelástico-(i)} = \begin{cases} 0,75 \cdot R \cdot \Delta_{elástico-(i)} & ; Estructuras Regulares \\ 0,85 \cdot R \cdot \Delta_{elástico-(i)} & ; Estructuras Irregulares \end{cases}$$

Para este cálculo no se tomó en cuenta los mínimos valores de $C/R \geq 0,11$ y de la Fuerza Cortante Mínima.

❖ Distorsión Admisible

Para poder comprobar que la distorsión máxima de entrepiso que se consigue en la estructura con los desplazamientos calculados del punto anterior sea menor que lo marcado de la Tabla N° 11.

Tabla 11: Límite para la Distorsión del Entrepiso

Material Predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de Concreto Armado con Muros de Ductilidad Limitada	0,005

Fuente: NTE E.030, (2018)

De no cumplirse se verifica la estructuración y reitera el análisis hasta acatar con las exigencias.

❖ Separación entre Edificios

Toda edificación debe guardar distancia a las edificaciones vecinas, tomando como referencia el nivel de terreno natural, la cual se denomina “s” y representa la distancia mínima para librar el contacto durante un evento sísmico.

Para hallar la separación mínima entre las edificaciones que delimiten a la propiedad, se hará conforme a lo indicado:

$$s_{m\acute{a}x} = \left\{ \begin{array}{l} s_1 = 0,006 \cdot h \geq 0,03 \text{ m} \\ s_2 = \frac{2}{3} \cdot \text{Desplazamiento M\acute{a}ximo} \\ \left\{ \begin{array}{l} s_3 = 0,003 \cdot h \quad ; \text{ Con Junta S\acute{i}smica} \\ s_4 = 0,003(h + h_v) \quad ; \text{ Sin Junta S\acute{i}smica} \end{array} \right\} \end{array} \right\}$$

Donde:

h = Es la altura de la edificación desde el nivel del terreno.

h_v = Es la altura de la edificación vecina desde el nivel del terreno.

s_i = Es la separación mínima entre edificaciones

s_{máx} = Es el valor máximo entre los valores de “s”

2.2.1.2 Interacción Suelo Estructura

A) Modelo Dinámico de Barkan – Savinov

El modelo dinámico planteado por D. D. Barkan – O. A. Savinov es de carácter teórico-experimental, como base de la interacción de la cimentación y la base de fundación en un procedimiento establecido de vibraciones forzadas, para su análisis de forma ondulatoria no estacionaria (**Villarreal, 2009, p. 29**).

Tras muchas investigaciones experimentales para lograr hallar los coeficientes de rigidez de las cimentaciones, el ruso D. D. Barkan (1948) propone emplear las siguientes expresiones:

$$K_z = C_z A$$

$$K_x = C_x A \quad y \quad K_y = C_y A$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} I_x \quad y \quad K_{\varphi y} = C_{\varphi y} I_y$$

Donde:

K_z : Coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme a lo largo del eje z (Tn/m)

K_x, K_y : Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x & y (Tn/m)

$K_{\varphi x}, K_{\varphi y}$: Coeficiente de rigidez de compresión no uniforme en torno al eje x & y (Tn.m)

C_z : Coeficiente de compresión elástica uniforme en el eje z (kg/cm³)

C_x, C_y : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x & y (kg/cm³)

$C_{\varphi x}, C_{\varphi y}$: Coeficiente de compresión no uniforme en torno al eje x & y (kg/cm³)

A : Área de la base de la cimentación (m²)

I, I_y : Momentos de inercia de la cimentación respecto al eje x & y (m⁴)

Para poder determinar los coeficientes de desplazamiento y compresión, para el modelo dinámico de D. D. Barkan – O. A. Savinov es:

$$C_z = C_o \left[1 + \frac{2(a+b)}{A\Delta} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_x = C_y = D_o \left[1 + \frac{2(a+b)}{A\Delta} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_{\varphi x} = C_o \left[1 + \frac{2(3a+b)}{A\Delta} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

$$C_{\varphi y} = C_o \left[1 + \frac{2(a+3b)}{A\Delta} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}$$

Donde:

C_o : Coeficiente que se obtiene de la tabla 2.1 (Villarreal, 2009, p. 31) o en caso práctico por la siguiente fórmula

$$C_o = 1.7 \left[\frac{E_o}{1 - \mu^2} \right] 10^{-3} \left(\frac{kg}{cm^3} \right)$$

D_o : Coeficiente que se obtiene de manera practica con la siguiente fórmula

$$D_o = \left[\frac{1 - \mu}{1 - 0,5\mu} \right] C_o \left(\frac{kg}{cm^3} \right)$$

μ : Coeficiente de poisson del suelo

E_o : Módulo de Elasticidad del suelo

a, b : Dimensiones de la cimentación en los ejes X e Y respectivamente (m)

Δ : Coeficiente empírico igual a 1 m^{-1}

ρ_o : Presión estática inicial, determinado por ensayos experimentales $\rho_o = 0.2 \text{ kg/cm}^2$

ρ : Presión estática que se obtiene mediante la siguiente fórmula

$$\rho = \frac{\text{Peso}_{\text{Edificación}} + \text{Peso}_{\text{Cimentación}}}{\text{Área}_{\text{Cimentación}}} \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

**Tabla 12: Coeficiente “Co” según el Tipo de Suelo – Tabla 2.1
(Villarreal, 2009, p. 31)**

Tipo de Suelo	Características de la base de fundación	Suelo	C_o (kg/cm^3)
S1	Roca o suelos muy rígidos	Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$)	3,0
		Arena compactada ($I_L < 0$)	2,2
		Cascajo, grava, canto rodado, arena 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 ($e \leq 0,8$)	1,4
		Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad	1,8
S3	Suelos flexibles con estratos de gran espesor	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 ($e > 0,8$)	1,2
S4	Condiciones excepcionales	Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0,75$)	0,6
		Arena movediza ($I_L > 1$)	0,6

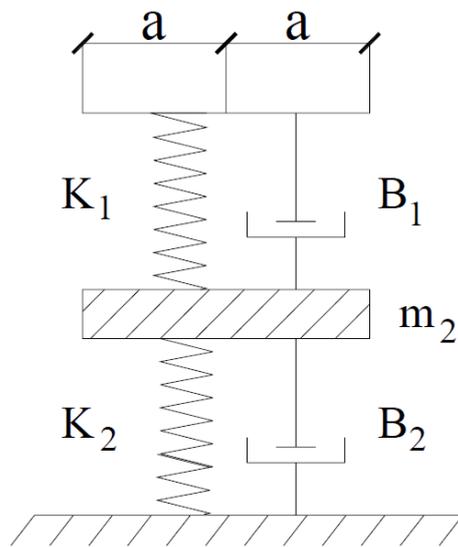
Fuente: (Villarreal, 2009, p. 31)

B) Modelo Dinámico de Ilichev

El modelo dinámico planteado por V. A. Ilichev es de carácter teórico, el cual fue diseñado para aplicar en problemas de modo ondular de interacción suelo estructura, configurado como un semiespacio elástico. (Villarreal, 2009, p. 32).

Al principio el diseño de cálculo de este prototipo fue aplicado a problemas de vibración vertical de cimentación circular, apoyado sobre un semiespacio elástico isótropo. Este diseño de cálculo del prototipo se muestra en la figura.

Figura 1: Modelo dinámico Ilichev - Figura 2.4 (Villarreal, 2009, p. 31)



En la parte superior del sistema se ubica una placa de peso despreciable, para lo cual el amortiguador B_1 y el resorte con rigidez K_1 configuran el efecto originado por las ondas longitudinales. Estos parámetros B_1 y K_1 dependen del radio de la placa, velocidad de las ondas longitudinales y densidad del material en el semiespacio; mas no dependen de la velocidad de ondas transversales y del coeficiente de poisson. Mientras que en la parte inferior del sistema se le atribuye el comportamiento dinámico de la placa frente ondas de Rayleigh y transversales. Lo parámetros m_2 , B_2 y K_2 también depende de la densidad del material en el semiespacio y de las dimensiones de la placa, además del coeficiente de poisson y de la velocidad de las ondas transversales, pero no depende de la velocidad de ondas longitudinales. Por lo explicado se entiende que se ha dividido las ondas longitudinales, los cuales generan la resistencia al movimiento de la placa (Cimentación) y dependen del desplazamiento y velocidad; y las ondas transversales y Rayleigh, las cuales originan de igual forma resistencia, pero dependen de la aceleración del movimiento de la placa, que está sujeto a repercutir en el origen de la masa m_2 .

Lo explicado es el modelo dinámico que determina un sistema de 1,5 grados de libertad, dividido en un grado de libertad determinante de la parte inferior del prototipo y medio grado de libertad registrador de la parte superior del prototipo.

Posteriormente este modelo se conceptualizo a la vibración horizontal y rotacional de la cimentación, sostenido sobre la base elástica condicionado a una variación lineal de las características de deformación por medio de la profundidad del suelo de fundación. En específico, el cambio del módulo de la deformada $E_{(z)}$ de la base de fundación, se asemeja a la ley:

$$E_{(z)} = E_o \left[\tan \psi \cdot \frac{z}{\alpha} + 1 \right]$$

Donde:

- E_o : Módulo de deformación del suelo en la superficie (N/m²)
- z : Coordenada de la profundidad del suelo de fundación, respecto a la superficie (m)
- ψ : Ángulo de fricción interna del suelo (Grado Sexagesimal)
- α : Valor de 1 m

Lo descrito se aproxima y detalla la variedad de las características de la deformada en la base hasta una profundidad $5a$ para vibración vertical, $3a$ para la rotacional y $2a$ para la horizontal.

Donde:

$$a = \sqrt{\frac{A}{\pi}} : \text{Radio de la base de la cimentación del área } A, \text{ asumido (m)}$$

Los cinco indicadores adimensionales del modelo dinámico, plasman depender linealmente de \sqrt{A} .

$$Y = Y_o + Y_1 \tan \psi \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Donde:

- Y : Cualquier indicador con o sin índice

Tabla 13: Grado de Libertad según el Tipo de Vibración

Vibración	Coefficiente “Y”	Características	Grado de Libertad
Verticales	b_{z1}	Amortiguador – Parte Superior	0,5
	k_{z1}	Rigidez – Parte Superior	
	m_z, b_{z2}, k_{z2}	Parte Inferior	1,0
Rotacionales	$b_{\varphi1}$	Amortiguador – Parte Superior	0,5
	$k_{\varphi1}$	Rigidez – Parte Superior	
	$m_{\varphi}, b_{\varphi2}, k_{\varphi2}$	Parte Inferior	1,0
Horizontales	b_{x1}, b_{y1}	Amortiguador – Parte Superior	0,5
	k_{x1}, k_{y1}	Rigidez – Parte Superior	
	$m_x, b_{x2}, k_{x2}, m_y, b_{y2}, k_{y2}$	Parte Inferior	1,0

Fuente: Contenido adaptado (Villarreal, 2009, p. 33)

Y_0, Y_1 : Se calcula mediante las tablas 2.2 y 2.3 de (Villarreal, 2009, p. 34), respectivamente, los cuales dependen de la forma de vibrar y el coeficiente de poisson (μ) de la base de fundación.

Tabla 14: Valores “Y₀” Asignados según el valor de Poisson – Tabla 2.2 (Villarreal, 2009, p. 34)

Y ₀					
Poisson	Vibración Vertical				
μ	b_{0z1}	k_{0z1}	m_{0z}	b_{0z2}	k_{0z2}
0,25	5,34	21,80	2,80	6,21	7,50
0,35	6,44	26,30	3,12	6,90	8,40
0,45	10,53	43,00	3,29	7,50	9,20
Poisson	Vibración Rotacional				
μ	$b_{0\varphi1}$	$k_{0\varphi1}$	$m_{0\varphi}$	$b_{0\varphi2}$	$k_{0\varphi2}$
0,25	1,36	5,60	1,00	1,60	7,50
0,35	1,63	6,70	1,03	1,70	7,90
0,45	2,50	10,70	0,84	1,60	7,30
Poisson	Vibración Horizontal				
μ	b_{0x1}	k_{0x1}	m_{0x}	b_{0x2}	k_{0x2}
0,25	3,10	12,40	1,80	5,20	7,60
0,35	3,10	12,40	1,90	5,70	8,30
0,45	3,10	12,40	2,10	6,40	9,20

Fuente: Tabla adaptada (Villarreal, 2009, p. 34)

Tabla 15: Valores “Y₁” Asignados según el valor de Poisson – Tabla 2.2 (Villarreal, 2009, p. 34)

Y ₁					
Poisson	Vibración Vertical				
μ	b _{1z1}	k _{1z1}	m _{1z}	b _{1z2}	k _{1z2}
0,25	0,87	3,56	0,56	0,62	2,88
0,35	1,06	4,34	0,62	0,78	3,50
0,45	1,81	7,41	0,69	0,78	3,72
Poisson	Vibración Rotacional				
μ	b _{1φ1}	k _{1φ1}	m _{1φ}	b _{1φ2}	k _{1φ2}
0,25	0,22	1,16	0,12	0,12	1,34
0,35	0,28	1,41	0,16	0,12	1,81
0,45	0,50	1,97	0,16	0,12	1,81
Poisson	Vibración Horizontal				
μ	b _{1x1}	k _{1x1}	m _{1x}	b _{1x2}	k _{1x2}
0,25	0,53	2,09	0,28	0,75	1,53
0,35	0,53	2,09	0,31	0,84	1,87
0,45	0,53	2,09	0,37	0,84	1,91

Fuente: Tabla adaptada (Villarreal, 2009, p. 34)

Los indicadores adimensionales *Y* se calculan de modo dimensional por las siguientes fórmulas:

Para la vibración rotacional:

$$K_{\varphi} = (C_2)^2 \cdot \rho \cdot k_{\varphi} \cdot a^3$$

$$B_{\varphi} = (C_2) \cdot \rho \cdot b_{\varphi} \cdot a^4$$

$$M_{\varphi} = \rho \cdot m_{\varphi} \cdot a^5$$

Para la vibración horizontal y vertical:

$$K_{(x,z)} = (C_2)^2 \cdot \rho \cdot k_{(x,z)} \cdot a$$

$$B_{(x,z)} = (C_2) \cdot \rho \cdot b_{(x,z)} \cdot a^2$$

$$M_{(x,z)} = \rho \cdot m_{(x,z)} \cdot a^3$$

Donde:

C_2 : Velocidad de difusión de ondas transversales (m/seg)

ρ : Densidad del suelo de la base de fundación (kN.seg²/m⁴)

Si se da el caso que el coeficiente de poisson se encuentra entre $0 \leq \mu \leq 0,4$, se puede simplificar eliminando la masa m_2 .

Al considerar, que el modelo en estudio sus rigideces k_1 y k_2 se encuentran unidas en forma consecutiva. Al calcular se ingresará la rigidez equivalente dada por la siguiente fórmula:

$$k_z = \frac{k_{z1} \cdot k_{z2}}{k_{z1} + k_{z2}} \quad y \quad k_\varphi = \frac{k_{\varphi1} \cdot k_{\varphi2}}{k_{\varphi1} + k_{\varphi2}}$$

$$k_x = k_{x1} + k_{x2}$$

Y para los amortiguadores un valor equivalente dada por la siguiente fórmula:

$$b_z = \frac{b_{z1} \cdot b_{z2}}{b_{z1} + b_{z2}} \quad y \quad b_\varphi = \frac{b_{\varphi1} \cdot b_{\varphi2}}{b_{\varphi1} + b_{\varphi2}}$$

$$b_x = b_{x1} + b_{x2}$$

C) Modelo Dinámico de Sargsian

El modelo dinámico planteado por A. E. Sargsian es de carácter teórico, en el cual se utiliza parámetros cuasiestáticos de rigidez de la base de fundación en el diseño. (Villarreal, 2009, p. 35).

Por las investigaciones de A. E. Sargsian y A. A. Najapetian, se generó otro modelo de interacción suelo estructura, en el que solo nos centraremos a detallar las fórmulas necesarias, las cuales son:

$$K_x = \frac{28,8 \cdot (1 - \mu^2) \cdot \rho \cdot (C_2)^2 \cdot \sqrt{A}}{\pi \cdot (7 - 8\mu)}$$

$$K_\varphi = \frac{8,52 \cdot \rho \cdot (C_2)^2 \cdot I}{\sqrt{\pi} \cdot (1 - \mu) \cdot \sqrt{A}}$$

$$K_z = \frac{\rho \cdot (C_1)^2 \cdot \sqrt{A}}{\Phi \cdot (1 - \mu^2)}$$

Donde:

ρ : Densidad del suelo de la base de fundación (Tn.seg²/m⁴)

A : Área de la base de fundación (m²)

I : Momento de inercia del área de base de cimentación que atraviesa el centro de gravedad en forma perpendicular al plano de vibración (m⁴)

Φ : Valor adimensional de 0,833

C_1 : Velocidad de difusión de ondas longitudinales (m/seg)

C_2 : Velocidad de difusión de ondas transversales (m/seg)

Conforme a la noción de semiespacio elástico, las velocidades de difusión de onda longitudinal y transversal se puede estimar por las siguientes fórmulas:

$$C_1 = \sqrt{\frac{(1 - \mu) \cdot E}{(1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu) \cdot \rho}}$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{E}{2 \cdot (1 + \mu) \cdot \rho}}$$

Donde:

E : Módulo de deformación del suelo en la superficie (kPa)

ρ : Densidad del suelo de la base de fundación (kN.seg²/m⁴)

D) Modelo Dinámico de Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987

El modelo dinámico planteado por la Norma Rusa SNIP 2.02.05 es de carácter teórico-experimental, en el cual se utiliza parámetros de rigidez de la base de fundación en el diseño. (Villarreal, 2009, p. 36).

En el que solo nos centraremos a detallar las fórmulas necesarias, las cuales son:

$$K_z = C_z \cdot A$$

$$K_x = C_x \cdot A$$

$$K_\varphi = C_\varphi \cdot I_\varphi$$

$$K_\psi = K_\psi \cdot I_\psi$$

Donde:

K_z : Coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme a lo largo del eje z (Tn/m)

K_x : Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x y para el eje y de manera análoga (Tn/m)

K_φ : Coeficiente de rigidez de compresión elástica no uniforme en torno al eje x & y (Tn.m)

K_ψ : Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme en torno al eje z (Tn.m)

A : Área de la base de cimentación (m²)

I_φ : Momento de inercia de la región de la cimentación respecto al eje horizontal “eje x & y” (m⁴)

I_ψ : Momento de inercia de la región de la cimentación respecto al eje vertical “eje z” (m⁴)

La característica principal elástica de la cimentación, es C_z (Tn/m³), se puede hallar de forma experimental a través de ensayos, pero si no se cuenta con información se calcula por la siguiente fórmula:

$$C_z = b_o \cdot E \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right)$$

Donde:

b_o : Factor estimado para suelos arenosos igual a 1; para arenas arcillosas 1,2; para arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas igual a 1,5 (m⁻¹)

E : Módulo de elasticidad del suelo sobre la cimentación estimada por las tablas 3 y 4 o de manera experimental (Tn/m²)

A_{10} : Valor asumido de 10 m²

Para luego emplearlo en las siguientes fórmulas:

$$C_x = 0,7 \cdot C_z$$

$$C_\varphi = 2,0 \cdot C_z$$

$$C_\psi = C_z$$

Donde:

C_x : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x y para el eje y de manera análoga (Tn/m³)

C_φ : Coeficiente de compresión elástica no uniforme en torno al eje x & y (Tn/m³)

C_ψ : Coeficiente de desplazamiento elástico no uniforme en torno al eje z (Tn/m³)

En las características por amortiguación en la cimentación, se tomara en cuenta las amortiguaciones relativas ξ_z de los ensayos experimentales y si no existen datos, se puede calcular por las siguientes fórmulas:

Para vibración establecida (armónica) o conocida:

$$\xi_z = \frac{0,7}{\sqrt{p_m}}$$

Para vibración no establecida (impulso) o desconocida:

$$\xi_z = 2 \cdot \sqrt{\frac{E}{C_z \cdot p_m}}$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del suelo sobre la cimentación estimada por las tablas 3 y 4 o de manera experimental (Tn/m² o kPa)

C_z : Coeficiente de compresión elástica uniforme en el eje z (Tn/m³)

p_m : Presión estática media en la cimentación (Tn/m²)

$$p_m \leq \gamma_{ts} \cdot R$$

Donde:

γ_{ts} : Factor del tipo de trabajo del suelo de fundación, para arenas saturadas de grano fino o polvorosa y arcillas de consistencia movediza igual a 0,7; y para los demás suelos asumir 1,0

R : Resistencia de cálculo del suelo, definido por la Norma Rusa SNIP 2.02.01-83 o las tablas del 1 al 5 (Tn/m²)

Luego las amortiguaciones relativas tanto para la vibración horizontal y rotacional respecto a sus ejes, se calculan por medio de las siguientes fórmulas:

$$\xi_x = 0,6 \cdot \xi_z$$

$$\xi_\varphi = 0,5 \cdot \xi_z$$

$$\xi_\psi = 0,3 \cdot \xi_z$$

En las propiedades por amortiguación en la cimentación, se tomara también en cuenta el módulo de amortiguación para vibración vertical Φ_z , el cual puede calcularse por las siguientes fórmulas:

Para vibración establecida (armónica) o conocida:

$$\Phi_z = \frac{0,5}{\sqrt{C_z}}$$

Para vibración no establecida (impulso) o desconocida:

$$\Phi_z = \frac{1,5}{\sqrt{C_z}}$$

Luego los módulos amortiguadores tanto para la vibración horizontal y rotacional respecto a sus ejes, se calculan por medio de las siguientes fórmulas:

$$\Phi_x = 0,6. \Phi_z$$

$$\Phi_\varphi = 0,5. \Phi_z$$

$$\Phi_\psi = 0,3. \Phi_z$$

2.3 Definiciones conceptuales

1. **Cinturón de Fuego:** Llamado comúnmente anillo de fuego del Pacífico o cinturón de fuego del Pacífico, este se encuentra ubicado en el litoral del océano Pacífico y tiene la particularidad por contener algunas de las zonas de subducción más significativas del mundo, lo que provoca una potente actividad sísmica y volcánica en los territorios que comprende.
2. **Respuesta estructural:** Es la representación del conjunto de parámetros de índole físico que detalla el comportar de una estructura ante la acción aplicada.
3. **Fuerzas internas:** Internamente de los elementos estructurales se despliega la acción que puede ser productos de fuerza axial, fuerza cortante, momento flector y momento torsional.
4. **Cimentación:** Es el elemento estructural en el suelo que tiene como principal objetivo transferir la acción de carga axial de la edificación al suelo de fundación.
5. **Sistema estructural:** Sistema resistente que contribuye una rigidez a la edificación ante una posible fuerza horizontal.
6. **Perfil estratigráfico:** Es un gráfico donde se detalla el espesor del estrato y tipo de suelo que se va hallando conforme se va profundizando en la excavación.
7. **Estructura regular:** Son las que no tienen alteraciones significativas en planta o altura en su configuración estructural resistente a cargas laterales.
8. **Estructura irregular:** Son las que presentan alteraciones significativas en planta y/o altura en su configuración estructural resistente a cargas laterales.
9. **Análisis estático:** Análisis por medio de un conjunto de fuerzas laterales que actúan en cada nivel de la estructura.
10. **Análisis dinámico:** Análisis ejecutado mediante procesos de combinación modal espectral o por el análisis tiempo – historia.
11. **Energía sísmica:** Es la energía liberada producto de un evento sísmico, esta se encuentra en forma de calor una parte y lo que resta es esparcido en forma de ondas sísmicas.
12. **Frecuencia:** Es una magnitud que se encarga de medir la cantidad de iteraciones por unidad de un suceso periódico o tiempo de un fenómeno.
13. **Grados de libertad:** Es la cantidad mínima de parámetros suficientes para determinar de forma única la figura deformada de la edificación. Estos parámetros competen a la rotación y traslación libre en cada nudo de la estructura evaluada.

- 14. Período de vibración:** Es el mínimo intervalo de tiempo para cuando la vibración se itera a sí misma.
- 15. Propagación de ondas:** Se interpreta haciendo uso de un modelo de cadena de carácter lineal. Esta cadena está constituida de una secuencia de partículas de masa constante separadas por resortes también constante.
- 16. Rigidez:** Es la capacidad del elemento estructural para poder soportar esfuerzos sin llegar adquirir deformaciones cuantiosas y/o desplazamientos.
- 17. Sismo:** Se les cataloga sismo a los movimientos telúricos ocasionados en la corteza terrestre producto de la liberación súbita de energía en las placas tectónicas.
- 18. Tectónica:** Es una parte de la geología que se dedica a describir los plegamientos, deformaciones y fallas de la corteza terrestre, así como también las fuerzas internas que los originan.
- 19. Vulnerabilidad:** Es el grado de daño causado que sufre la edificación durante un evento sísmico y obedece las particularidades de diseño de la estructura, de la calidad de los materiales y del proceso constructivo.
- 20. Diafragma rígido:** Se entiende como una lámina extendida que no tiende a deformarse axialmente ni tampoco flexionarse frente cargas sometidas a su plano.
- 21. Carga viva:** Es el peso de todos los ocupantes de la edificación, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación. Mayormente es la sobrecarga.
- 22. Carga muerta:** Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, el cual incluye su propio peso.

2.4 Formulación de la Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019.

2.4.2 Hipótesis Específicos

- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente es moderado, Pativilca 2019.
- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura es consistente, Pativilca 2019.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño Metodológico

3.1.1 Enfoque de Investigación

El desarrollo del proyecto del estudio plasma el punto donde se enlazan los hitos teóricos del procedimiento de investigación como el planteamiento del problema, el proceso desde el enfoque teórico y las hipótesis con las etapas siguientes cuyo atributo es más operacional.

De acuerdo **Hernández, Fernández, & Baptista, (2014)**, el enfoque cuantitativo es:

Es a través de secuencias y para probar. Cada fase anticipa al próximo y no permite “saltar” o evadir pasos. La organización es minuciosa, aunque sencillamente, se puede volver a precisar cualquier fase. Comienza de una idealización que se va acotando y, una vez demarcado, se originan objetivos y cuestiones de investigación, se verifica la verbosidad y se establece un entorno o un panorama teórico. De las cuestiones se determinan las hipótesis y se precisan las variables; se esboza una planificación para corroborar (diseño); se calibra las variables en un preciso contexto; se examina los valores alcanzados empleando métodos estadísticos, y extraer un conjunto de argumentos en relación de las hipótesis planteadas. **(p.4)**

De acuerdo a esta definición planteada, la presente tesis es de enfoque cuantitativo, en otros términos, es deductivo, probatorio, secuencial, aprovecha la estadística inferencial y descriptiva, para que al final nos permita conceptualizar los resultados.

3.1.2 Tipo de Investigación

De acuerdo **Sánchez & Reyes, (2006)**, el tipo aplicativo es:

Tener un fin principal en la convicción de problemas prácticos cercanos en disposición a modificar los requisitos de la actividad didáctica y a prosperar la condición pedagógica. La pretensión es de llevar a cabo colaboraciones a la formación teórica es circunstancial. **(p.222)**

3.1.3 Diseño de Investigación

De acuerdo **Palella & Martins, (2012)**, el diseño no experimental es:

Aquel que se realiza sin alterar de modo intencional ninguna variable. El tesista no reemplaza deliberadamente las variables independientes. Se perciben los actos de la misma manera en que se muestran en su marco real y en un momento dado o no, para después examinarlo. Por ende, en este diseño no se establece una coyuntura particular si no que se perciben las que estén. Las variables independientes ya han acontecido y no se pueden alterar, lo que restringe incidir sobre ellas para alterarlas. **(p.87)**

Así mismo **Palella & Martins, (2012)**, dice que el diseño transversal es:

Cuando la investigación planteada se ocupará de reunir cifras en un momento específico y además de un lapso de tiempo singular, con el fin de detallar las variables y poder examinar su interacción e implicancia en un tiempo determinado, sin alterarlas. **(p.94)**

3.1.4 Nivel de Investigación

De acuerdo **Palella & Martins, (2012)**, el nivel descriptivo es:

Con el fin de descifrar existencias de hecho. Contiene registro, descripción, interpretación y análisis de la naturaleza existente, composición o procesos de los fenómenos. Haciendo hincapié sobre argumentos dominantes o sobre como una persona, grupo o cosa se guía o marcha en el momento. En estos estudios de carácter descriptiva se pueden contener hipótesis o no, de acuerdo el objetivo que se designe. **(p.92-93)**

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

De acuerdo **Palella & Martins, (2012)**, la población es:

La colectividad de unidades de las que se aspira conseguir datos y con respecto a las que sea van a originar las conclusiones. Además, es válido definirla como el conjunto de finito o infinito de componentes, personas o materiales concernientes a una tesis de investigación y que en lo particular suele ser inaccesible. **(p.105)**

Es decir, se utilizará un conjunto de edificaciones de concreto armado de sistema estructural aporticada con características similares que serán objeto de estudio.

La población en estudio está conformada por 8 edificaciones de diferentes niveles en dos perfiles de suelo, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 16: Descripción de la población

Descripción		Cantidad
Edificación	Tipo de Suelo	
Edificación de 4 Pisos	S ₁	1
Edificación de 6 Pisos		1
Edificación de 8 Pisos		1
Edificación de 10 Pisos		1
Edificación de 4 Pisos	S ₂	1
Edificación de 6 Pisos		1
Edificación de 8 Pisos		1
Edificación de 10 Pisos		1
TOTAL		8

3.2.2 Muestra

De acuerdo **Palella & Martins, (2012)**, la muestra no probabilística de tipo intencional es: “Cuando no se puede definir la posibilidad, el tesista define de manera consecuente los criterios para poder seleccionar las unidades de análisis, a los que se asigna de nombre de tipo”. **(p.110 y 114)**

En cambio, **Sánchez & Reyes, (2006)**, dice que:

El muestreo no probabilístico desde el punto de vista cuantitativo, presenta una ventaja en su utilización para detallar modelos de estudio que precisan no tanto una “peculiaridad” de elementos de una población, sino una prolija y ordenada selección de casos con ciertas condiciones específicas anticipadas en el planteamiento del problema. **(p.190)**

En este caso la muestra fue no probabilística y coincide con la población.

3.3 Operacionalización de Variables e Indicadores

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	
<p style="text-align: center;">ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA Y EL SISMORRESISTENTE</p>	<p>Según Villarreal, (2013). Para el análisis del diseño sismorresistente:</p> <p>El diseño sismorresistente se enfoca como estudio en el análisis dinámico estructural, que a su vez estudia la reacción de las edificaciones ante un evento sísmico y averigua los métodos de cálculo estructural, que aseguren un favorecedor comportamiento y una confianza estructural ante un sismo. (p.3)</p> <p>Según Villarreal, (2009). Para el análisis de interacción suelo estructura:</p> <p>En las últimas décadas se está utilizando con bastante significación a la problemática de interacción suelo estructura. Desde un punto de vista más amplio, esta problemática puede ser planteado como una fricción activa entre la base (suelo-cimentación) y la estructura (edificación).</p> <p>Últimas investigaciones del tema determinan que implícitamente los iniciales modelos dinámicos de la interacción sísmica suelo estructura han incidido en la condición esfuerzo deformación de una edificación. (p.9)</p>	<p>Diseño Sismorresistente</p>	Parámetros Sísmicos	<p>1-5</p>	
			Análisis Estático		
			Irregularidades		
			Análisis Dinámico		
			Validación de la Estructura		
			<p>Interacción Suelo Estructura</p>	Modelo Dinámico de Barkan – Savinov	<p>6-9</p>
				Modelo Dinámico de Ilichev	
				Modelo Dinámico de Sargsian	
Modelo Dinámico de Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987					

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1 Técnicas a emplear

Se trabajó de manera secuencial aplicando los métodos empleados para el análisis estructural de una edificación aporticada de concreto armado frente eventos sísmicos. El análisis estático, análisis dinámico y el análisis tiempo – historia, considerando para los tres casos base empotrada y la interacción suelo estructura, los parámetros necesarios se introducirán en el software y a la vez se modelará, para obtener los datos se hare en dos fases:

- Primera Fase, se recopilará los datos ocasionado tras introducir los parámetros necesarios del análisis estático y dinámico para modelarlo considerando empotrada la base, para una edificación de aporticada de concreto armado de altura variable (4, 6, 8 y 10 pisos) en un tipo de suelo S_1 y S_2 .
- Segunda Fase, se recopilará los datos ocasionado tras introducir los parámetros necesarios de los modelos dinámicos de interacción suelo estructura para modelarlo considerando la flexibilidad del suelo, para una edificación de aporticada de concreto armado de altura variable (4, 6, 8 y 10 pisos) en un tipo de suelo S_1 y S_2 .

Este mismo proceso se aplicó para para una edificación de aporticada de concreto armado de altura variable (4, 6, 8 y 10 pisos) en un tipo de suelo S_2 .

3.4.2 Descripción de los Instrumentos

3.4.2.1 Métodos Empleados

Para realizar el análisis sísmico será efectuado por medio del método modal espectral según lo prescrito en la NTE E.030 del Perú. Luego para reflejar la interacción suelo – estructura se emplearán los modelos dinámicos planteados D. D. Barkan & O. A. Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa SNIP 2.02.05-1987.

3.4.2.2 Modelación Numérica

Se utilizó el software estructural de generación vigente, ETABS 2016, donde se idealizarán modelos estructurales de edificaciones tipo para alcanzar la respuesta de los mismos ante un evento telúrico en específico al considerar una rigidez infinita en los puntos de apoyo y una rigidez finita plasmado a través de constantes elásticas en los puntos apoyo de la edificación para emular las características del terreno (suelo).

3.5 Técnicas para el Procesamiento de la Información

Los parámetros se tuvieron que procesar en dos fases, en cada fase se hizo el monitoreo de los periodos de vibración, las cortantes en la base, las derivas y los desplazamientos permisibles según la NTE E.030 del 2018:

- Primera Fase, se procesará los datos ocasionado por el análisis estático y dinámico al considerar empotrada la base, para una edificación de aporticada de concreto armado de altura variable (4, 6, 8 y 10 pisos) en un tipo de suelo S_1 y S_2 .
- Segunda Fase, se procesará los datos ocasionado por los modelos dinámicos de interacción suelo estructura al considerar la flexibilidad del suelo, para una edificación de aporticada de concreto armado de altura variable (4, 6, 8 y 10 pisos) en un tipo de suelo S_1 y S_2 .

Este mismo proceso se aplicó para para una edificación de aporticada de concreto armado de altura variable (4, 6, 8 y 10 pisos) en un tipo de suelo S_2 .

Para la prueba de hipótesis se utilizará el estadístico descriptivo según corresponda a la investigación.

- a. Descriptiva:** Luego de la recolección de datos, se procedió al procesamiento de la información, con la elaboración de cuadros y gráficos estadísticos, se utilizó para ello el Excel.
 - Análisis descriptivo por variables y dimensiones con tablas de frecuencias y gráficos.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Descripción General de Análisis Estructural

En este punto se compara el Diseño Sismorresistente convencional y la Interacción Suelo Estructura en edificaciones aporticada de concreto armado variando la altura, y así poder ver que análisis es óptimo y cercano a realidad de un evento sísmico. Para determinar los resultados se tomó en cuenta el Diseño Sismorresistente N.T.E. E.030 – 2018, siendo la norma peruana y la Interacción Suelo Estructura.

Cada edificación es evaluada en estado empotrado (Rigidez Infinita) y no empotrado (Rigidez Finita), para ambos casos se modelo en terreno tipo S_1 y S_2 , variando su altura. Las edificaciones serán modeladas y analizadas por medio del Software ETABS 2016.

4.2 Características de las Edificaciones

4.2.1 Vista de Planta y Elevación

La definición de las dimensiones para los modelos que están en estudio son los siguientes:

- Vista en Planta

En la dirección “X” existen 4 pórticos, separados 5 m cada uno entre ejes de columnas.

En la dirección “Y” existen 5 pórticos, separados 4 m cada uno entre ejes de columnas.

Alero/Balcón de 1.10 m de ancho (Dirección “X”) y 5.30 m de largo (Dirección “Y”), a partir del 2do Piso hasta el 10mo Piso.

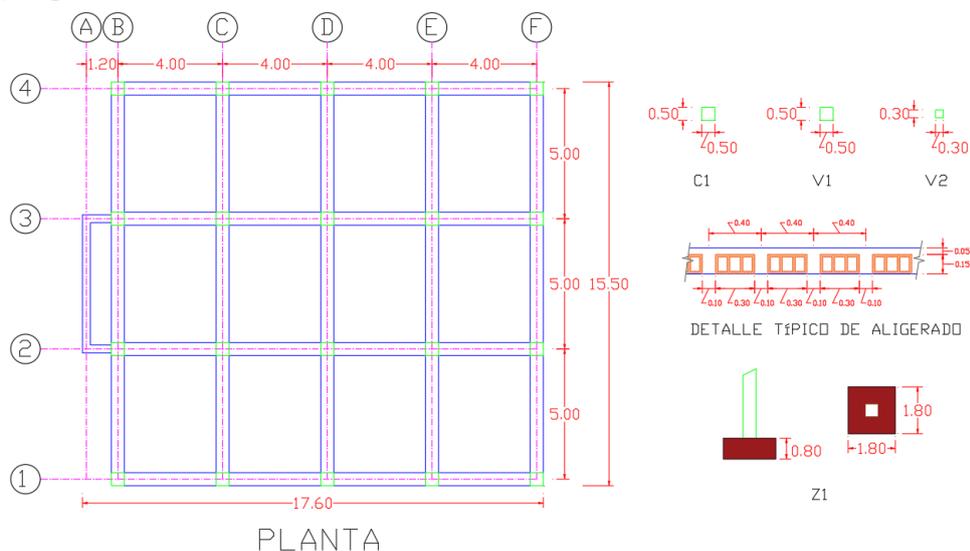
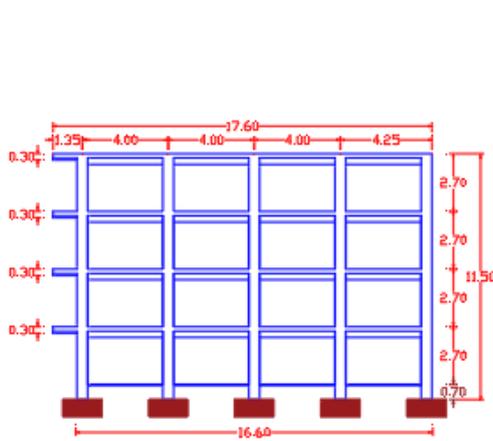


Figura 2: Distribución en planta de las edificaciones

- Vista en Elevación

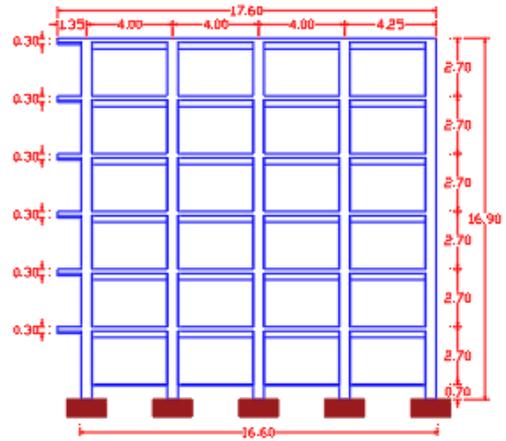
Se evaluará a edificaciones con niveles de pisos variables de 4, 6, 8 y 10 pisos.

La altura de entrepiso es de 2.70 m, con un desplante de 1.50 m.



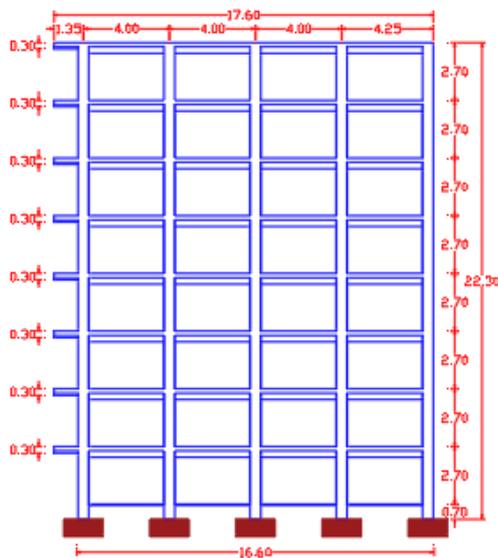
Elevación – 4 Pisos

a)



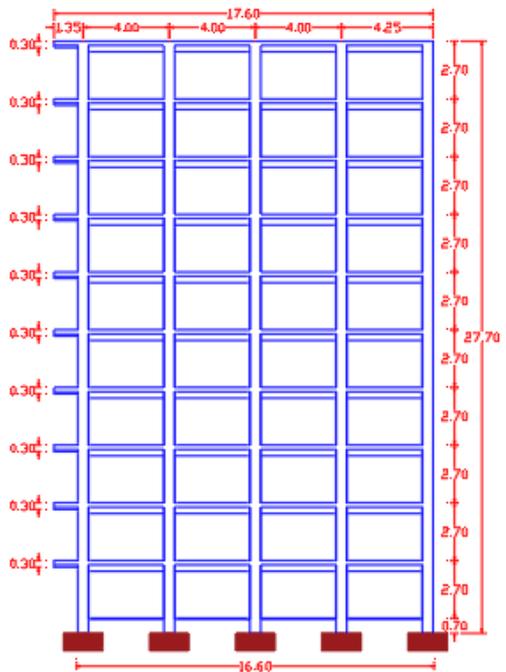
Elevación – 6 Pisos

b)



Elevación – 8 Pisos

c)



Elevación – 10 Pisos

d)

Figura 3: Distribución en elevación de las edificaciones

- a) Vivienda de 4 Niveles, b) Viviendas de 6 Niveles,
- c) Viviendas de 8 Niveles, d) Viviendas de 10 Niveles

4.2.2 Dimensiones de los Elementos Estructurales

Para cada edificación en estudio, se tomó en cuenta que las secciones cumplan con el pre-dimensionamiento para que soporten las cargas dinámicas.

Tabla 17: Dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio de 4 pisos

Nivel	Sección (m x m)			Espesor (m)
	Vigas	Vigas del Balcón	Columnas	Losa Aligerada
	Dir. X e Y	Dir. X e Y	C1, C2, C3 y C4	En un sentido
Del Piso 1 al Piso 4	0.50 x 0.50	0.30 x 0.30	0.50 x 0.50	h = 0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio de 6 pisos

Nivel	Sección (m x m)			Espesor (m)
	Vigas	Vigas del Balcón	Columnas	Losa Aligerada
	Dir. X e Y	Dir. X e Y	C1, C2, C3 y C4	En un sentido
Del Piso 1 al Piso 6	0.50 x 0.50	0.30 x 0.30	0.50 x 0.50	h = 0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio de 8 pisos

Nivel	Sección (m x m)			Espesor (m)
	Vigas	Vigas del Balcón	Columnas	Losa Aligerada
	Dir. X e Y	Dir. X e Y	C1, C2, C3 y C4	En un sentido
Del Piso 1 al Piso 8	0.50 x 0.50	0.30 x 0.30	0.50 x 0.50	h = 0.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación en estudio de 10 pisos

Nivel	Sección (m x m)			Espesor (m)
	Vigas	Vigas del Balcón	Columnas	Losa Aligerada
	Dir. X e Y	Dir. X e Y	C1, C2, C3 y C4	En un sentido
Del Piso 1 al Piso 10	0.50 x 0.50	0.30 x 0.30	0.50 x 0.50	h = 0.20

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Profundidad de Desplante de las Zapatas Aisladas

De acuerdo a las características planteadas se tomó en cuenta un desplante de 1.50 m por debajo del nivel de terreno para ambos tipos de suelo y cada edificación en estudio.

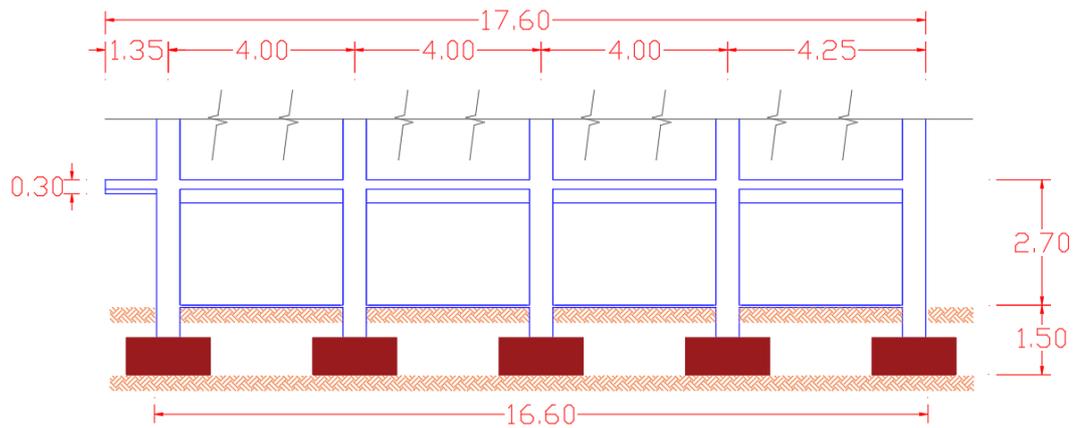


Figura 4: Nivel de fondo de zapata o desplante de fundación superficial

4.2.4 Cargas Gravitacionales

Para las edificaciones en estudio se tomó en cuenta la NTE E.020 (2006) - “Cargas”, donde:

- **CM = 358 Kg/m²**, será la carga permanente desde el primer nivel hasta el penúltimo debido al peso de los ladrillos, tabiquería y acabados, la cual será distribuida uniformemente sobre los entresijos.
- **CM_T = 208 Kg/m²**, será la carga permanente en el último nivel y para todos los balcones debido al peso de los ladrillos y acabados, la cual será distribuida uniformemente sobre el techo.
- **CV = 200 Kg/m²**, será la carga variable desde el primer nivel hasta el penúltimo debido a que es para viviendas, la cual será distribuida uniformemente sobre los entresijos.
- **CV_T = 100 Kg/m²**, será la carga variable en el último nivel debido a que es para techo, la cual será distribuida uniformemente sobre el techo.

4.2.5 Propiedades de los Materiales

Para las edificaciones en estudio se tomó en cuenta la NTE E.060 (2009) - “Concreto Armado”, donde se trabajo únicamente con concreto reforzado y acero de refuerzo, cuyas propiedades se muestran a continuación:

- Concreto Reforzado

Peso Específico	:	Y_m	=	2400 kg/m ³
Resistencia a Compresión	:	f'_c	=	450 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	:	E_c	=	307408.523 kg/cm ²
Módulo de Corte	:	G_c	=	128086.885 kg/cm ²
Módulo de Poisson	:	ν	=	0.20

- Acero de Refuerzo

Peso Específico	:	Y_m	=	7850 kg/m ³
Resistencia a Fluencia	:	f_y	=	4200 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	:	E_s	=	2000000.000 kg/cm ²
Resistencia a Tracción	:	f_u	=	6320 kg/cm ²
Resistencia a Fluencia Máx.	:	f_{ye}	=	6300 kg/cm ²
Resistencia a Tracción Máx.	:	f_{ue}	=	6952 kg/cm ²

4.2.6 Propiedades del Suelo

Para las edificaciones en estudio se evaluó en dos tipos de terreno S₁ y S₂, clasificados según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, donde se considero las siguientes características que se muestran a continuación:

- Perfil Tipo S₁ – “Rocas o Suelos Muy Rígidos”

Tipo de Suelo	:	Arena Muy Densa		
Coefficiente de Poisson	:	ν	=	0.35
Coefficiente de Poisson	:	C_o	=	2.60 kg/cm ³
Ángulo de Fricción	:	ϕ	=	30°
Módulo de Elasticidad	:	E_t	=	70.00 MPa

- Perfil Tipo S₂ – “Suelos Intermedios”

Tipo de Suelo	:	Arena Gruesa
Coefficiente de Poisson	:	$\nu = 0.25$
Coefficiente de Poisson	:	$C_o = 1.80 \text{ kg/cm}^3$
Ángulo de Fricción	:	$\phi = 35^\circ$
Módulo de Elasticidad	:	$E_t = 300.00 \text{ MPa}$

4.2.7 Espectros de Diseño

Para las edificaciones en estudio al evaluarla en dos tipos de terreno S₁ y S₂, clasificados según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, obtendremos dos espectros de diseño primogénitos, los cuales podrían variar en caso de la Irregularidad de la edificación.

Para graficar los espectros se tomó en cuenta la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, para ambas direcciones X e Y, los cuales se muestran en las figuras 5 y 6 los cuáles serán incluidos en el programa ETABS 2016.

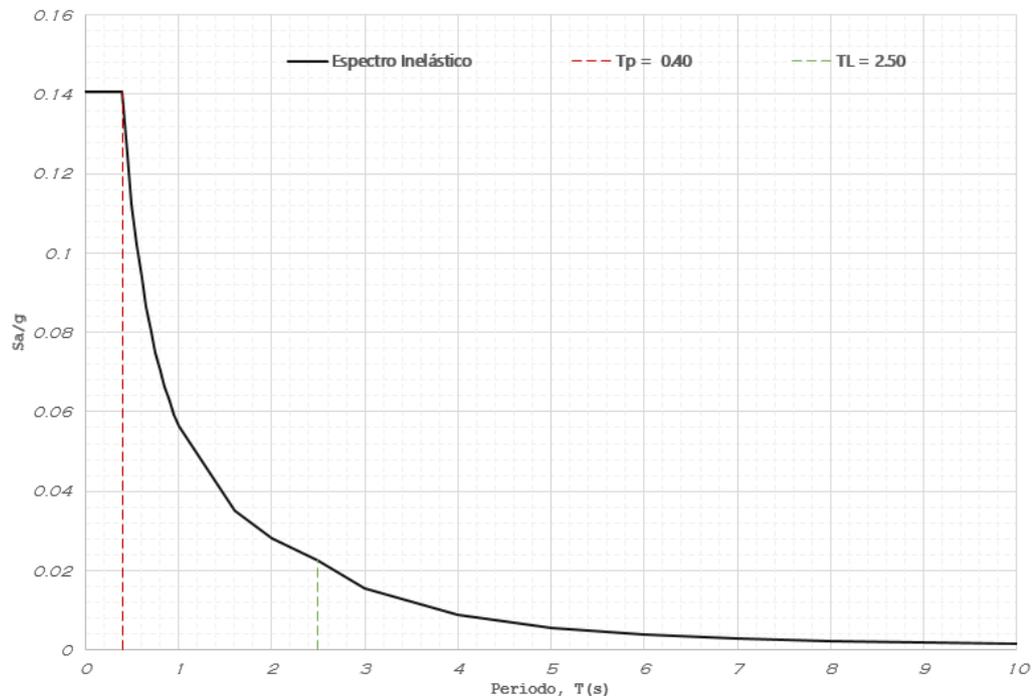


Figura 5: Espectro de diseño para el perfil tipo S₁

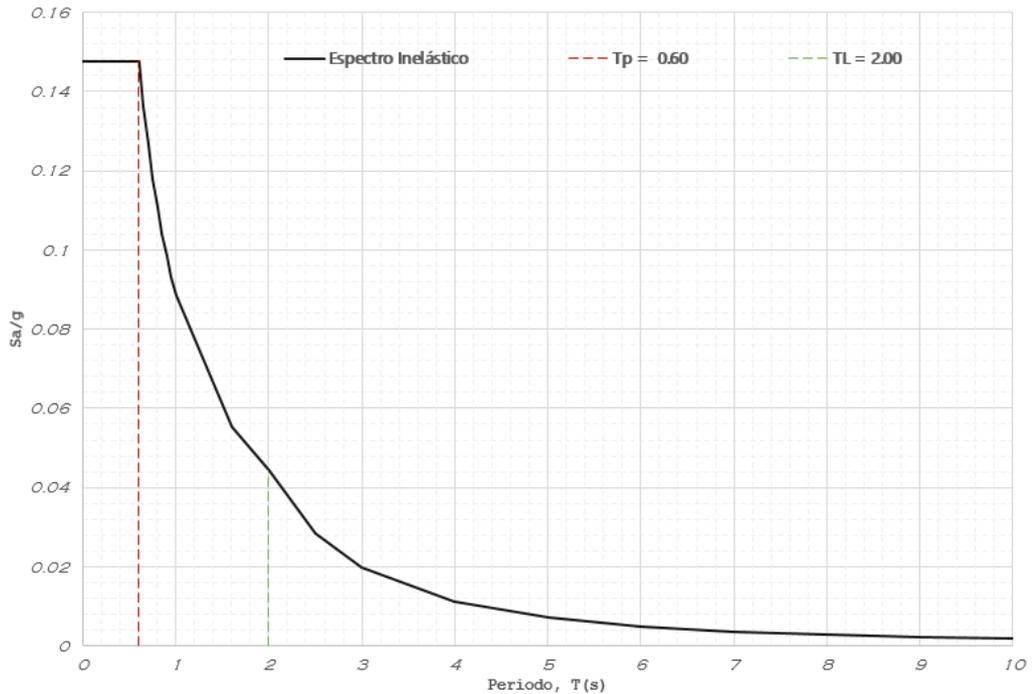


Figura 6: Espectro de diseño para el perfil tipo S₂

Los parámetros sísmicos que se implicaron para obtener los espectros de diseño, de acuerdo a la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente” son:

- Parámetros para el Espectro de Diseño de Perfil Tipo S₁

Parámetro de Zona	:	Z	=	0.45
Parámetro de Suelo	:	S	=	1.00
Periodo Corto	:	T _P	=	0.40
Periodo Largo	:	T _L	=	2.50
Parámetro de Uso	:	U	=	1.00
Parámetro Básico de Reducción	:	R _O	=	8
Irregularidad en Altura	:	I _a	=	1
Irregularidad en Planta	:	I _p	=	1
Parámetro de Reducción Sísmica	:	R	=	8

- **Parámetros para el Espectro de Diseño de Perfil Tipo S₂**

Parámetro de Zona	:	Z	=	0.45
Parámetro de Suelo	:	S	=	1.05
Periodo Corto	:	T _P	=	0.60
Periodo Largo	:	T _L	=	2.00
Parámetro de Uso	:	U	=	1.00
Parámetro Básico de Reducción	:	R _O	=	8
Irregularidad en Altura	:	I _a	=	1
Irregularidad en Planta	:	I _p	=	1
Parámetro de Reducción Sísmica	:	R	=	8

4.3 Análisis Estático y Dinámico

4.3.1 Análisis Estático

El análisis estático se basó en el Art. 28 según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, para cada edificación en estudio, como se muestra en la siguiente figura 7:

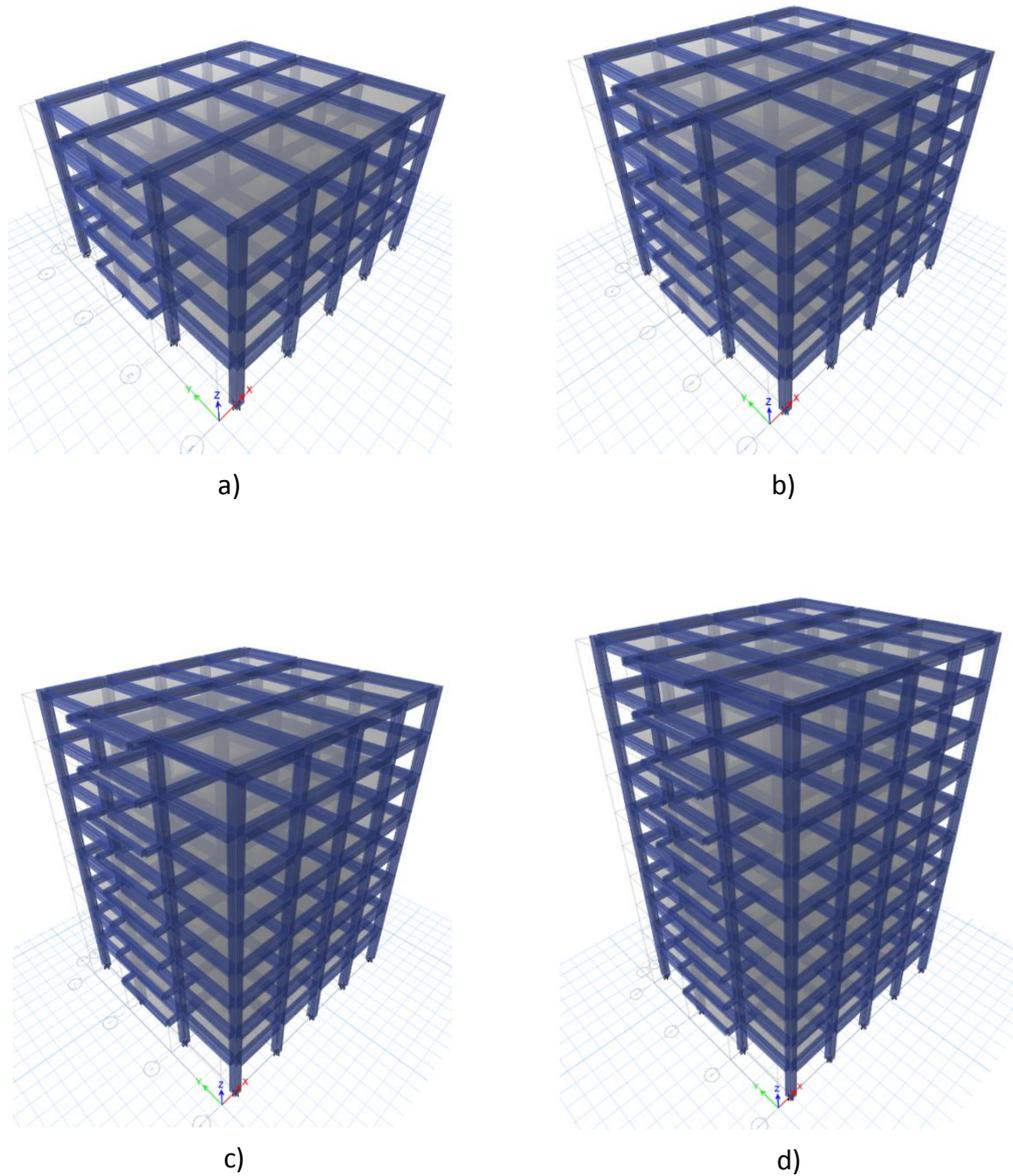


Figura 7: Estructuración de las edificaciones en ETABS 2016

- a) Vivienda de 4 Niveles, b) Viviendas de 6 Niveles,
- c) Viviendas de 8 Niveles, d) Viviendas de 10 Niveles

Este procedimiento de análisis interpreta las pretensiones sísmicas por medio de un grupo de fuerzas que actúan en el centro de masas de piso de la edificación.

Desarrollar este análisis no posibilita conseguir la fuerza cortante estática en la base, valor que se pondrá en comparación con la fuerza cortante dinámica y de ser necesario escalarlo, para cumplir con la fuerza cortante mínima.

A) Periodo Fundamental – “T”

Este valor se obtendrá por medio del programa ETABS 2016 para cada edificación, consiguiendo estos resultados del análisis.

Tabla 21: Periodos fundamentales “T” de las edificaciones en estudio

Edificación	Periodo Fundamental “T” (seg)	
	Sismo X	Sismo Y
Vivienda de 4 niveles	0.294	0.322
Vivienda de 6 niveles	0.431	0.476
Vivienda de 8 niveles	0.573	0.633
Vivienda de 10 niveles	0.719	0.795

Fuente: Elaboración Propia

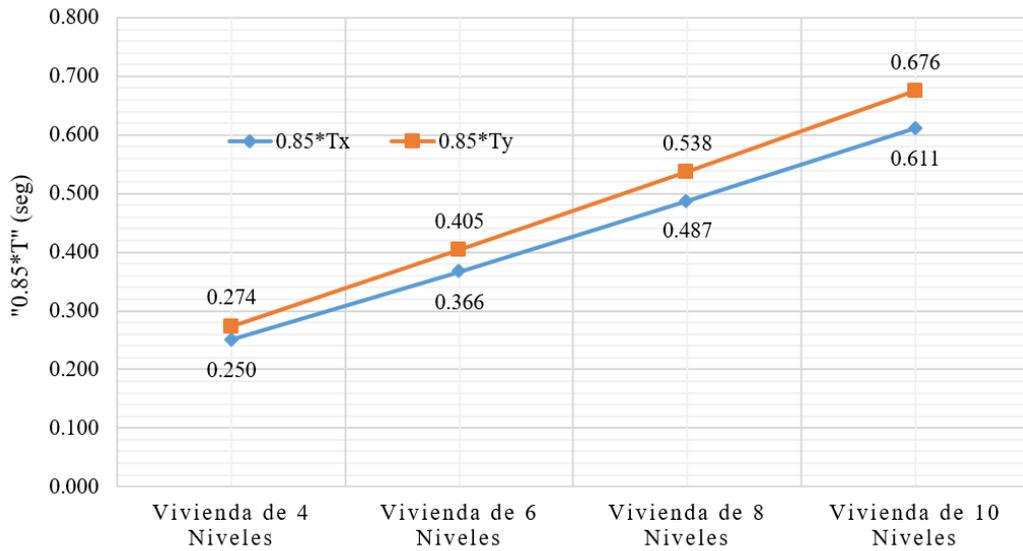
Con los valores obtenidos por medio del programa ETABS 2016 en la tabla anterior para cada caso de edificación en estudio, se multiplicará por 0.85 al valor “T”, ya que para este modelamiento no se consideró la rigidez de elementos no estructurales, estando así en la conforme con el Art. 28.4.3 de la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”.

Tabla 22: Periodos fundamentales “0.85*T” de las edificaciones en estudio

Edificación	Periodo Fundamental “0.85*T” (seg)	
	Sismo X	Sismo Y
Vivienda de 4 niveles	0.250	0.274
Vivienda de 6 niveles	0.366	0.405
Vivienda de 8 niveles	0.487	0.538
Vivienda de 10 niveles	0.611	0.676

Fuente: Elaboración Propia

Figura 8: Periodos fundamentales “0.85*T” de las edificaciones en estudio



En la figura 8 se aprecia que el 85% del periodo fundamental “0.85*T” según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente” varía en forma ascendente según el número de pisos sin tomar en cuenta el perfil del suelo de acuerdo a la simulación del sismo en la dirección x e y. Así mismo, la diferencia entre periodos (Tx e Ty) va aumentando según el número de pisos.

B) Coeficiente de Amplificación Sísmica – “C”

Este valor se obtendrá por medio de las fórmulas dadas en el Art. 14 de la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, tomando en cuenta que son perfiles de suelo (S₁ y S₂) en los que se evaluara las edificaciones.

$$T < T_P \quad , \quad C = 2.50$$

$$T_P < T < T_L \quad , \quad C = 2.50 \left(\frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad , \quad C = 2.50 \left(\frac{T_P T_L}{T^2} \right)$$

Donde:

T_P: Periodo Corto

T_L: Periodo Largo

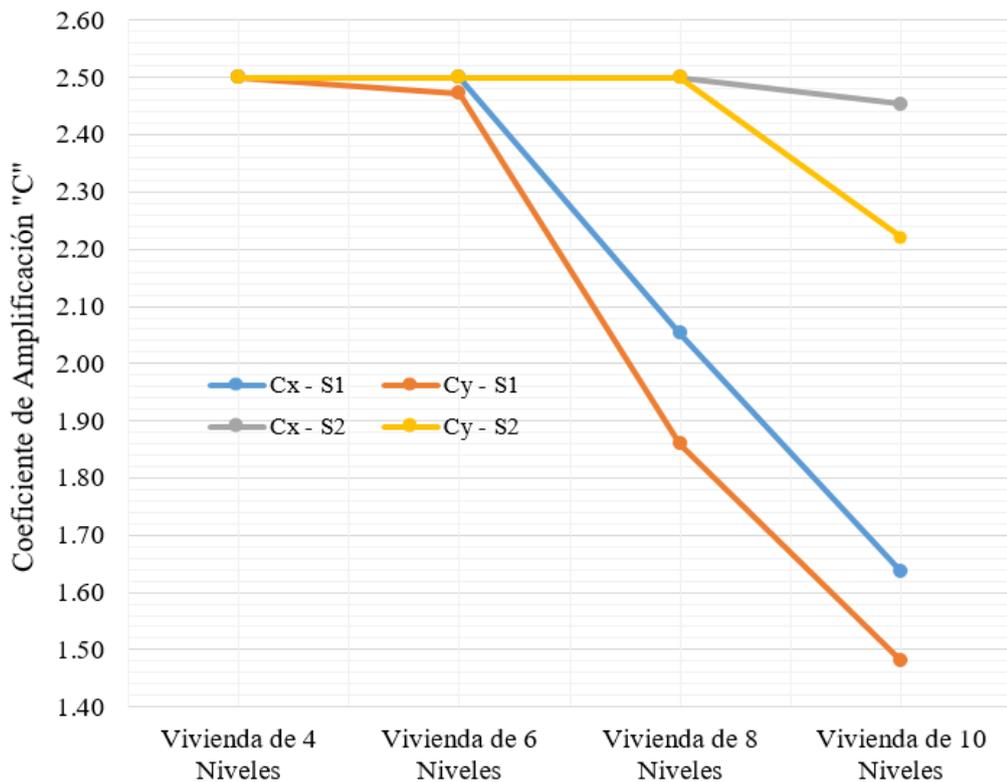
T: Periodo Fundamental de la Edificación

Tabla 23: Coeficiente de amplificación sísmica “C” de las edificaciones en estudio

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficiente de Amplificación “C”	
		Sismo X	Sismo Y
Vivienda de 4 niveles	S ₁	2.500	2.500
Vivienda de 6 niveles		2.500	2.472
Vivienda de 8 niveles		2.053	1.859
Vivienda de 10 niveles		1.636	1.480
Vivienda de 4 niveles	S ₂	2.500	2.500
Vivienda de 6 niveles		2.500	2.500
Vivienda de 8 niveles		2.500	2.500
Vivienda de 10 niveles		2.454	2.220

Fuente: Elaboración Propia

Figura 9: Coeficiente de amplificación sísmica “C” para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio



En la figura 9 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) decrece el valor del coeficiente de amplificación sísmica “C”. De igual forma se cumple un decrecimiento al tomar en cuenta el perfil del suelo, siendo los valores del perfil “S₂” mayores a los del “S₁”. También se puede observar que para viviendas de 4 y 6 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₁”, y para viviendas de 4, 6 y 8 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₂”, el valor de “C” en su mayoría se mantiene constante, para luego decrecer.

C) Cortante Estático en la Base – “V”

Este valor se obtendrá por medio de la fórmula dada en el Art. 28.2.1 de la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, tomando en cuenta los parámetros ya mencionados en el punto 6.2 de la presente tesis.

$$V = \frac{ZUCS}{R}P$$

Donde:

Z: Parámetro de Zona

U: Factor de Uso

C: Coeficiente de Amplificación Sísmica

S: Perfil del Suelo

R: Coeficiente de Reducción Sísmica

Además de tener que cumplir con la siguiente relación, dada en el Art. 28.2.2 de la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”.

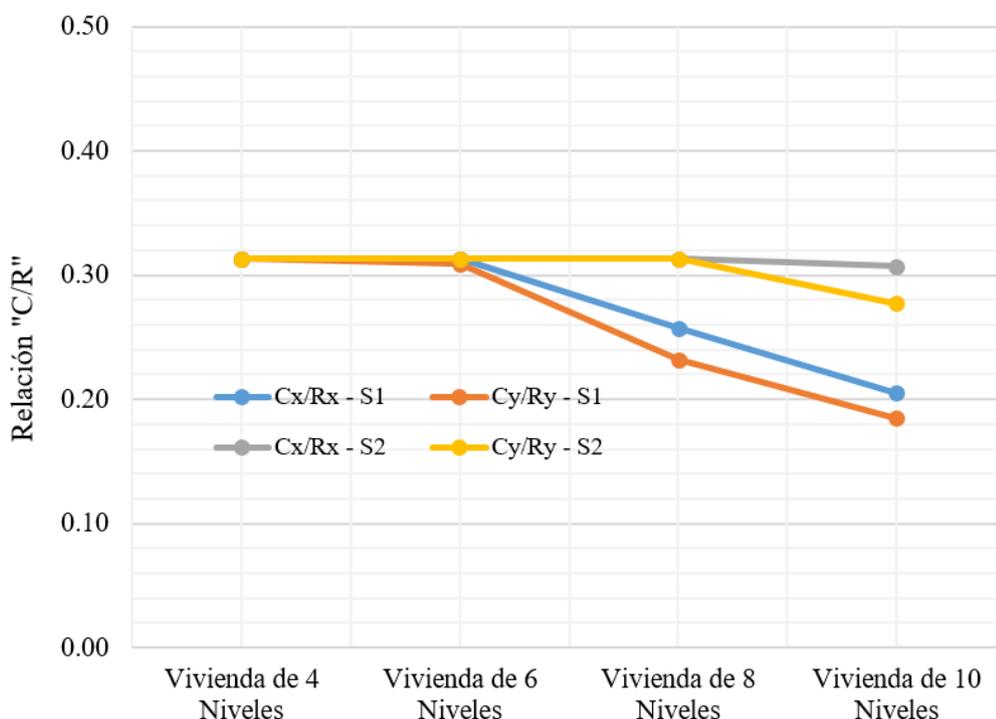
$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Tabla 24: Relación “C/R” de las edificaciones en estudio

Edificación	Perfil del Suelo	Relación “C/R”	
		Sismo X	Sismo Y
Vivienda de 4 niveles	S ₁	0.313	0.313
Vivienda de 6 niveles		0.313	0.309
Vivienda de 8 niveles		0.257	0.232
Vivienda de 10 niveles		0.205	0.185
Vivienda de 4 niveles	S ₂	0.313	0.313
Vivienda de 6 niveles		0.313	0.313
Vivienda de 8 niveles		0.313	0.313
Vivienda de 10 niveles		0.307	0.277

Fuente: Elaboración Propia

Figura 10: Relación “C/R” para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio



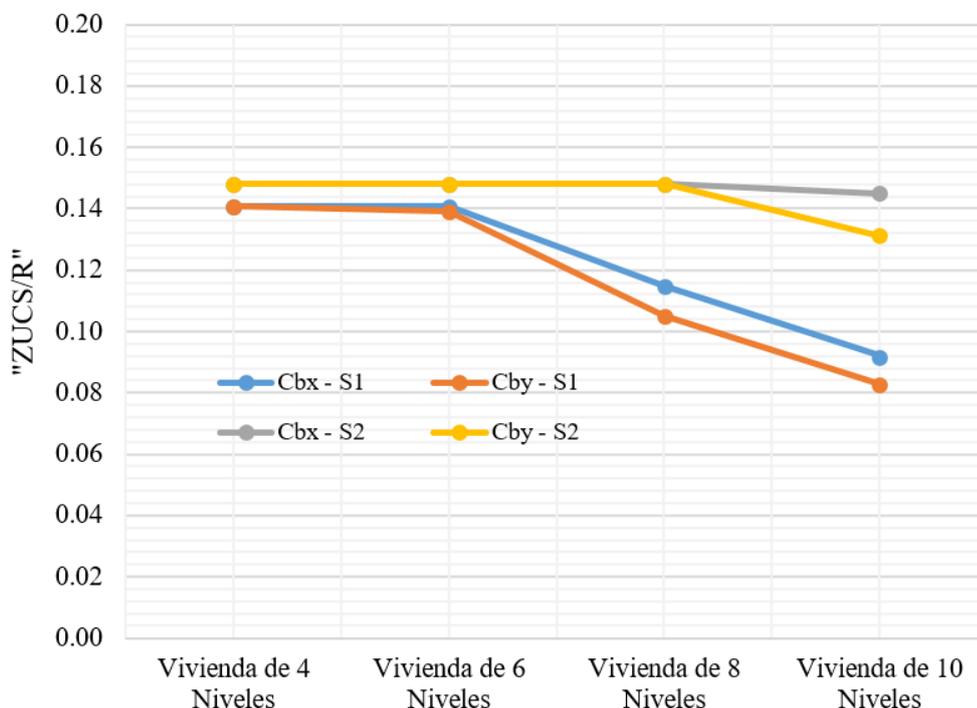
En la figura 10 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) decrece la relación entre el coeficiente de amplificación y el coeficiente de reducción (C/R). De igual forma se cumple un decrecimiento al tomar en cuenta el perfil del suelo, siendo los valores del perfil “S₂” mayores a los del perfil “S₁”. También se puede observar que para viviendas de 4 y 6 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₁”, y para viviendas de 4, 6 y 8 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₂”, el valor de la relación “C/R” en su mayoría se mantiene constante, para luego decrecer.

Tabla 25: Valor de “ZUCS/R” de las edificaciones en estudio

Edificación	Perfil del Suelo	Valor “ZUCS/R”	
		Sismo X	Sismo Y
Vivienda de 4 niveles	S ₁	0.141	0.141
Vivienda de 6 niveles		0.141	0.139
Vivienda de 8 niveles		0.115	0.105
Vivienda de 10 niveles		0.092	0.083
Vivienda de 4 niveles	S ₂	0.148	0.148
Vivienda de 6 niveles		0.148	0.148
Vivienda de 8 niveles		0.148	0.148
Vivienda de 10 niveles		0.145	0.131

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Valor de “ZUCS/R” para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio



En la figura 11 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) decrece el valor de ZUCS/R. De igual forma se cumple un decrecimiento al tomar en cuenta el perfil del suelo, siendo los valores del perfil “S₂” mayores a los del perfil “S₁”. También se puede observar que para viviendas de 4 y 6 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₁”, y para viviendas de 4, 6 y 8 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₂”, el valor de ZUCS/R en su mayoría se mantiene constante, para luego decrecer.

Para el caso de Peso Efectivo, se tomó del Art. 26 de la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, haciendo una sumatoria de cada piso hasta el techo.

Tabla 26: Valor del peso efectivo “P” de las edificaciones en estudio

Edificación	Valor “P” (Ton.f)
Vivienda de 4 niveles	982.324
Vivienda de 6 niveles	1500.560
Vivienda de 8 niveles	2018.797
Vivienda de 10 niveles	2537.034

Fuente: Elaboración Propia

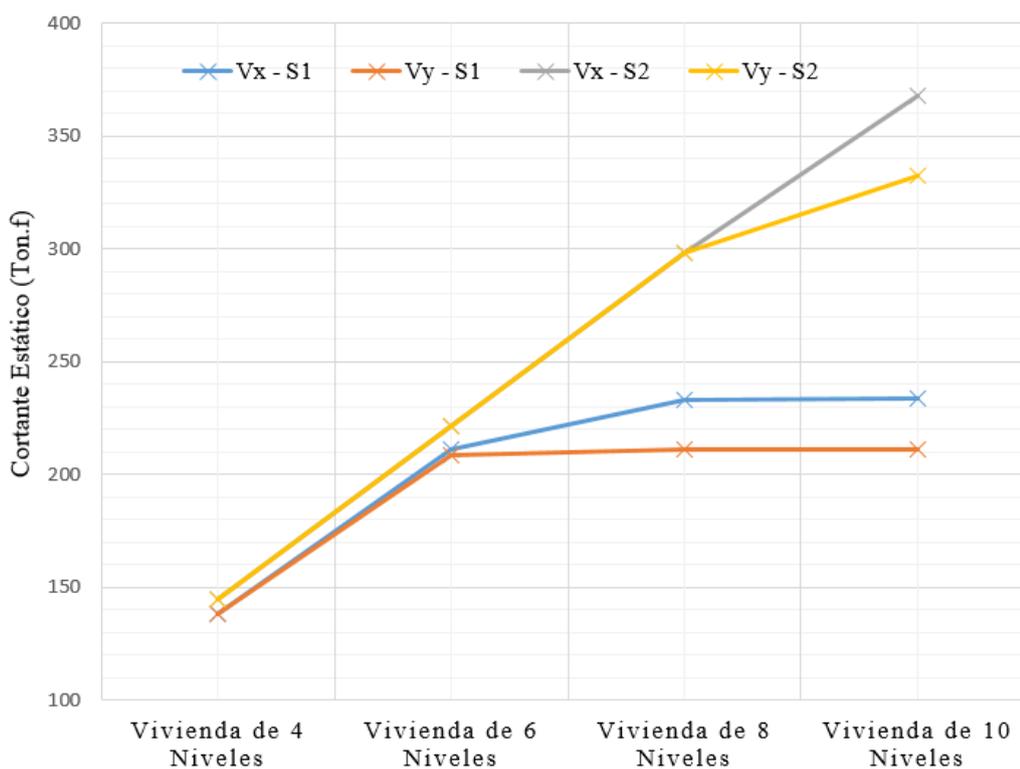
Y para finalizar, el cortante en la base por efecto del análisis estático para cada edificación es representada en la tabla siguiente:

Tabla 27: Fuerza cortante en la base estática “V” de las edificaciones en estudio

Edificación	Perfil del Suelo	V _{ESTÁTICO} (Ton.f)	
		Sismo X	Sismo Y
Vivienda de 4 niveles	S ₁	138.139	138.139
Vivienda de 6 niveles		211.016	208.617
Vivienda de 8 niveles		233.153	211.053
Vivienda de 10 niveles		233.509	211.185
Vivienda de 4 niveles	S ₂	145.046	145.046
Vivienda de 6 niveles		221.567	221.567
Vivienda de 8 niveles		298.088	298.088
Vivienda de 10 niveles		367.774	332.615

Fuente: Elaboración Propia

Figura 12: Fuerza cortante en la base estática “V” (Ton*f) para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio



En la figura 12 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aumenta el valor de la cortante estática. De igual forma se cumple un aumento al tomar en cuenta el perfil del suelo, siendo los valores del perfil “S₂” mayores a los del perfil “S₁”. También se puede observar que para viviendas de 4 y 6 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₁”, y para viviendas de 4, 6 y 8 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₂”, el valor de la cortante en la base en su mayoría es cercano, para luego aumentar su diferencia en ambos.

4.3.2 Análisis Dinámico

El análisis dinámico se basó en el Art. según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, para cada edificación en estudio. Siendo un conjunto del Análisis Modal y Análisis Espectral.

Desarrollar este análisis no posibilita conseguir el periodo de vibración y la cantidad mínima de modos en el cual supera el 90% de la masa participativa, por el Análisis Modal al considerar la Vibración Libre; y el desplazamiento lateral y la fuerza de diseño por sismo, por el Análisis Espectral al hacer una Simulación de Sismo.

A) Cortante Dinámico en la Base – “V_{DINÁMICO}”

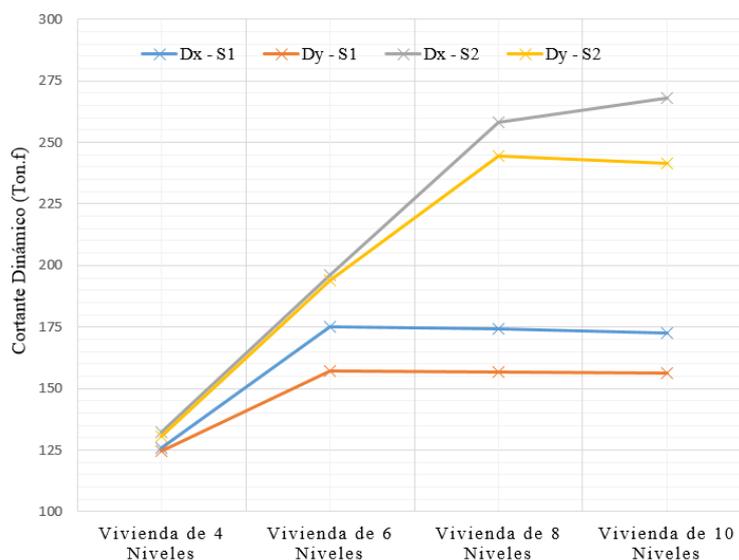
Este cortante fue hallado mediante el programa ETABS 2016, al incorporar los espectros de diseño para perfil de suelo a las edificaciones en estudio. Teniendo como resultado la siguiente tabla.

Tabla 28: Fuerza cortante en la base dinámica de las edificaciones en estudio

Edificación	Perfil del Suelo	V _{DINÁMICO} (Ton.f)	
		Sismo X	Sismo Y
Vivienda de 4 niveles	S ₁	125.991	124.479
Vivienda de 6 niveles		175.064	157.240
Vivienda de 8 niveles		174.103	156.703
Vivienda de 10 niveles		172.717	156.044
Vivienda de 4 niveles	S ₂	132.290	130.703
Vivienda de 6 niveles		195.973	194.011
Vivienda de 8 niveles		258.156	244.294
Vivienda de 10 niveles		268.032	241.412

Fuente: Elaboración Propia

Figura 13: Fuerza cortante en la base dinámica “D” (Ton*f) para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio



En la figura 13 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aumenta el valor de la cortante dinámica en viviendas de 4 a 6 niveles para luego decrecer en vivienda de 8 y 10 niveles, en perfil del suelo “S₁”. Así mismo, aumenta el valor de la cortante dinámica en viviendas de 4, 6 y 8 niveles para luego decrecer en viviendas 10 niveles, en perfil del suelo “S₂” y en la dirección del sismo en Y. Solo aumenta el valor de la cortante dinámica en viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles en perfil del suelo “S₂” y en la dirección del sismo en X. De igual forma se cumple un aumento al tomar en cuenta el perfil del suelo, siendo los valores del perfil “S₂” mayores a los del perfil “S₁”. También se puede observar que para viviendas de 4 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₁”, y para viviendas de 4 y 6 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₂”, el valor de la cortante en la base en su mayoría es cercano, para luego aumentar su diferencia en ambos.

B) Fuerza Cortante Mínima – “F.E.”

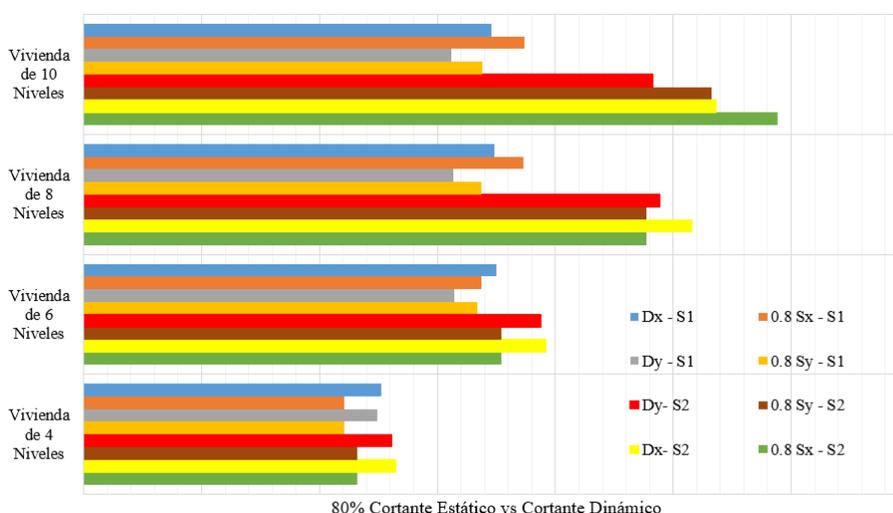
Este Factor Escala “F.E.” se obtendrá por medio de las fórmulas dadas en el Art. 29.4 de la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, donde compararemos los cortantes estáticos y dinámicos, llegando a una relación ($V_{DINÁMICO} \geq 80\% V_{ESTÁTICO}$) donde F.E. = 1 y de no cumplirse se escalarán los resultados con el F.E. = $80\% (V_{ESTÁTICO} / V_{DINÁMICO})$.

Tabla 29: Factor de escala de las edificaciones en estudio

Vivienda	Perfil de Suelo	V _{DINÁMICO} (Ton.f)		V _{ESTÁTICO} (Ton.f)		F.E.	
		Sismo X	Sismo Y	Sismo X	Sismo Y	Sismo X	Sismo Y
4 Pisos	S ₁	125.991	124.479	138.139	138.139	1.000	1.000
6 Pisos		175.064	157.240	211.016	208.617	1.000	1.061
8 Pisos		174.103	156.703	233.153	211.053	1.071	1.077
10 Pisos		172.717	156.044	233.509	211.185	1.082	1.083
4 Pisos	S ₂	132.290	130.703	145.046	145.046	1.000	1.000
6 Pisos		195.973	194.011	221.567	221.567	1.000	1.000
8 Pisos		258.156	244.294	298.088	298.088	1.000	1.000
10 Pisos		268.032	241.412	367.774	332.615	1.098	1.102

Fuente: Elaboración Propia

Figura 14: Factor de escala para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio



En la figura 14 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y), cumple que el 80% de la cortante basal estática es menor a la dinámica para las viviendas de 4 niveles, tanto en perfil de suelo “S₁” y “S₂”. De la misma forma para las viviendas de 10 niveles, solo que el 80% de la cortante estática es mayor a la cortante dinámica, tanto en perfil de suelo “S₁” y “S₂”. Para viviendas de 6 niveles en el perfil de suelo “S₁” simulado por el sismo en la dirección Y, el 80% de la cortante estática es mayor a la cortante dinámica; mientras que para el sismo en la dirección X, es lo inverso. Así mismo, para viviendas de 6 niveles en el perfil “S₂” simulado por el sismo (X e Y), el 80% de la cortante estática es menor a la cortante dinámica. Y en el caso de viviendas de 8 niveles en el perfil de suelo “S₁” simulado por el sismo en la dirección (X e Y), el 80% de la cortante estática es mayor a la cortante dinámica. Así mismo, para viviendas de 8 niveles en el perfil “S₂” simulado por el sismo (X e Y), el 80% de la cortante estática es menor a la cortante dinámica. Por ello que el factor escala (F.E.) para viviendas de 4, 6 y 8 niveles en el perfil del suelo “S₂” bajo el sismo (X e Y); viviendas de 4 niveles en el perfil del suelo “S₁” bajo el sismo (X e Y), y viviendas de 6 niveles en el perfil del suelo “S₁” bajo el sismo (X), el valor es de 1; para el resto de caso es de acuerdo a la proporción.

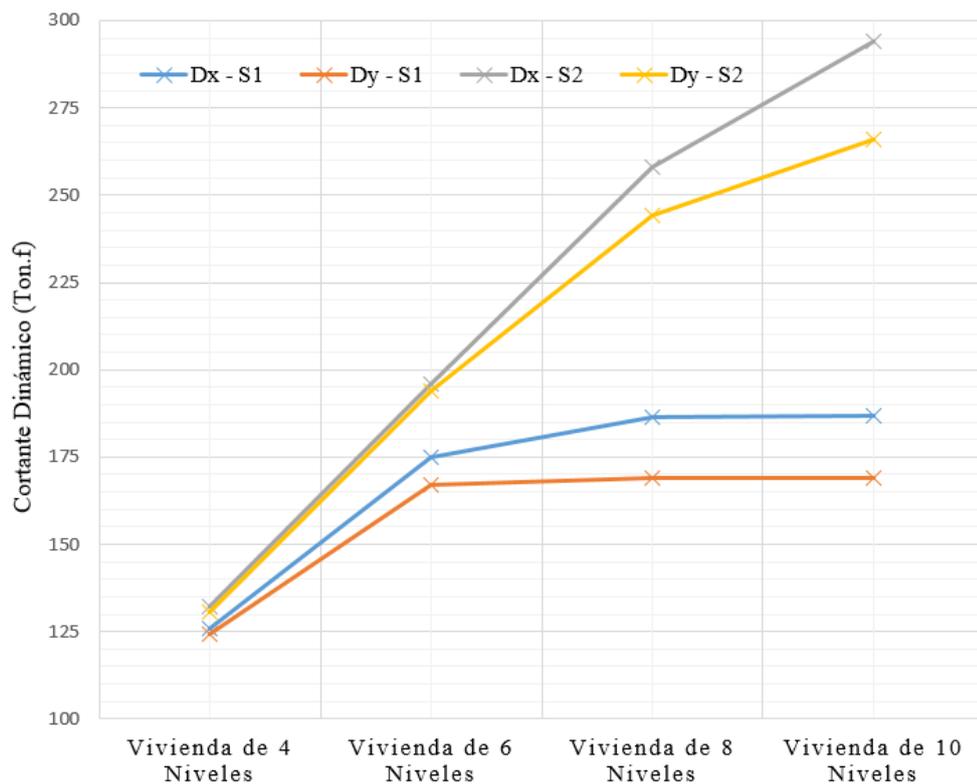
Los factores de escalan que difieran del valor unitario, se ingresarán en el programa ETABS, para poder obtener los resultados óptimos para el análisis dinámico, los cuales darán un cortante dinámico escalado como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 30: Fuerza cortante dinámica escalada en la base de las edificaciones en estudio

Edificación	Perfil del Suelo	V _{DINÁMICO} (Ton.f)	
		Sismo X	Sismo Y
Vivienda de 4 niveles	S ₁	125.991	124.479
Vivienda de 6 niveles		175.064	166.894
Vivienda de 8 niveles		186.523	168.843
Vivienda de 10 niveles		186.808	168.948
Vivienda de 4 niveles	S ₂	132.290	130.703
Vivienda de 6 niveles		195.973	194.011
Vivienda de 8 niveles		258.156	244.294
Vivienda de 10 niveles		294.220	266.092

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15: Fuerza cortante dinámica escalada en la base para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio



En la figura 15 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aumenta el valor de la cortante dinámica. De igual forma se cumple un aumento al tomar en cuenta el perfil del suelo, siendo los valores del perfil “S₂” mayores a los del perfil “S₁”. También se puede observar que para viviendas de 4 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₁”, y para viviendas de 4 y 6 niveles ubicadas en el perfil de suelo “S₂”, el valor de la cortante en la base en su mayoría es cercano, para luego aumentar la diferencia en ambos.

C) Validación de la Estructura

Para este punto se tomó en cuenta la ETAPA 4 del ANEXO I según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, para dar validez al análisis a cada edificación en estudio deberá cumplir con requisitos de regularidad y rigidez.

C.1) Verificación de las Hipótesis del Análisis

Se comprobará los factores de irregularidad, con los resultados del análisis estático y dinámico aplicados a la edificación. Teniendo en cuenta que el análisis estático debe cumplir con el Art. 28.1 según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”.

Tabla 31: Regularidad estructural de las edificaciones en estudio

Edificación	Perfil del Suelo	Regularidad Estructural	
		Análisis Estático	
		Ia	Ip
Vivienda de 4 niveles	S ₁	1	1
Vivienda de 6 niveles		1	1
Vivienda de 8 niveles		1	1
Vivienda de 10 niveles		1	1
Vivienda de 4 niveles	S ₂	1	1
Vivienda de 6 niveles		1	1
Vivienda de 8 niveles		1	1
Vivienda de 10 niveles		1	1

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al Art. 22 de la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, los nuevo “R”:

Tabla 32: Factor de reducción de las fuerzas sísmicas “R”

Edificación	Perfil del Suelo	Factor de Reducción “R”	
		Análisis Estático	
		R _x	R _y
Vivienda de 4 niveles	S ₁	8	8
Vivienda de 6 niveles		8	8
Vivienda de 8 niveles		8	8
Vivienda de 10 niveles		8	8
Vivienda de 4 niveles	S ₂	8	8
Vivienda de 6 niveles		8	8
Vivienda de 8 niveles		8	8
Vivienda de 10 niveles		8	8

Fuente: Elaboración Propia

C.2) Restricciones a la Irregularidad

Se comprobará las limitaciones de irregularidad, con los resultados del análisis estático y dinámico aplicados a la edificación. Teniendo en cuenta que se debe cumplir con el Art. 21 según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”.

Debido a que nos encontramos en la Zona Sísmica “Z₄” y las edificaciones son de categoría “C”, no se permitirán irregularidades extremas según la Tabla 10 de la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”.

Tabla 33: Restricciones a la irregularidad de las edificaciones en estudio

Edificación	Perfil del Suelo	Restricción a la Irregularidad
		Análisis Estático
Vivienda de 4 niveles	S ₁	No presenta
Vivienda de 6 niveles		No presenta
Vivienda de 8 niveles		No presenta
Vivienda de 10 niveles		No presenta
Vivienda de 4 niveles	S ₂	No presenta
Vivienda de 6 niveles		No presenta
Vivienda de 8 niveles		No presenta
Vivienda de 10 niveles		No presenta

Fuente: Elaboración Propia

C.3) Determinación de Desplazamientos Laterales

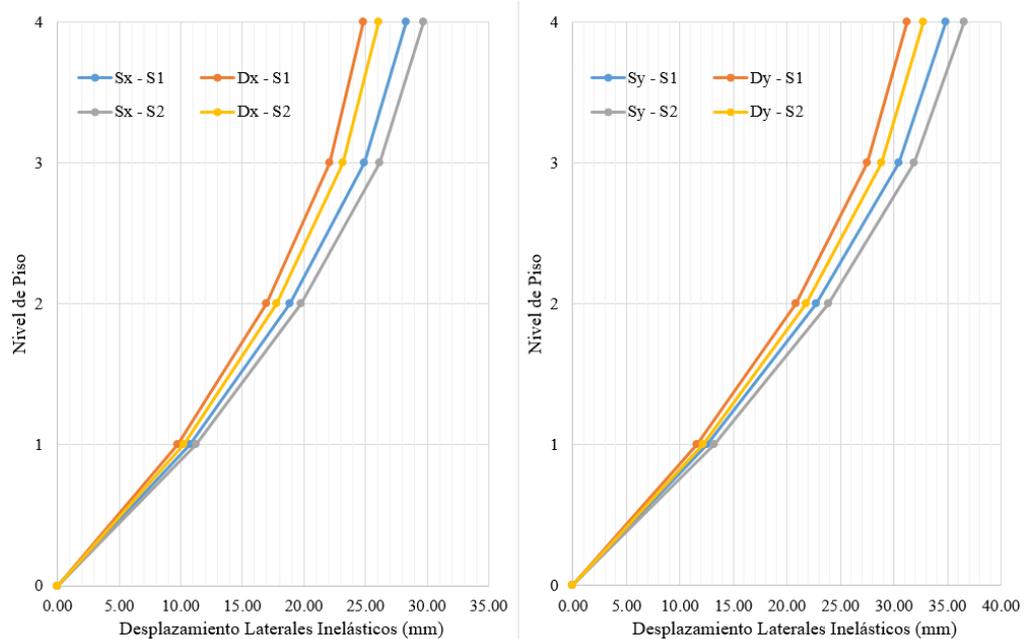
Tendremos en cuenta el Art. 31 según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, para poder determinar los desplazamientos laterales, se multiplicará al valor obtenido del análisis lineal elástico por el 75% de R para estructuras regulares y el 85% de R para estructuras irregulares.

Tabla 34: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 4 niveles

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Desplazamientos Laterales (m)			
			Análisis Estático		Análisis Dinámico	
			Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Vivienda de 4 niveles	4° Nivel	S ₁	0.028290	0.034818	0.024858	0.031218
	3° Nivel		0.024876	0.030414	0.022068	0.027498
	2° Nivel		0.018846	0.022746	0.016920	0.020784
	1° Nivel		0.010752	0.012534	0.009750	0.011556
	4° Nivel	S ₂	0.029706	0.036558	0.026100	0.032778
	3° Nivel		0.026118	0.031932	0.023166	0.028872
	2° Nivel		0.019788	0.023880	0.017766	0.021822
	1° Nivel		0.011286	0.013164	0.010236	0.012132

Fuente: Elaboración Propia

Figura 16: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 4 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)



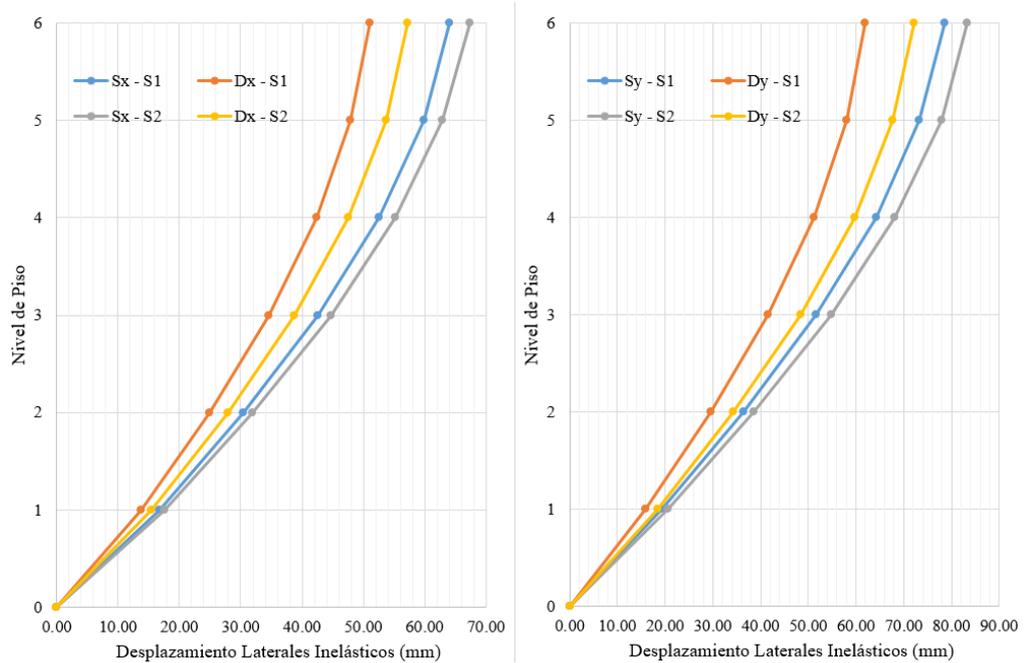
En la figura 16 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a la vivienda de 4 niveles aumenta el valor del desplazamiento lateral inelástico de acuerdo al análisis (Del Dinámico al Estático) y al perfil del suelo (Del S₁ al S₂). Así mismo, se observa que aumenta de manera progresiva por cada nivel de piso.

Tabla 35: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 6 niveles

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Desplazamientos Laterales (m)			
			Análisis Estático		Análisis Dinámico	
			Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Vivienda de 6 niveles	6° Nivel	S ₁	0.064110	0.078528	0.051018	0.061848
	5° Nivel		0.059910	0.073320	0.047934	0.058044
	4° Nivel		0.052596	0.064236	0.042420	0.051240
	3° Nivel		0.042528	0.051642	0.034614	0.041550
	2° Nivel		0.030372	0.036390	0.024936	0.029520
	1° Nivel		0.016740	0.019362	0.013836	0.015810
	6° Nivel	S ₂	0.067314	0.083406	0.057144	0.072120
	5° Nivel		0.062904	0.077868	0.053694	0.067692
	4° Nivel		0.055224	0.068220	0.047526	0.059766
	3° Nivel		0.044652	0.054852	0.038772	0.048456
	2° Nivel		0.031896	0.038652	0.027924	0.034404
	1° Nivel		0.017580	0.020568	0.015486	0.018408

Fuente: Elaboración Propia

Figura 17: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 6 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)



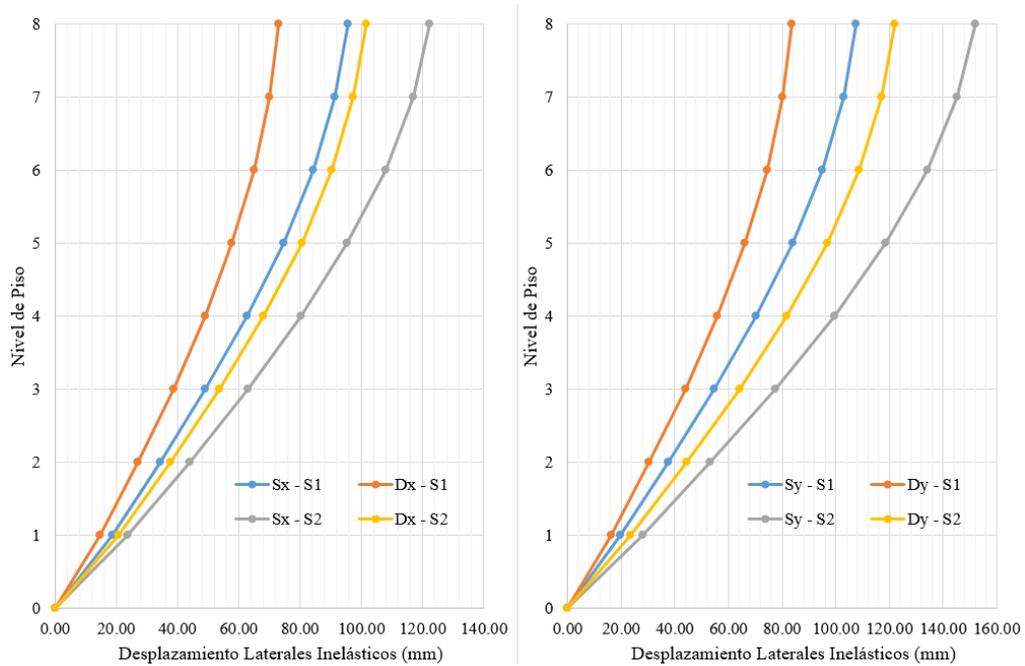
En la figura 17 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a la vivienda de 6 niveles aumenta el valor del desplazamiento lateral inelástico de acuerdo al análisis (Del Dinámico al Estático) y al perfil del suelo (Del S₁ al S₂). Así mismo, se observa que aumenta de manera progresiva por cada nivel de piso.

Tabla 36: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 8 niveles

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Desplazamientos Laterales (m)			
			Análisis Estático		Análisis Dinámico	
			Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Vivienda de 8 niveles	8º Nivel	S ₁	0.095742	0.107652	0.073038	0.083628
	7º Nivel		0.091458	0.102918	0.069978	0.080208
	6º Nivel		0.084390	0.094986	0.064890	0.074400
	5º Nivel		0.074688	0.083988	0.057798	0.066228
	4º Nivel		0.062802	0.070416	0.048960	0.055968
	3º Nivel		0.049200	0.054816	0.038664	0.043950
	2º Nivel		0.034374	0.037758	0.027216	0.030528
	1º Nivel		0.018678	0.019800	0.014880	0.016122
	8º Nivel	S ₂	0.122406	0.152046	0.101688	0.122112
	7º Nivel		0.116934	0.145362	0.097470	0.117174
	6º Nivel		0.107892	0.134160	0.090414	0.108750
	5º Nivel		0.095490	0.118626	0.080538	0.096810
	4º Nivel		0.080292	0.099456	0.068184	0.081744
	3º Nivel		0.062904	0.077424	0.053772	0.064074
	2º Nivel		0.043944	0.053328	0.037788	0.044406
	1º Nivel		0.023880	0.027966	0.020622	0.023400

Fuente: Elaboración Propia

Figura 18: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 8 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)



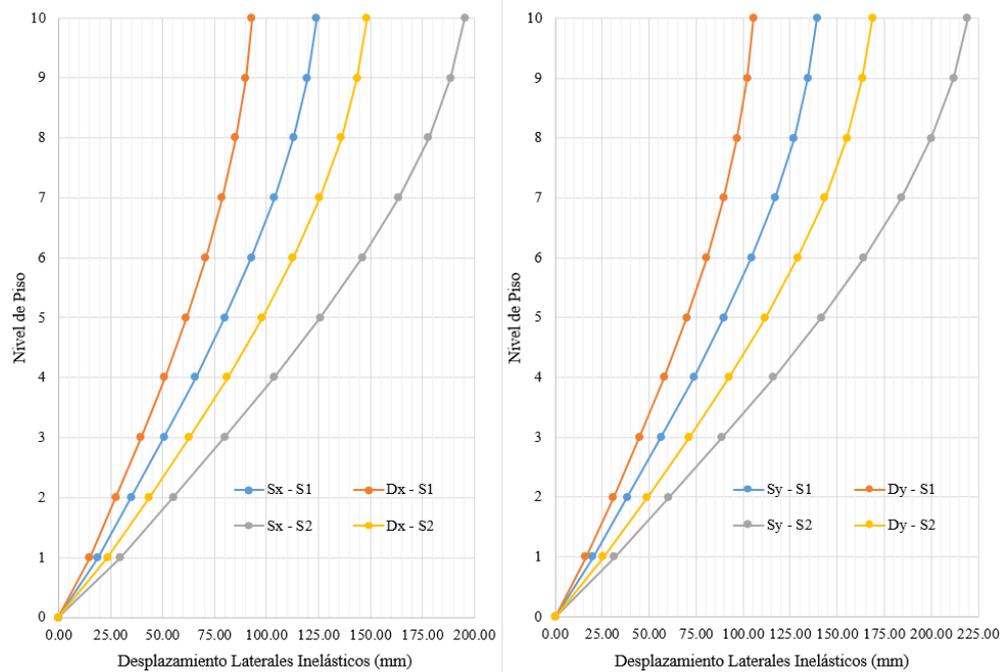
En la figura 18 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a la vivienda de 8 niveles aumenta el valor del desplazamiento lateral inelástico de acuerdo al análisis (Del Dinámico al Estático) y al perfil del suelo (Del S₁ al S₂). Así mismo, se observa que aumenta de manera progresiva por cada nivel de piso.

Tabla 37: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 10 niveles

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Desplazamientos Laterales (m)			
			Análisis Estático		Análisis Dinámico	
			Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Vivienda de 10 niveles	10° Nivel	S ₁	0.124170	0.139272	0.093096	0.105618
	9° Nivel		0.119754	0.134544	0.089964	0.102258
	8° Nivel		0.112956	0.127062	0.085146	0.096930
	7° Nivel		0.103842	0.116874	0.078654	0.089634
	6° Nivel		0.092724	0.104328	0.070674	0.080580
	5° Nivel		0.079932	0.089808	0.061392	0.069972
	4° Nivel		0.065814	0.073716	0.050994	0.058020
	3° Nivel		0.050712	0.056442	0.039672	0.044916
	2° Nivel		0.034986	0.038394	0.027618	0.030882
	1° Nivel		0.018846	0.019962	0.014988	0.016200
	10° Nivel	S ₂	0.195570	0.219354	0.148440	0.168828
	9° Nivel		0.188616	0.211902	0.143514	0.163560
	8° Nivel		0.177906	0.200118	0.135918	0.155160
	7° Nivel		0.163548	0.184074	0.125604	0.143556
	6° Nivel		0.146034	0.164316	0.112836	0.129024
	5° Nivel		0.125886	0.141450	0.097920	0.111900
	4° Nivel		0.103656	0.116100	0.081180	0.092568
	3° Nivel		0.079872	0.088896	0.062982	0.071424
	2° Nivel		0.055104	0.060474	0.043716	0.048930
	1° Nivel		0.029682	0.031440	0.023658	0.025590

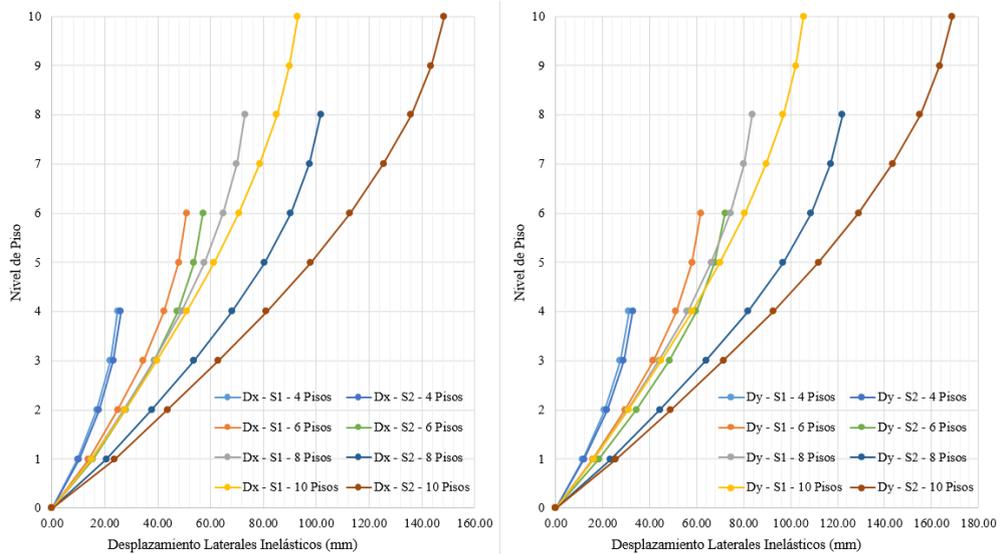
Fuente: Elaboración Propia

Figura 19: Desplazamientos laterales inelásticos de vivienda de 10 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)



En la figura 19 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a la vivienda de 10 niveles aumenta el valor del desplazamiento lateral inelástico de acuerdo al análisis (Del Dinámico al Estático) y al perfil del suelo (Del S₁ al S₂). Así mismo, se observa que aumenta de manera progresiva por cada nivel de piso.

Figura 20: Desplazamientos laterales inelásticos para cada dirección del sismo (X e Y) de las edificaciones en estudio



En la figura 20 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a las viviendas en estudio aumenta la diferencia en valores según el perfil del suelo (S₁ y S₂) a medida que se aumenta los niveles de piso. Así mismo en ambos casos de sismo (X e Y) se observa que el desplazamiento máximo de una vivienda de 10 pisos es menor al de la vivienda de 8 pisos.

C.4) Distorsión Admisible

Tendremos en cuenta el Art. 32 según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, para poder determinar las distorsiones admisibles por nivel, en el cual consiste en relacionar el desplazamiento lateral inelástico relativo y la altura del piso a evaluar.

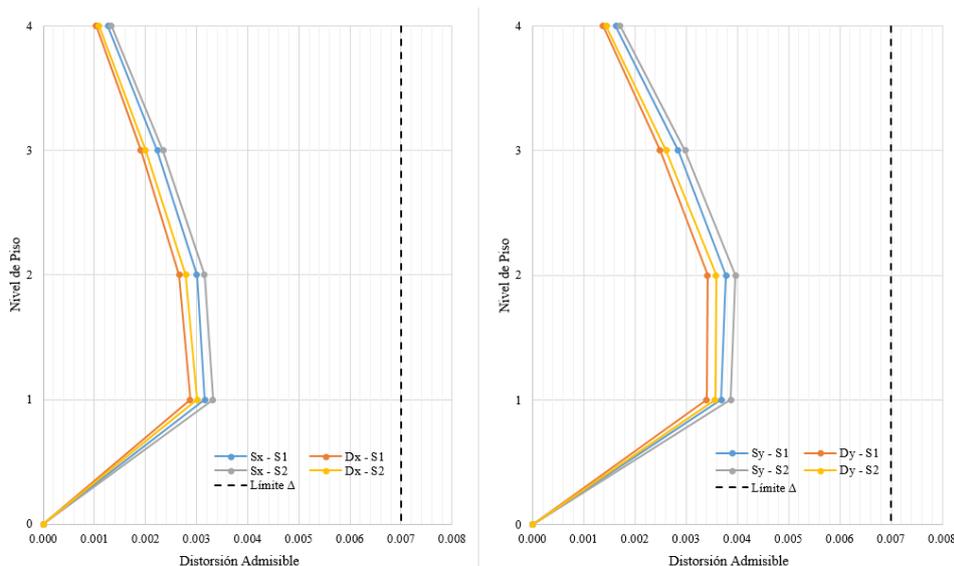
Para nuestro caso los valores no deberán exceder los $\Delta=0.007$ de distorsión, ya que nuestro material predominante es de Concreto Armado, de cual nos basamos de la TABLA N° 11.

Tabla 38: Distorsión admisible de vivienda de 4 niveles

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Distorsión Admisible			
			Análisis Estático		Análisis Dinámico	
			Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Vivienda de 4 niveles	4° Nivel	S ₁	0.0012644	0.0016311	0.0010333	0.0013778
	3° Nivel		0.0022333	0.0028400	0.0019067	0.0024867
	2° Nivel		0.0029978	0.0037822	0.0026556	0.0034178
	1° Nivel		0.0031624	0.0036865	0.0028676	0.0033988
	4° Nivel	S ₂	0.0013289	0.0017133	0.0010867	0.0014467
	3° Nivel		0.0023444	0.0029822	0.0020000	0.0026111
	2° Nivel		0.0031489	0.0039689	0.0027889	0.0035889
	1° Nivel		0.0033194	0.0038718	0.0030106	0.0035682

Fuente: Elaboración Propia

Figura 21: Distorsión admisible de vivienda de 4 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)



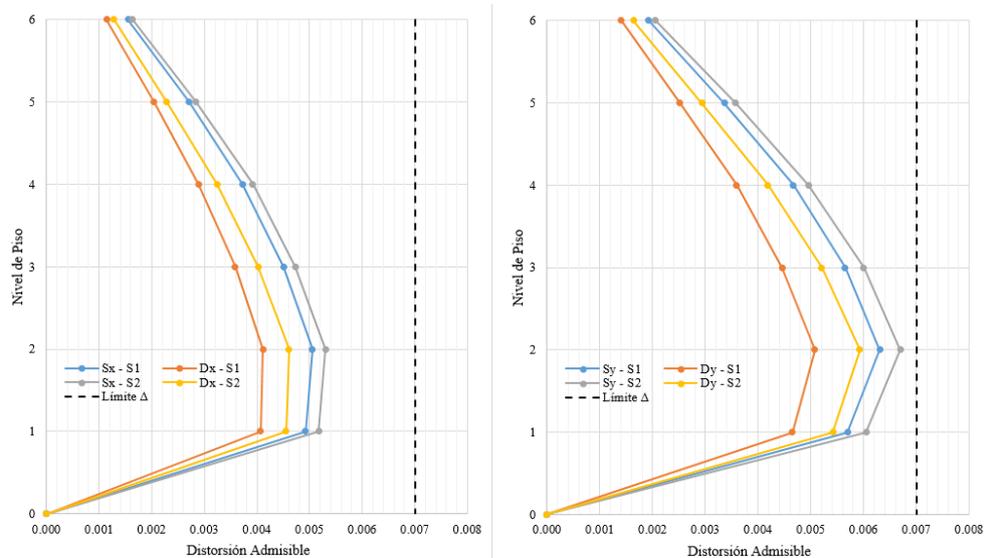
En la figura 21 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a la vivienda de 4 niveles, las derivas del estático son mayores a las del dinámico, lo cual aplica también según el perfil del suelo (S₁ y S₂). Así mismo, cabe indicar que en ningún caso pasa el límite permitido.

Tabla 39: Distorsión admisible de vivienda de 6 niveles

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Distorsión Admisible			
			Análisis Estático		Análisis Dinámico	
			Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Vivienda de 6 niveles	6° Nivel	S ₁	0.0015556	0.0019289	0.0011422	0.0014089
	5° Nivel		0.0027089	0.0033644	0.0020422	0.0025200
	4° Nivel		0.0037289	0.0046644	0.0028911	0.0035889
	3° Nivel		0.0045022	0.0056489	0.0035844	0.0044556
	2° Nivel		0.0050489	0.0063067	0.0041111	0.0050778
	1° Nivel		0.0049235	0.0056947	0.0040694	0.0046500
	6° Nivel	S ₂	0.0016333	0.0020511	0.0012778	0.0016400
	5° Nivel		0.0028444	0.0035733	0.0022844	0.0029356
	4° Nivel		0.0039156	0.0049511	0.0032422	0.0041889
	3° Nivel		0.0047244	0.0060000	0.0040178	0.0052044
	2° Nivel		0.0053022	0.0066978	0.0046067	0.0059244
	1° Nivel		0.0051706	0.0060494	0.0045547	0.0054141

Fuente: Elaboración Propia

Figura 22: Distorsión admisible de vivienda de 6 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)



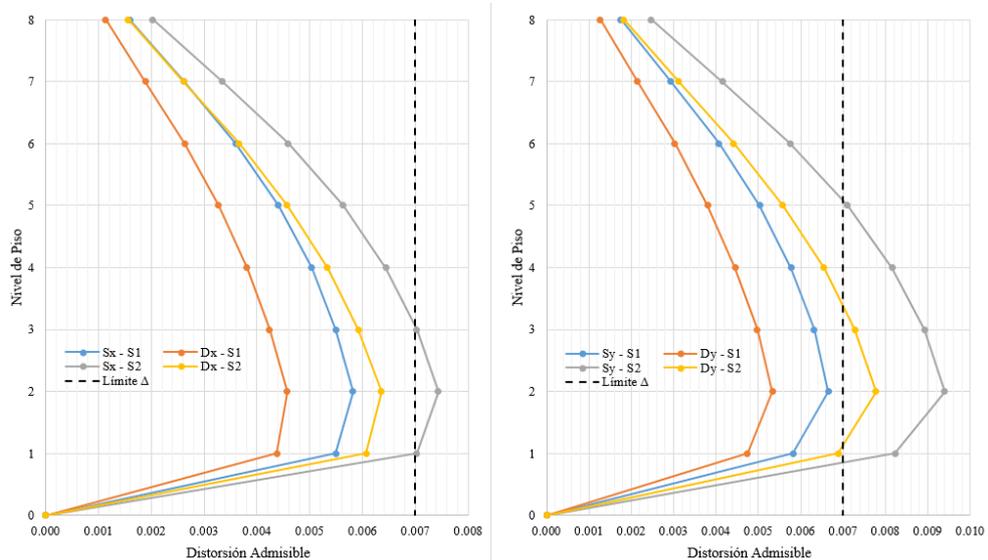
En la figura 22 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a la vivienda de 6 niveles, las derivas del estático son mayores a las del dinámico, lo cual aplica también según el perfil del suelo (S₁ y S₂). Así mismo, cabe indicar que en ningún caso pasa el límite permitido.

Tabla 40: Distorsión admisible de vivienda de 8 niveles

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Distorsión Admisible			
			Análisis Estático		Análisis Dinámico	
			Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Vivienda de 8 niveles	8° Nivel	S ₁	0.0015867	0.0017533	0.0011333	0.0012667
	7° Nivel		0.0026178	0.0029378	0.0018844	0.0021511
	6° Nivel		0.0035933	0.0040733	0.0026267	0.0030267
	5° Nivel		0.0044022	0.0050267	0.0032733	0.0038000
	4° Nivel		0.0050378	0.0057778	0.0038133	0.0044511
	3° Nivel		0.0054911	0.0063178	0.0042400	0.0049711
	2° Nivel		0.0058133	0.0066511	0.0045689	0.0053356
	1° Nivel		0.0054935	0.0058235	0.0043765	0.0047418
	8° Nivel	S ₂	0.0020267	0.0024756	0.0015622	0.0018289
	7° Nivel		0.0033489	0.0041489	0.0026133	0.0031200
	6° Nivel		0.0045933	0.0057533	0.0036578	0.0044222
	5° Nivel		0.0056289	0.0071000	0.0045756	0.0055800
	4° Nivel		0.0064400	0.0081600	0.0053378	0.0065444
	3° Nivel		0.0070222	0.0089244	0.0059200	0.0072844
	2° Nivel		0.0074311	0.0093933	0.0063578	0.0077800
	1° Nivel		0.0070235	0.0082253	0.0060653	0.0068824

Fuente: Elaboración Propia

Figura 23: Distorsión admisible de vivienda de 8 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)



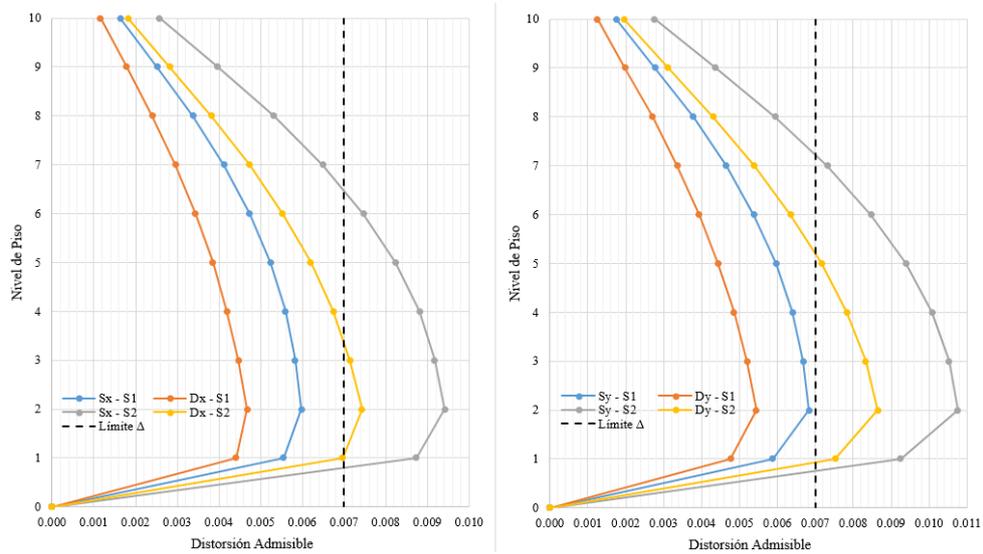
En la figura 23 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a la vivienda de 8 niveles, las derivas del estático son mayores a las del dinámico, lo cual aplica también según el perfil del suelo (S₁ y S₂). Así mismo, cabe indicar que la deriva por el sismo estático en la dirección X en un suelo “S₂”, y para el sismo estático y dinámico en la dirección Y en un suelo “S₂”; pasan el límite permitido.

Tabla 41: Distorsión admisible de vivienda de 10 niveles

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Distorsión Admisible			
			Análisis Estático		Análisis Dinámico	
			Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Vivienda de 10 niveles	10° Nivel	S ₁	0.0016356	0.0017511	0.0011600	0.0012444
	9° Nivel		0.0025178	0.0027711	0.0017844	0.0019733
	8° Nivel		0.0033756	0.0037733	0.0024044	0.0027022
	7° Nivel		0.0041178	0.0046467	0.0029556	0.0033533
	6° Nivel		0.0047378	0.0053778	0.0034378	0.0039289
	5° Nivel		0.0052289	0.0059600	0.0038511	0.0044267
	4° Nivel		0.0055933	0.0063978	0.0041933	0.0048533
	3° Nivel		0.0058244	0.0066844	0.0044644	0.0051978
	2° Nivel		0.0059778	0.0068267	0.0046778	0.0054378
	1° Nivel		0.0055429	0.0058712	0.0044082	0.0047647
	10° Nivel	S ₂	0.0025756	0.0027600	0.0018244	0.0019511
	9° Nivel		0.0039667	0.0043644	0.0028133	0.0031111
	8° Nivel		0.0053178	0.0059422	0.0038200	0.0042978
	7° Nivel		0.0064867	0.0073178	0.0047289	0.0053822
	6° Nivel		0.0074622	0.0084689	0.0055244	0.0063422
	5° Nivel		0.0082333	0.0093889	0.0062000	0.0071600
	4° Nivel		0.0088089	0.0100756	0.0067400	0.0078311
	3° Nivel		0.0091733	0.0105267	0.0071356	0.0083311
	2° Nivel		0.0094156	0.0107533	0.0074289	0.0086444
	1° Nivel		0.0087300	0.0092471	0.0069582	0.0075265

Fuente: Elaboración Propia

Figura 24: Distorsión admisible de vivienda de 10 niveles para cada dirección del sismo (X e Y)



En la figura 24 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo (X e Y) aplicado a la vivienda de 10 niveles, las derivas del estático son mayores a las del dinámico, lo cual aplica también según el perfil del suelo (S₁ y S₂). Así mismo, cabe indicar que la deriva por el sismo estático y dinámico en la dirección X e Y en un suelo “S₂”; pasan el límite permitido.

C.5) Separación entre Edificios

Tendremos en cuenta el Art. 33 según la NTE E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, para poder determinar la distancia mínima “s” entre edificaciones adyacentes y así poder evitar un posible contacto ante un evento sísmico.

Tabla 42: Desplazamiento máximo de las edificaciones en estudio

Edificación	h (m)	Perfil del Suelo	Desplazamiento Máximo (m)	
			Análisis Estático	Análisis Dinámico
			Dir. Y	Dir. Y
Vivienda de 4 niveles	10.80	S ₁	0.034818	0.031218
Vivienda de 6 niveles	16.20		0.078528	0.061848
Vivienda de 8 niveles	21.60		0.107652	0.083628
Vivienda de 10 niveles	27.00		0.139272	0.105618
Vivienda de 4 niveles	10.80	S ₂	0.036558	0.032778
Vivienda de 6 niveles	16.20		0.083406	0.072120
Vivienda de 8 niveles	21.60		0.152046	0.122112
Vivienda de 10 niveles	27.00		0.219354	0.168828

Fuente: Elaboración Propia

Para nuestras edificaciones en estudio, se tomará en cuenta juntas sísmica, teniendo como resultado la siguiente tabla:

Tabla 43: Separación mínima entre edificaciones adyacentes – Análisis Estático

Edificación	Perfil del Suelo	S _{máx} (m)			
		Análisis Estático – Dir. Y			
		S ₁	S ₂	S ₃	S _{máx}
Vivienda de 4 niveles	S ₁	0.065	0.023	0.032	0.065
Vivienda de 6 niveles		0.097	0.052	0.049	0.097
Vivienda de 8 niveles		0.130	0.072	0.065	0.130
Vivienda de 10 niveles		0.162	0.093	0.081	0.162
Vivienda de 4 niveles	S ₂	0.065	0.024	0.032	0.065
Vivienda de 6 niveles		0.097	0.056	0.049	0.097
Vivienda de 8 niveles		0.130	0.101	0.065	0.130
Vivienda de 10 niveles		0.162	0.146	0.081	0.162

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44: Separación mínima entre edificaciones adyacentes – Análisis Dinámico

Edificación	Perfil del Suelo	S _{máx} (m)			
		Análisis Dinámico – Dir. Y			
		S ₁	S ₂	S ₃	S _{máx}
Vivienda de 4 niveles	S ₁	0.065	0.021	0.032	0.065
Vivienda de 6 niveles		0.097	0.041	0.049	0.097
Vivienda de 8 niveles		0.130	0.056	0.065	0.130
Vivienda de 10 niveles		0.162	0.070	0.081	0.162
Vivienda de 4 niveles	S ₂	0.065	0.022	0.032	0.065
Vivienda de 6 niveles		0.097	0.048	0.049	0.097
Vivienda de 8 niveles		0.130	0.081	0.065	0.130
Vivienda de 10 niveles		0.162	0.113	0.081	0.162

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Análisis Interacción Suelo Estructura

Para este análisis tomaremos en cuenta el método de la subestructura, en el cual calcularemos las rigideces en bases para incorporarlas en cada edificación en estudio modelada en el programa ETABS 2016 por medio de resortes en las bases.

Para poder determinar las rigideces se tomó en cuentas los modelos dinámicos de D. D. Barkan – O. A. Savinov, V. A. Ilichev, A. E. Sargsian y la Norma Rusa SNIP 2.02.05-1987.

Además, para todas las edificaciones en estudio, se consideró de manera homogénea zapatas aisladas, con dimensiones de 1.80 x 1.80 x 0.80 m.

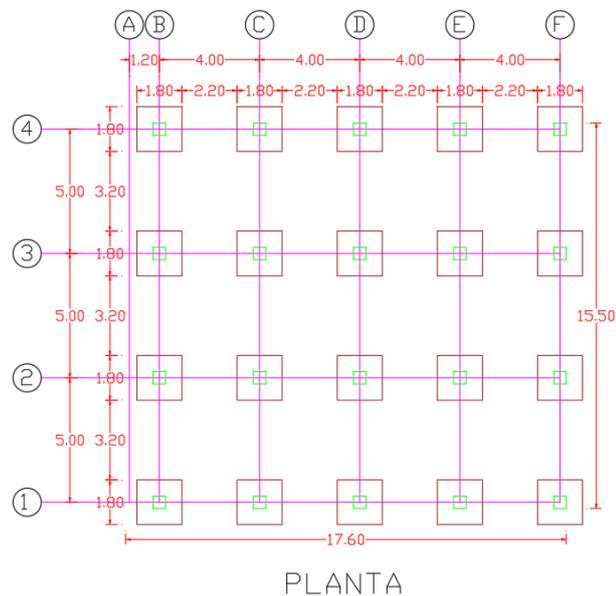


Figura 25: Vista en planta de las zapatas aisladas para las edificaciones en estudio

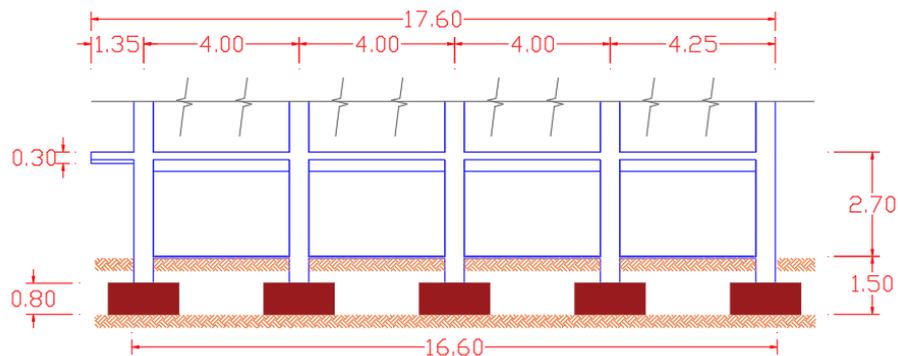


Figura 26: Vista en elevación de las zapatas aisladas para las edificaciones en estudio

4.4.1 Análisis Dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov

Para este análisis nos basaremos en los procedimientos, fórmulas y conceptos dados en el punto A del numeral 2.2.1.2 de la presente tesis, el cual se hará para cada edificación en estudio.

Parámetros necesarios para este análisis son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 45: Parámetros para el análisis dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov

Edificación	Perfil del Suelo	Parámetros de D. D. Barkan – O. A. Savinov			
		C_0 (kg/cm ³)	v	D_0 (kg/cm ³)	ρ (kg/cm ²)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	2.60	0.35	2.048	1.708
Vivienda de 6 niveles					2.508
Vivienda de 8 niveles					3.307
Vivienda de 10 niveles					4.107
Vivienda de 4 niveles	S ₂	1.80	0.25	1.543	1.708
Vivienda de 6 niveles					2.508
Vivienda de 8 niveles					3.307
Vivienda de 10 niveles					4.107

Fuente: Elaboración Propia

Los coeficientes de desplazamiento y compresión son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 46: Coeficientes de compresión y desplazamiento del análisis dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficientes de Desplazamiento y Compresión			
		C_x y C_y (kg/cm ³)	C_z (kg/cm ³)	$C_{\phi x}$ (kg/cm ³)	$C_{\phi y}$ (kg/cm ³)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	19.289	24.482	41.366	41.366
Vivienda de 6 niveles		23.373	29.665	50.124	50.124
Vivienda de 8 niveles		26.842	34.069	57.565	57.565
Vivienda de 10 niveles		29.912	37.965	64.148	64.148
Vivienda de 4 niveles	S ₂	14.528	16.949	28.638	28.638
Vivienda de 6 niveles		17.604	20.538	34.701	34.701
Vivienda de 8 niveles		20.217	23.586	39.853	39.853
Vivienda de 10 niveles		22.529	26.284	44.410	44.410

Fuente: Elaboración Propia

Los coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento calculados para el análisis dinámico ISE D. D. Barkan y O. A. Savinov son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 47: Coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento para el análisis dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficientes de Rigidez para el Análisis Dinámico ISE D. D. Barkan – O. A. Savinov			
		K_x y K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\varphi x}$ (Tn*m)	$K_{\varphi y}$ (Tn*m)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	62496.18	79322.07	36187.28	36187.28
Vivienda de 6 niveles		75727.61	96115.81	43848.70	43848.70
Vivienda de 8 niveles		86968.79	110383.46	50357.70	50357.70
Vivienda de 10 niveles		96914.75	123007.18	56116.73	56116.73
Vivienda de 4 niveles	S ₂	47070.24	54915.28	25052.73	25052.73
Vivienda de 6 niveles		57035.76	66541.72	30356.79	30356.79
Vivienda de 8 niveles		65502.27	76419.32	34863.02	34863.02
Vivienda de 10 niveles		72993.27	85158.82	38850.04	38850.04

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2 Análisis Dinámico ISE V. A. Ilichev

Para este análisis nos basaremos en los procedimientos, fórmulas y conceptos dados en el punto B del numeral 2.2.1.2 de la presente tesis, el cual se hará para cada edificación en estudio.

Parámetros necesarios para este análisis son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 48: Parámetros para el análisis dinámico ISE V. A. Ilichev

Edificación	Perfil del Suelo	Parámetros de V. A. Ilichev				
		E_s (kPa)	ν	ψ	ρ_s (Tn*s ² /m ⁴)	C_2 (m/s)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	300000	0.35	30°	0.18	248
Vivienda de 6 niveles						
Vivienda de 8 niveles						
Vivienda de 10 niveles						
Vivienda de 4 niveles	S ₂	70000	0.25	35°	0.16	132
Vivienda de 6 niveles						
Vivienda de 8 niveles						
Vivienda de 10 niveles						

Fuente: Elaboración Propia

Los coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento calculados para el análisis dinámico ISE V. A. Ilichev son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 49: Coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento para el análisis dinámico ISE V. A. Ilichev

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficientes de Rigidez para el Análisis Dinámico ISE V. A. Ilichev			
		K_x y K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\varphi x}$ (Tn*m)	$K_{\varphi y}$ (Tn*m)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	280011.27	97668.29	51788.25	51788.25
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					
Vivienda de 4 niveles	S ₂	69844.00	22234.08	11710.24	11710.24
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					

Fuente: Elaboración Propia

Los coeficientes de amortiguamiento calculados para el análisis dinámico ISE V. A. Ilichev son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 50: Coeficientes de amortiguamiento para el análisis dinámico ISE V. A. Ilichev

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficientes de Rigidez para el Análisis Dinámico ISE V. A. Ilichev			
		B_x y B_y (Tn*s/m)	B_z (Tn*s/m)	$B_{\varphi x}$ (Tn*s*m)	$B_{\varphi y}$ (Tn*s*m)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	471.54	175.84	44.51	44.51
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					
Vivienda de 4 niveles	S ₂	216.40	73.15	19.05	19.05
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3 Análisis Dinámico ISE A. E. Sargsian

Para este análisis nos basaremos en los procedimientos, fórmulas y conceptos dados en el punto C del numeral 2.2.1.2 de la presente tesis, el cual se hará para cada edificación en estudio.

Parámetros necesarios para este análisis son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 51: Parámetros para el análisis dinámico ISE A. E. Sargsian

Edificación	Perfil del Suelo	Parámetros de A. E. Sargsian				
		E_s (kPa)	ν	ρ_s (Tn*s ² /m ⁴)	C_1 (m/s)	C_2 (m/s)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	300000	0.35	0.18	517	248
Vivienda de 6 niveles						
Vivienda de 8 niveles						
Vivienda de 10 niveles						
Vivienda de 4 niveles	S ₂	70000	0.25	0.16	229	132
Vivienda de 6 niveles						
Vivienda de 8 niveles						
Vivienda de 10 niveles						

Fuente: Elaboración Propia

Los coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento calculados para el análisis dinámico ISE A. E. Sargsian son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 52: Coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento para el análisis dinámico ISE A. E. Sargsian

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficientes de Rigidez para el Análisis Dinámico ISE A. E. Sargsian			
		K_x y K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\phi x}$ (Tn*m)	$K_{\phi y}$ (Tn*m)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	38306.32	118565.94	39934.21	39934.21
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					
Vivienda de 4 niveles	S ₂	8663.12	19361.34	8721.63	8721.63
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					

Fuente: Elaboración Propia

4.4.4 Análisis Dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987

Para este análisis nos basaremos en los procedimientos, fórmulas y conceptos dados en el punto D del numeral 2.2.1.2 de la presente tesis, el cual se hará para cada edificación en estudio.

Parámetros necesarios para este análisis son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 53: Parámetros para el análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Edificación	Perfil del Suelo	Parámetros de Norma Rusa SNIP 2.02.05-87			
		E_S (kPa)	b_0	y_{st}	R
Vivienda de 4 niveles	S_1	300000	1.50	1.00	5
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					
Vivienda de 4 niveles	S_2	70000	1.50	1.00	5
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					

Fuente: Elaboración Propia

Los coeficientes de desplazamiento y compresión son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 54: Coeficientes de compresión y desplazamiento del análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficientes de Desplazamiento y Compresión			
		C_x y C_y (Tn/m ³)	C_z (Tn/m ³)	$C_{\phi x}$ y $C_{\phi y}$ (Tn/m ³)	$C_{\psi z}$ (Tn/m ³)
Vivienda de 4 niveles	S_1	86839.86	124056.94	248113.88	124056.94
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					
Vivienda de 4 niveles	S_2	20262.63	28946.62	57893.24	28946.62
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					

Fuente: Elaboración Propia

Los coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento calculados para el análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 55: Coeficientes de rigidez de compresión y desplazamiento para el análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficientes de Rigidez para el Análisis Dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87			
		K_x y K_y (Tn/m)	K_z (Tn/m)	$K_{\varphi x}$ y $K_{\varphi y}$ (Tn*m)	$K_{\psi z}$ (Tn*m)
Vivienda de 4 niveles	S ₁	281361.14	401944.49	217050.02	217050.02
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					
Vivienda de 4 niveles	S ₂	65650.93	93787.05	50645.01	50645.01
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					

Fuente: Elaboración Propia

Los coeficientes de amortiguamiento calculados para el análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 son los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 56: Coeficientes de amortiguamiento para el análisis dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Edificación	Perfil del Suelo	Coeficientes de Rigidez para el Análisis Dinámico ISE Norma Rusa SNIP 2.02.05-87			
		ξ_x y ξ_y	ξ_z	$\xi_{\varphi x}$ y $\xi_{\varphi y}$	$\xi_{\psi z}$
Vivienda de 4 niveles	S ₁	0.08	0.14	0.07	0.04
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					
Vivienda de 4 niveles	S ₂	0.08	0.14	0.07	0.04
Vivienda de 6 niveles					
Vivienda de 8 niveles					
Vivienda de 10 niveles					

Fuente: Elaboración Propia

4.5 Parámetros Evaluados

Tras realizar la modelación aplicando los diferentes análisis dinámicos de interacción suelo estructura, posteriormente en las tablas del 57 al 100 y figuras del 27 al 62, detallaremos los resultados que comprueba la influencia al considerar flexibilidad en el suelo de fundación en el comportamiento de cada edificación en estudio. Las siguientes tablas nos mostrarán parámetros como periodo fundamental, periodos y masas participativas, cortantes en la base, escalamiento de cortantes, desplazamiento lateral elástico e inelástico, derivas de entrepiso, regularidad estructural y separación mínima con edificaciones adyacentes para los casos de sismo en dirección X e Y.

4.5.1 Periodo Fundamental

En las siguientes tablas del 57 al 58 y figuras del 27 al 28, observaremos los periodos fundamentales para cada análisis aplicado a las edificaciones en estudio y así mismo para cada perfil de suelo.

Tabla 57: Periodo fundamental “ $0.85 \cdot T_x$ ” por el sismo X para las edificaciones en estudio

Análisis Dinámico	Periodo Fundamental “T” (seg) – Sismo X							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico	0.250		0.366		0.487		0.611	
Barkan-Savinov	0.277	0.287	0.395	0.406	0.519	0.530	0.646	0.660
Ilichev	0.269	0.313	0.391	0.451	0.518	0.599	0.650	0.757
Sargsian	0.276	0.344	0.399	0.487	0.524	0.638	0.655	0.800
Norma Rusa	0.255	0.272	0.373	0.394	0.496	0.521	0.622	0.655

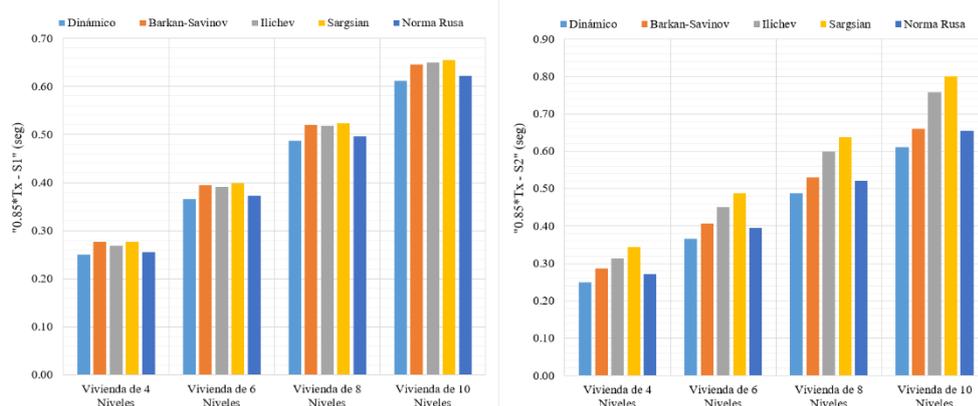
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58: Periodo fundamental “ $0.85 \cdot T_y$ ” por el sismo Y para las edificaciones en estudio

Análisis Dinámico	Periodo Fundamental “T” (seg) – Sismo Y							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico	0.274		0.405		0.538		0.676	
Barkan-Savinov	0.300	0.309	0.432	0.442	0.568	0.579	0.708	0.722
Ilichev	0.292	0.335	0.427	0.486	0.567	0.645	0.712	0.813
Sargsian	0.299	0.366	0.434	0.520	0.574	0.683	0.717	0.855
Norma Rusa	0.279	0.294	0.411	0.430	0.546	0.570	0.685	0.716

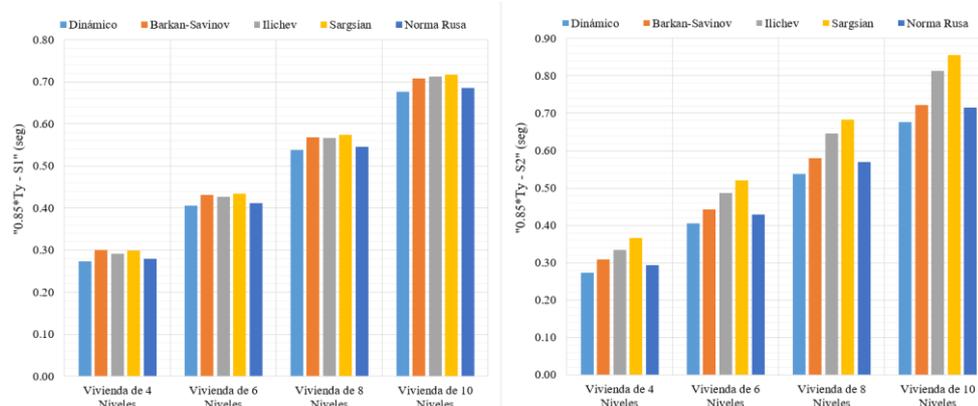
Fuente: Elaboración Propia

Figura 27: Periodo fundamental “ $0.85 \cdot T_x$ ” para la dirección del sismo X



En la figura 27 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo X aplicado a las viviendas, el periodo fundamental va aumentando según el número de niveles de pisos de la edificación y el tipo de perfil de suelo (De S_1 a S_2), según el análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para el análisis dinámico se mantiene constante el periodo y para los modelos de ISE si varía el periodo según el perfil del suelo. Además, para el tipo de perfil de suelo “ S_1 ” va aumentando el periodo en una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Ilichev – Barkan-Savinov – Sargsian) para viviendas de 4, 6 y 8 niveles; para la vivienda de 10 niveles una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Barkan-Savinov – Ilichev – Sargsian). Como también, para el tipo de perfil de suelo “ S_2 ” va aumentando el periodo en una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Barkan-Savinov – Ilichev – Sargsian) para viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles.

Figura 28: Periodo fundamental “ $0.85 \cdot T_y$ ” para la dirección del sismo Y



En la figura 28 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo Y aplicado a las viviendas, el periodo fundamental va aumentando según el número de niveles de pisos de la edificación y el tipo de perfil de suelo (De S_1 a S_2), según el análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para el análisis dinámico se mantiene constante el periodo y para los modelos de ISE si varía el periodo según el perfil del suelo. Además, para el tipo de perfil de suelo “ S_1 ” va aumentando el periodo en una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Ilichev – Barkan-Savinov – Sargsian) para viviendas de 4, 6 y 8 niveles; para la vivienda de 10 niveles una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Barkan-Savinov – Ilichev – Sargsian). Como también, para el tipo de perfil de suelo “ S_2 ” va aumentando el periodo en una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Barkan-Savinov – Ilichev – Sargsian) para viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles.

4.5.2 Periodos y Masas Participativas

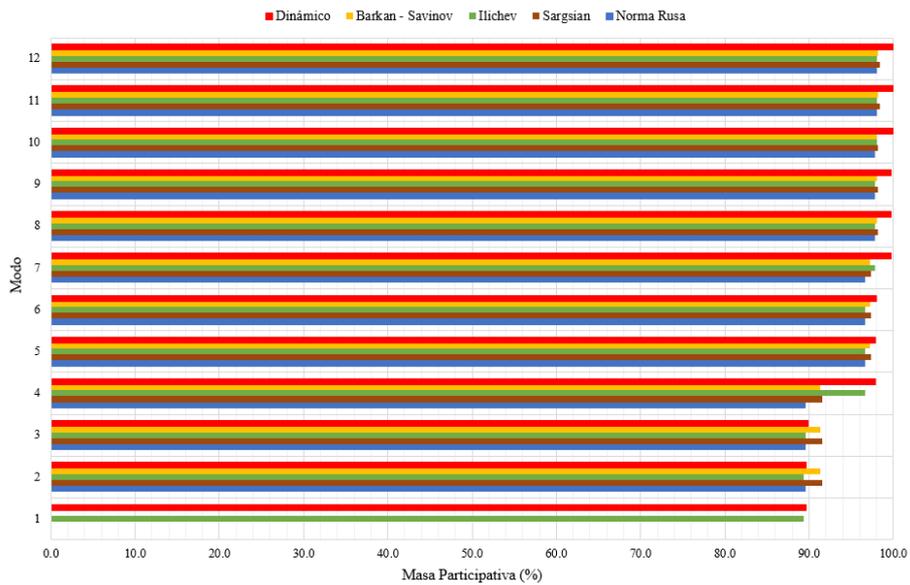
En las siguientes tablas del 59 al 66 y figuras del 29 al 36, observaremos los periodos y las masas participativas para cada análisis aplicado a las edificaciones en estudio y así mismo para cada perfil de suelo.

Tabla 59: Periodos “T” y Masas Participativas “Mp” para vivienda de 4 pisos en suelo S₁

Modo	Periodos (seg) y Masas Participativas (%) de Vivienda de 4 Pisos de S ₁									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P
1	0.322	89.6	0.353	0.0	0.343	89.4	0.352	0.0	0.328	0.0
2	0.294	89.6	0.326	91.3	0.316	89.4	0.325	91.6	0.300	89.5
3	0.272	89.9	0.296	91.3	0.287	89.6	0.297	91.6	0.277	89.5
4	0.099	97.9	0.106	91.3	0.104	96.6	0.106	91.6	0.101	89.5
5	0.092	97.9	0.098	97.2	0.096	96.6	0.098	97.4	0.093	96.6
6	0.085	98.0	0.089	97.2	0.088	96.6	0.090	97.4	0.086	96.6
7	0.053	99.7	0.055	97.2	0.054	97.8	0.055	97.4	0.054	96.6
8	0.050	99.7	0.052	98.1	0.051	97.8	0.052	98.2	0.051	97.8
9	0.046	99.7	0.048	98.1	0.047	97.8	0.048	98.2	0.047	97.8
10	0.035	100.0	0.035	98.1	0.035	98.0	0.035	98.2	0.035	97.8
11	0.034	100.0	0.035	98.2	0.034	98.0	0.035	98.4	0.034	98.0
12	0.031	100.0	0.031	98.2	0.031	98.0	0.032	98.4	0.031	98.0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 29: Masas Participativas “Mp” para vivienda de 4 pisos en suelo S₁



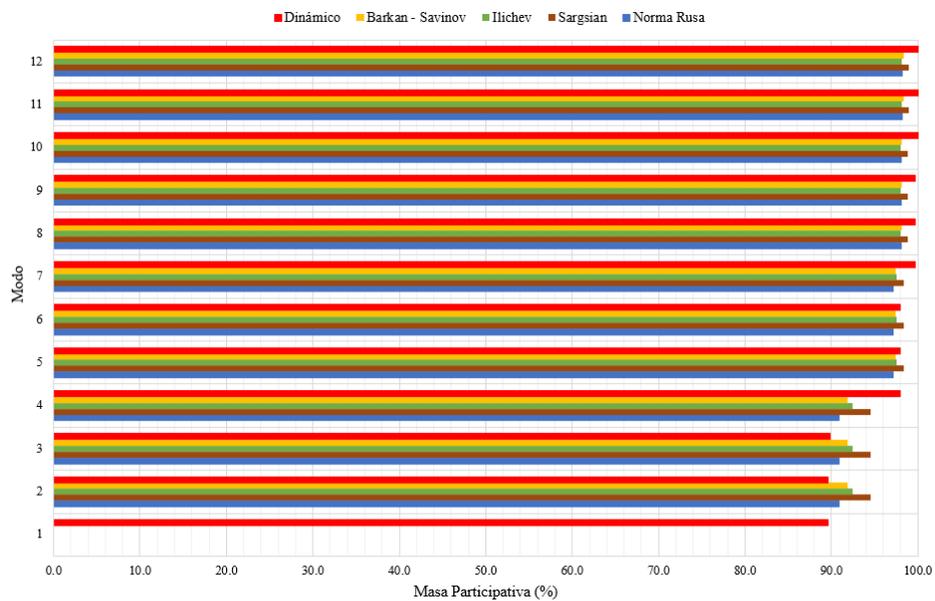
En la figura 29 se aprecia que, para cada modo en la simulación aplicada a las viviendas, el porcentaje de la masa participativa va aumentando según el número de modos de acuerdo al análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para el análisis dinámico y el modelo de Ilichev del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 4. Mientras para el modelo de Barkan-Savinov y Sargsian del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 2. Así mismo para el modelo de la Norma Rusa pasa el 90% requerido en el modo 5.

Tabla 60: Periodos “T” y Masas Participativas “M_P” para vivienda de 4 pisos en suelo S₂

Modo	Periodos (seg) y Masas Participativas (%) de Vivienda de 4 Pisos de S ₂									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P
1	0.322	89.6	0.364	0.0	0.394	0.0	0.431	0.0	0.346	0.0
2	0.294	89.6	0.338	91.9	0.368	92.4	0.405	94.5	0.320	90.9
3	0.272	89.9	0.304	91.9	0.323	92.4	0.354	94.5	0.292	90.9
4	0.099	97.9	0.108	91.9	0.112	92.4	0.118	94.5	0.104	90.9
5	0.092	97.9	0.100	97.4	0.104	97.5	0.110	98.4	0.097	97.1
6	0.085	98.0	0.091	97.4	0.093	97.5	0.097	98.4	0.089	97.1
7	0.053	99.7	0.055	97.4	0.056	97.5	0.057	98.4	0.054	97.1
8	0.050	99.7	0.052	98.1	0.052	98.0	0.053	98.8	0.051	98.1
9	0.046	99.7	0.048	98.1	0.048	98.0	0.049	98.8	0.047	98.1
10	0.035	100.0	0.036	98.1	0.036	98.0	0.036	98.8	0.035	98.1
11	0.034	100.0	0.035	98.3	0.035	98.1	0.035	98.9	0.035	98.2
12	0.031	100.0	0.032	98.3	0.032	98.1	0.032	98.9	0.031	98.2

Fuente: Elaboración Propia

Figura 30: Masas Participativas “M_P” para vivienda de 4 pisos en suelo S₂



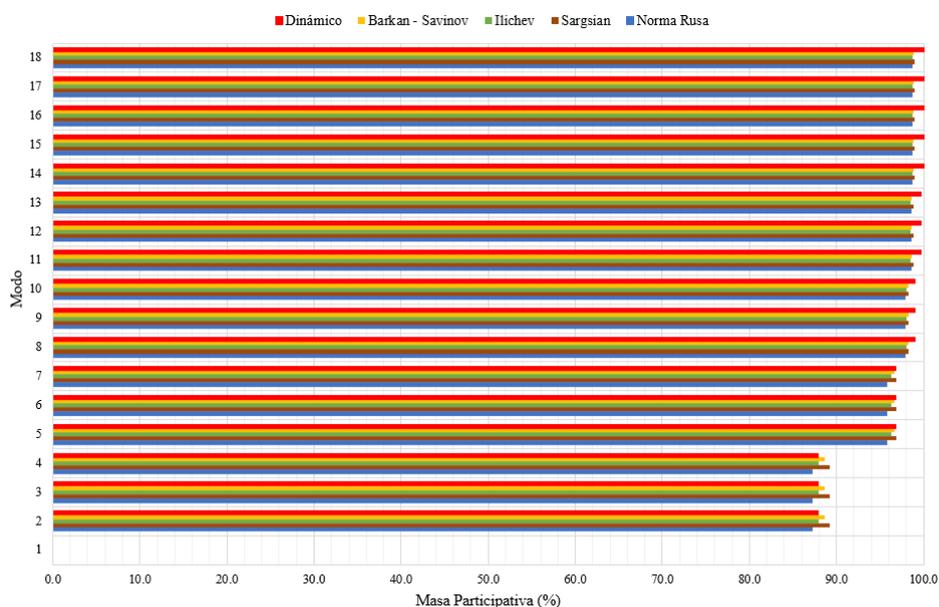
En la figura 30 se aprecia que, para cada modo en la simulación aplicada a las viviendas, el porcentaje de la masa participativa va aumentando según el número de modos de acuerdo al análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para el análisis dinámico pasa el 90% requerido en el modo 4. Mientras para el modelo de Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 2.

Tabla 61: Periodos “T” y Masas Participativas “Mp” para vivienda de 6 pisos en suelo S₁

Modo	Periodos (seg) y Masas Participativas (%) de Vivienda de 6 Pisos de S ₁									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P
1	0.476	0.0	0.508	0.0	0.502	0.0	0.511	0.0	0.483	0.0
2	0.431	87.9	0.465	88.6	0.460	88.0	0.469	89.2	0.439	87.2
3	0.397	87.9	0.418	88.6	0.414	88.0	0.423	89.2	0.402	87.2
4	0.152	87.9	0.159	88.6	0.157	88.0	0.160	89.2	0.153	87.2
5	0.139	96.8	0.146	96.6	0.144	96.3	0.147	96.9	0.140	95.8
6	0.127	96.8	0.133	96.6	0.132	96.3	0.134	96.9	0.129	95.8
7	0.084	96.8	0.086	96.6	0.086	96.3	0.087	96.9	0.084	95.8
8	0.078	99.0	0.080	98.2	0.079	98.0	0.080	98.3	0.078	97.8
9	0.072	99.0	0.074	98.2	0.073	98.0	0.074	98.3	0.072	97.8
10	0.055	99.0	0.056	98.2	0.056	98.0	0.056	98.3	0.055	97.8
11	0.052	99.7	0.053	98.6	0.053	98.5	0.053	98.8	0.052	98.5
12	0.048	99.7	0.049	98.6	0.049	98.5	0.049	98.8	0.048	98.5
13	0.040	99.7	0.040	98.6	0.040	98.5	0.041	98.8	0.040	98.5
14	0.039	100.0	0.039	98.8	0.039	98.7	0.039	98.9	0.039	98.7
15	0.035	100.0	0.036	98.8	0.036	98.7	0.036	98.9	0.035	98.7
16	0.032	100.0	0.032	98.8	0.032	98.7	0.032	98.9	0.032	98.7
17	0.032	100.0	0.032	98.8	0.032	98.7	0.032	98.9	0.032	98.7
18	0.029	100.0	0.029	98.8	0.029	98.7	0.029	98.9	0.029	98.7

Fuente: Elaboración Propia

Figura 31: Masas Participativas “Mp” para vivienda de 6 pisos en suelo S₁



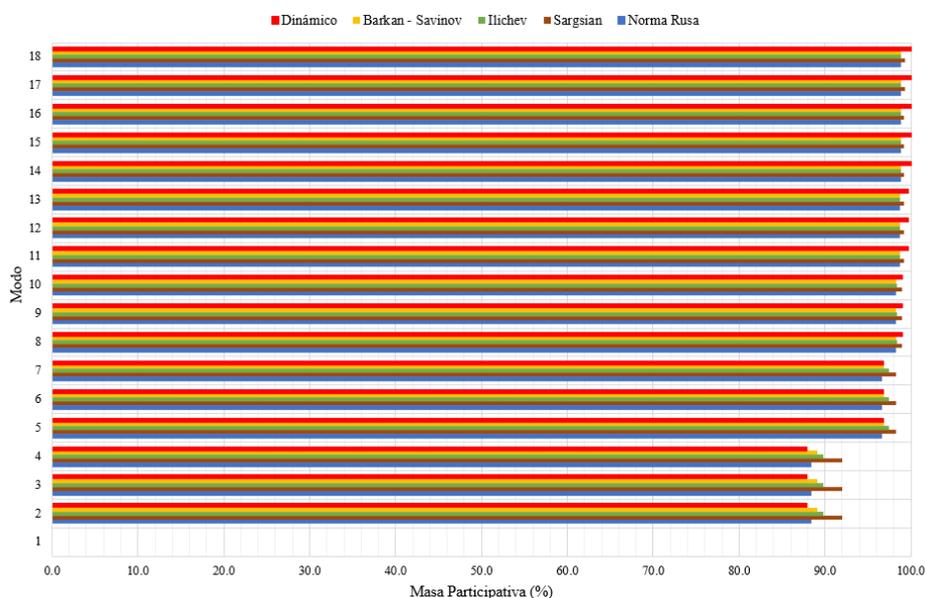
En la figura 31 se aprecia que, para cada modo en la simulación aplicada a las viviendas, el porcentaje de la masa participativa va aumentando según el número de modos de acuerdo al análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para que para el análisis dinámico y los modelos de Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 5.

Tabla 62: Periodos “T” y Masas Participativas “Mp” para vivienda de 6 pisos en suelo S₂

Modo	Periodos (seg) y Masas Participativas (%) de Vivienda de 6 Pisos de S ₂									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P
1	0.476	0.0	0.520	0.0	0.572	0.0	0.612	0.0	0.506	0.0
2	0.431	87.9	0.478	89.1	0.531	89.8	0.573	92.0	0.464	88.4
3	0.397	87.9	0.426	89.1	0.452	89.8	0.486	92.0	0.418	88.4
4	0.152	87.9	0.161	89.1	0.170	89.8	0.179	92.0	0.158	88.4
5	0.139	96.8	0.148	96.9	0.157	97.4	0.167	98.3	0.145	96.6
6	0.127	96.8	0.134	96.9	0.139	97.4	0.145	98.3	0.133	96.6
7	0.084	96.8	0.087	96.9	0.089	97.4	0.091	98.3	0.086	96.6
8	0.078	99.0	0.080	98.3	0.082	98.4	0.084	99.0	0.080	98.2
9	0.072	99.0	0.074	98.3	0.076	98.4	0.077	99.0	0.074	98.2
10	0.055	99.0	0.057	98.3	0.057	98.4	0.058	99.0	0.056	98.2
11	0.052	99.7	0.053	98.7	0.054	98.7	0.055	99.2	0.053	98.7
12	0.048	99.7	0.049	98.7	0.049	98.7	0.050	99.2	0.049	98.7
13	0.040	99.7	0.041	98.7	0.041	98.7	0.041	99.2	0.040	98.7
14	0.039	100.0	0.039	98.8	0.039	98.8	0.039	99.2	0.039	98.8
15	0.035	100.0	0.036	98.8	0.036	98.8	0.036	99.2	0.036	98.8
16	0.032	100.0	0.032	98.8	0.032	98.8	0.032	99.2	0.032	98.8
17	0.032	100.0	0.032	98.8	0.032	98.8	0.032	99.3	0.032	98.8
18	0.029	100.0	0.029	98.8	0.029	98.8	0.029	99.3	0.029	98.8

Fuente: Elaboración Propia

Figura 32: Masas Participativas “Mp” para vivienda de 6 pisos en suelo S₂



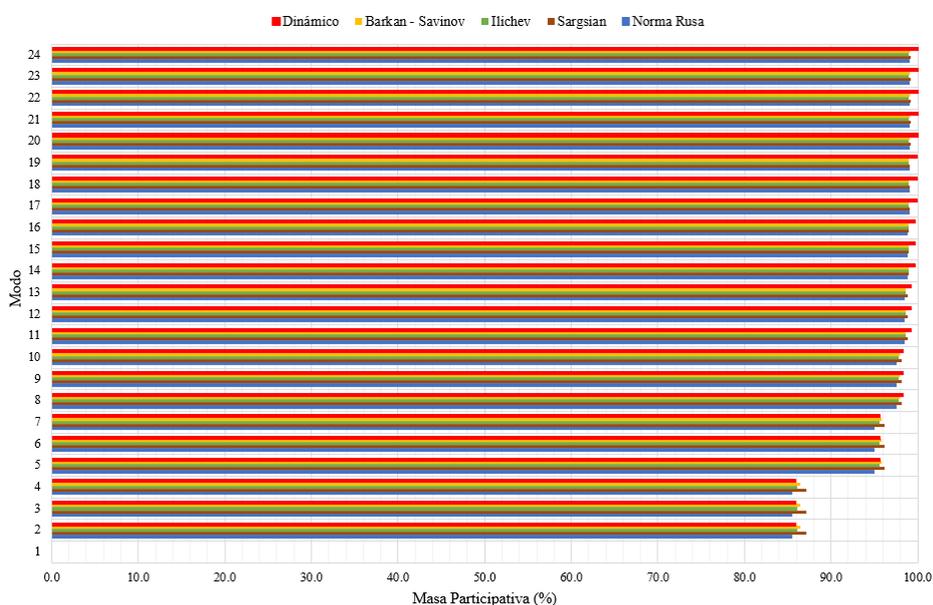
En la figura 32 se aprecia que, para cada modo en la simulación aplicada a las viviendas, el porcentaje de la masa participativa va aumentando según el número de modos de acuerdo al análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para que para el análisis dinámico y los modelos de Barkan-Savinov, Ilichev y Norma Rusa del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 5. Mientras para el modelo de Sargsian del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 2.

Tabla 63: Periodos “T” y Masas Participativas “M_P” para vivienda de 8 pisos en suelo S₁

Modo	Periodos (seg) y Masa Participativa (%) de Vivienda de 8 Pisos de S ₁									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P
1	0.633	0.0	0.668	0.0	0.667	0.0	0.675	0.0	0.642	0.0
2	0.573	85.9	0.610	86.5	0.609	86.1	0.617	87.2	0.583	85.5
3	0.522	85.9	0.542	86.5	0.539	86.1	0.549	87.2	0.527	85.5
4	0.205	85.9	0.212	86.5	0.211	86.1	0.214	87.2	0.206	85.5
5	0.186	95.6	0.194	95.8	0.193	95.6	0.196	96.2	0.188	95.0
6	0.170	95.6	0.175	95.8	0.175	95.6	0.177	96.2	0.171	95.0
7	0.115	95.6	0.118	95.8	0.117	95.6	0.119	96.2	0.116	95.0
8	0.105	98.3	0.108	97.9	0.108	97.8	0.109	98.1	0.106	97.5
9	0.098	98.3	0.100	97.9	0.100	97.8	0.101	98.1	0.098	97.5
10	0.077	98.3	0.079	97.9	0.078	97.8	0.079	98.1	0.078	97.5
11	0.072	99.3	0.073	98.6	0.073	98.6	0.073	98.8	0.072	98.4
12	0.066	99.3	0.067	98.6	0.067	98.6	0.068	98.8	0.067	98.4
13	0.056	99.3	0.057	98.6	0.057	98.6	0.057	98.8	0.056	98.4
14	0.053	99.7	0.054	98.9	0.053	98.9	0.054	99.0	0.053	98.8
15	0.049	99.7	0.049	98.9	0.049	98.9	0.050	99.0	0.049	98.8
16	0.043	99.7	0.044	98.9	0.044	98.9	0.044	99.0	0.044	98.8
17	0.042	99.9	0.042	99.0	0.042	99.0	0.042	99.1	0.042	99.0
18	0.038	99.9	0.038	99.0	0.038	99.0	0.039	99.1	0.038	99.0
19	0.036	99.9	0.036	99.0	0.036	99.0	0.036	99.1	0.036	99.0
20	0.035	100.0	0.035	99.1	0.035	99.0	0.035	99.2	0.035	99.0
21	0.032	100.0	0.032	99.1	0.032	99.0	0.032	99.2	0.032	99.0
22	0.031	100.0	0.031	99.1	0.031	99.0	0.031	99.2	0.031	99.0
23	0.031	100.0	0.031	99.1	0.031	99.0	0.031	99.2	0.031	99.0
24	0.028	100.0	0.028	99.1	0.028	99.0	0.028	99.2	0.028	99.0

Fuente: Elaboración Propia

Figura 33: Masas Participativas “M_P” para vivienda de 8 pisos en suelo S₁



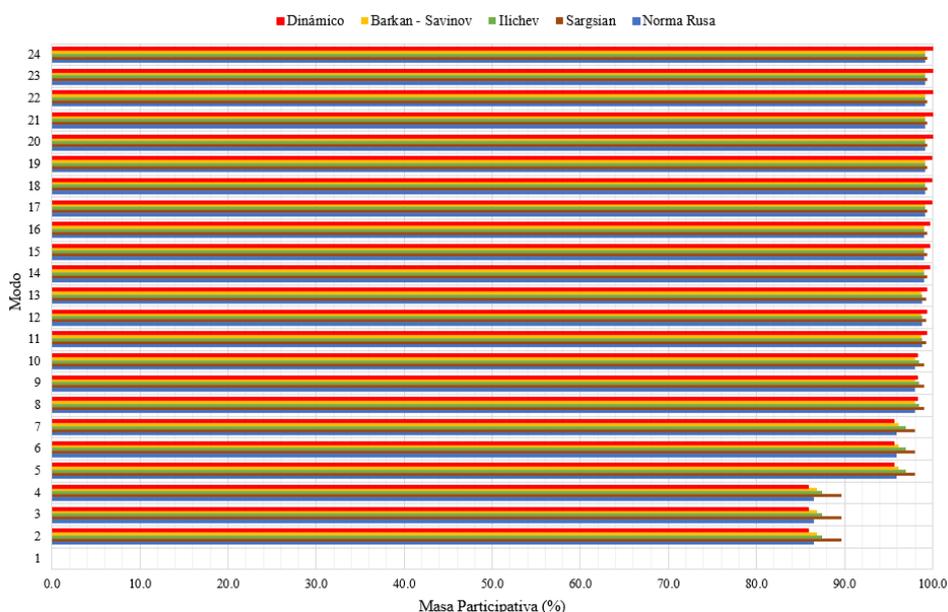
En la figura 33 se aprecia que, para cada modo en la simulación aplicada a las viviendas, el porcentaje de la masa participativa va aumentando según el número de modos de acuerdo al análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para el análisis dinámico y los modelos de Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 5.

Tabla 64: Periodos “T” y Masas Participativas “M_P” para vivienda de 8 pisos en suelo S₂

Modo	Periodos (seg) y Masa Participativa (%) de Vivienda de 8 Pisos de S ₂									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P
1	0.633	0.0	0.681	0.0	0.759	0.0	0.803	0.0	0.671	0.0
2	0.573	85.9	0.624	86.9	0.705	87.5	0.751	89.6	0.613	86.5
3	0.522	85.9	0.549	86.9	0.579	87.5	0.614	89.6	0.543	86.5
4	0.205	85.9	0.215	86.9	0.227	87.5	0.239	89.6	0.212	86.5
5	0.186	95.6	0.196	96.1	0.209	97.0	0.221	98.0	0.194	95.9
6	0.170	95.6	0.177	96.1	0.184	97.0	0.191	98.0	0.176	95.9
7	0.115	95.6	0.119	96.1	0.122	97.0	0.125	98.0	0.118	95.9
8	0.105	98.3	0.109	98.0	0.111	98.4	0.114	99.0	0.108	97.9
9	0.098	98.3	0.101	98.0	0.103	98.4	0.106	99.0	0.100	97.9
10	0.077	98.3	0.079	98.0	0.081	98.4	0.082	99.0	0.079	97.9
11	0.072	99.3	0.073	98.7	0.075	98.8	0.076	99.3	0.073	98.7
12	0.066	99.3	0.068	98.7	0.069	98.8	0.070	99.3	0.067	98.7
13	0.056	99.3	0.057	98.7	0.058	98.8	0.058	99.3	0.057	98.7
14	0.053	99.7	0.054	99.0	0.054	99.0	0.055	99.4	0.054	99.0
15	0.049	99.7	0.050	99.0	0.050	99.0	0.051	99.4	0.049	99.0
16	0.043	99.7	0.044	99.0	0.044	99.0	0.045	99.4	0.044	99.0
17	0.042	99.9	0.042	99.1	0.042	99.1	0.043	99.4	0.042	99.1
18	0.038	99.9	0.039	99.1	0.039	99.1	0.039	99.4	0.038	99.1
19	0.036	99.9	0.036	99.1	0.036	99.1	0.036	99.4	0.036	99.1
20	0.035	100.0	0.035	99.1	0.035	99.1	0.035	99.4	0.035	99.1
21	0.032	100.0	0.032	99.1	0.032	99.1	0.032	99.4	0.032	99.1
22	0.031	100.0	0.031	99.1	0.031	99.1	0.031	99.4	0.031	99.1
23	0.031	100.0	0.031	99.1	0.031	99.1	0.031	99.4	0.031	99.1
24	0.028	100.0	0.028	99.1	0.028	99.1	0.028	99.4	0.028	99.1

Fuente: Elaboración Propia

Figura 34: Masas Participativas “M_P” para vivienda de 8 pisos en suelo S₂



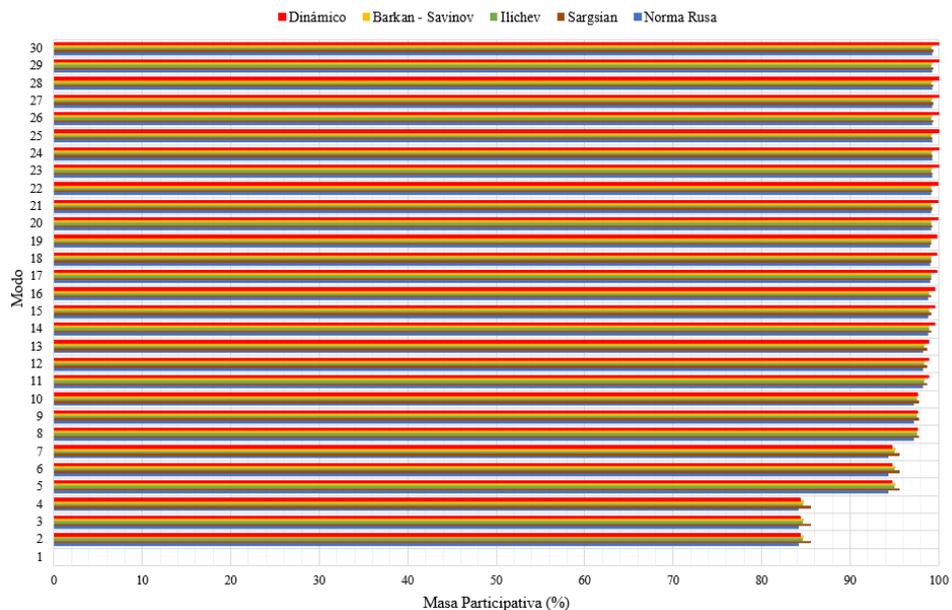
En la figura 34 se aprecia que, para cada modo en la simulación aplicada a las viviendas, el porcentaje de la masa participativa va aumentando según el número de modos de acuerdo al análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para el análisis dinámico y los modelos de Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 5.

Tabla 65: Periodos “T” y Masas Participativas “Mp” para vivienda de 10 pisos en suelo S₁

Modo	Periodos (seg) y Masa Participativa (%) de Vivienda de 10 Pisos de S ₁									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P
1	0.795	0.0	0.833	0.0	0.838	0.0	0.844	0.0	0.806	0.0
2	0.719	84.4	0.760	84.8	0.765	84.6	0.771	85.6	0.732	84.1
3	0.647	84.4	0.666	84.8	0.665	84.6	0.675	85.6	0.653	84.1
4	0.258	84.4	0.266	84.8	0.266	84.6	0.269	85.6	0.261	84.1
5	0.235	94.7	0.242	95.1	0.242	95.0	0.246	95.6	0.237	94.3
6	0.212	94.7	0.217	95.1	0.217	95.0	0.220	95.6	0.214	94.3
7	0.146	94.7	0.149	95.1	0.149	95.0	0.151	95.6	0.147	94.3
8	0.133	97.6	0.136	97.5	0.136	97.5	0.137	97.8	0.134	97.1
9	0.123	97.6	0.126	97.5	0.126	97.5	0.127	97.8	0.124	97.1
10	0.100	97.6	0.101	97.5	0.101	97.5	0.102	97.8	0.100	97.1
11	0.091	98.9	0.093	98.5	0.093	98.4	0.094	98.7	0.092	98.2
12	0.085	98.9	0.086	98.5	0.086	98.4	0.087	98.7	0.085	98.2
13	0.073	98.9	0.074	98.5	0.074	98.4	0.075	98.7	0.074	98.2
14	0.068	99.5	0.069	98.9	0.069	98.9	0.069	99.1	0.068	98.8
15	0.063	99.5	0.064	98.9	0.064	98.9	0.064	99.1	0.063	98.8
16	0.057	99.5	0.057	98.9	0.057	98.9	0.058	99.1	0.057	98.8
17	0.054	99.8	0.054	99.1	0.054	99.1	0.054	99.2	0.054	99.0
18	0.049	99.8	0.050	99.1	0.050	99.1	0.050	99.2	0.050	99.0
19	0.046	99.8	0.046	99.1	0.046	99.1	0.046	99.2	0.046	99.0
20	0.044	99.9	0.044	99.2	0.044	99.2	0.044	99.3	0.044	99.1
21	0.040	99.9	0.040	99.2	0.040	99.2	0.041	99.3	0.040	99.1
22	0.038	99.9	0.039	99.2	0.039	99.2	0.039	99.3	0.038	99.1
23	0.037	100.0	0.037	99.3	0.037	99.2	0.037	99.3	0.037	99.2
24	0.034	100.0	0.034	99.3	0.034	99.2	0.034	99.3	0.034	99.2
25	0.033	100.0	0.034	99.3	0.034	99.2	0.034	99.3	0.033	99.2
26	0.033	100.0	0.033	99.3	0.033	99.2	0.033	99.4	0.033	99.2
27	0.031	100.0	0.031	99.3	0.031	99.2	0.031	99.4	0.031	99.2
28	0.030	100.0	0.030	99.3	0.030	99.2	0.030	99.4	0.030	99.2
29	0.030	100.0	0.030	99.3	0.030	99.2	0.030	99.4	0.030	99.2
30	0.027	100.0	0.027	99.3	0.027	99.2	0.028	99.4	0.027	99.2

Fuente: Elaboración Propia

Figura 35: Masas Participativas “Mp” para vivienda de 10 pisos en suelo S₁



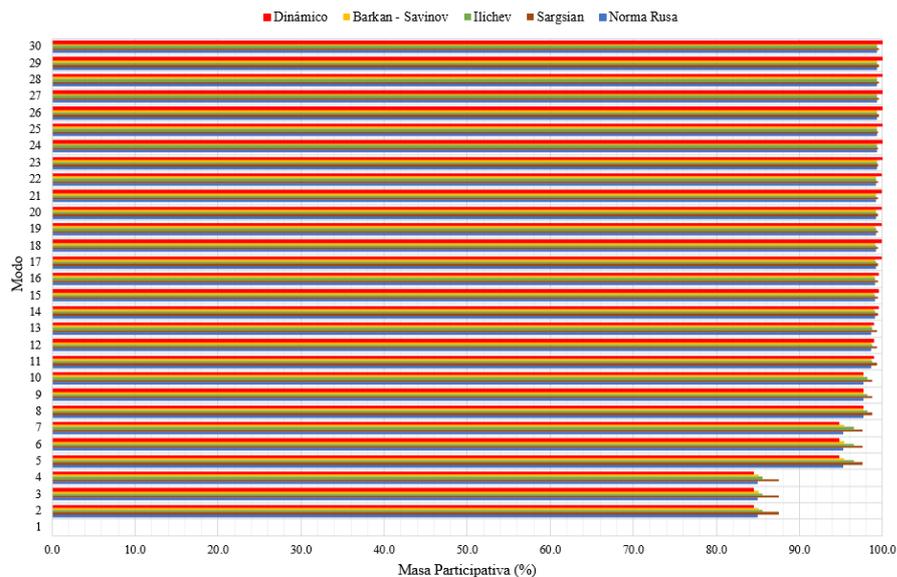
En la figura 35 se aprecia que, para cada modo en la simulación aplicada a las viviendas, el porcentaje de la masa participativa va aumentando según el número de modos de acuerdo al análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para que para el análisis dinámico y los modelos de Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 5.

Tabla 66: Periodos “T” y Masas Participativas “Mp” para vivienda de 10 pisos en suelo S₂

Modo	Periodos (seg) y Masa Participativa (%) de Vivienda de 10 Pisos de S ₂									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P	T	M _P
1	0.795	0.0	0.849	0.0	0.957	0.0	1.006	0.0	0.842	0.0
2	0.719	84.4	0.777	85.1	0.890	85.6	0.941	87.5	0.770	84.9
3	0.647	84.4	0.672	85.1	0.706	85.6	0.742	87.5	0.669	84.9
4	0.258	84.4	0.269	85.1	0.284	85.6	0.298	87.5	0.267	84.9
5	0.235	94.7	0.245	95.4	0.261	96.5	0.275	97.6	0.244	95.2
6	0.212	94.7	0.219	95.4	0.227	96.5	0.236	97.6	0.218	95.2
7	0.146	94.7	0.150	95.4	0.155	96.5	0.158	97.6	0.150	95.2
8	0.133	97.6	0.137	97.7	0.141	98.2	0.144	98.8	0.136	97.6
9	0.123	97.6	0.127	97.7	0.130	98.2	0.133	98.8	0.126	97.6
10	0.100	97.6	0.102	97.7	0.104	98.2	0.106	98.8	0.102	97.6
11	0.091	98.9	0.094	98.6	0.096	98.8	0.098	99.3	0.093	98.6
12	0.085	98.9	0.087	98.6	0.088	98.8	0.090	99.3	0.086	98.6
13	0.073	98.9	0.075	98.6	0.076	98.8	0.077	99.3	0.074	98.6
14	0.068	99.5	0.069	99.0	0.070	99.1	0.071	99.4	0.069	99.0
15	0.063	99.5	0.064	99.0	0.065	99.1	0.066	99.4	0.064	99.0
16	0.057	99.5	0.058	99.0	0.058	99.1	0.059	99.4	0.058	99.0
17	0.054	99.8	0.054	99.1	0.055	99.2	0.055	99.5	0.054	99.1
18	0.049	99.8	0.050	99.1	0.050	99.2	0.051	99.5	0.050	99.1
19	0.046	99.8	0.046	99.1	0.047	99.2	0.047	99.5	0.046	99.1
20	0.044	99.9	0.044	99.2	0.044	99.2	0.045	99.5	0.044	99.2
21	0.040	99.9	0.041	99.2	0.041	99.2	0.041	99.5	0.040	99.2
22	0.038	99.9	0.039	99.2	0.039	99.2	0.039	99.5	0.039	99.2
23	0.037	100.0	0.037	99.3	0.037	99.3	0.038	99.5	0.037	99.3
24	0.034	100.0	0.034	99.3	0.034	99.3	0.034	99.5	0.034	99.3
25	0.033	100.0	0.034	99.3	0.034	99.3	0.034	99.5	0.034	99.3
26	0.033	100.0	0.033	99.3	0.033	99.3	0.033	99.6	0.033	99.3
27	0.031	100.0	0.031	99.3	0.031	99.3	0.031	99.6	0.031	99.3
28	0.030	100.0	0.030	99.3	0.030	99.3	0.030	99.6	0.030	99.3
29	0.030	100.0	0.030	99.3	0.030	99.3	0.030	99.6	0.030	99.3
30	0.027	100.0	0.028	99.3	0.028	99.3	0.028	99.6	0.028	99.3

Fuente: Elaboración Propia

Figura 36: Masas Participativas “Mp” para vivienda de 10 pisos en suelo S₂



En la figura 36 se aprecia que, para cada modo en la simulación aplicada a las viviendas, el porcentaje de la masa participativa va aumentando según el número de modos de acuerdo al análisis que se aplique. Sin embargo, cabe resaltar que para el análisis dinámico y los modelos de Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa del análisis ISE pasa el 90% requerido en el modo 5.

4.5.3 Cortante en la Base

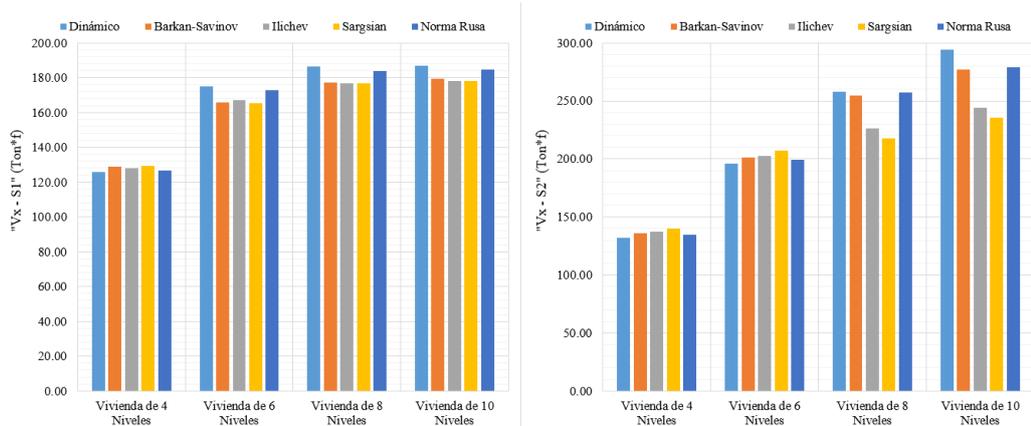
En las siguientes tablas del 67 al 68 y figuras del 37 al 38, observaremos las cortantes dinámicas en la base en cada análisis aplicado a las edificaciones en estudio y así mismo para cada perfil de suelo.

Tabla 67: Cortante en la base “V_X” por el Sismo X para las edificaciones en estudio

Análisis Dinámico	Cortante en la Base “V _X ” (Ton*f) – Sismo X							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico	125.991	132.290	175.064	195.973	186.523	258.156	186.808	294.220
Barkan-Savinov	129.002	136.219	165.733	200.902	177.298	254.308	179.429	277.217
Ilichev	127.922	136.996	166.956	202.519	176.936	226.583	178.049	244.132
Sargsian	129.372	139.587	165.415	206.834	176.766	217.888	178.154	235.709
Norma Rusa	126.703	134.878	172.957	199.529	183.811	257.165	184.596	279.082

Fuente: Elaboración Propia

Figura 37: Cortante en la base “V_X” para la dirección del sismo X



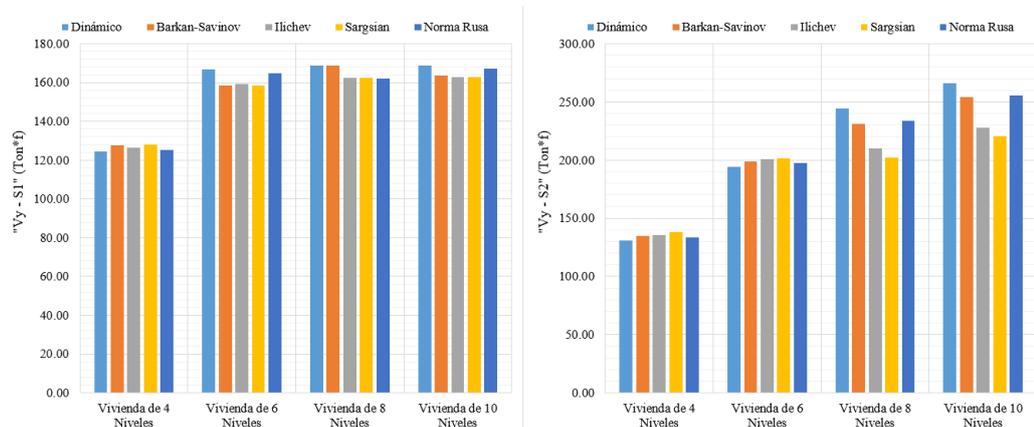
En la figura 37 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo X aplicado a las viviendas, la cortante en la base va aumentando según el número de niveles de pisos de la edificación y el tipo de perfil de suelo (De S₁ a S₂), según el análisis que se aplique. Además, para el tipo de perfil de suelo “S₁” va aumentando la cortante en la base en una secuencia de (Sargsian – Ilichev – Barkan-Savinov – Norma Rusa – Dinámico) para viviendas de 6, 8 y 10 niveles; y para la vivienda de 4 niveles una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Ilichev – Barkan-Savinov – Sargsian). Como también, para el tipo de perfil de suelo “S₂” va aumentando la cortante en la base en una secuencia de (Sargsian – Ilichev – Barkan-Savinov – Norma Rusa – Dinámico) para viviendas de 8 y 10 niveles; y para las viviendas de 4 y 6 niveles una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Ilichev – Barkan-Savinov – Sargsian).

Tabla 68: Cortante en la Base “V_Y” por el sismo Y para las edificaciones en estudio

Análisis Dinámico	Cortante en la Base “V _Y ” (Ton*f) – Sismo Y							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico	124.479	130.703	166.894	194.011	168.843	244.294	168.948	266.092
Barkan-Savinov	127.591	134.808	158.455	199.012	168.843	231.329	163.687	254.041
Ilichev	126.513	135.876	159.093	201.126	162.618	210.327	162.724	228.082
Sargsian	127.886	138.473	158.397	201.675	162.386	201.876	162.814	220.523
Norma Rusa	125.189	133.351	164.786	197.574	161.911	234.124	167.211	255.357

Fuente: Elaboración Propia

Figura 38: Cortante en la base “V_Y” para la dirección del sismo Y



En la figura 38 se aprecia que para cada simulación con respecto a la dirección del sismo Y aplicado a las viviendas, la cortante en la base va aumentando según el número de niveles de pisos de la edificación y el tipo de perfil de suelo (De S₁ a S₂), según el análisis que se aplique. Además, para el tipo de perfil de suelo “S₁” la cortante en la base del análisis dinámico es mayor al de los modelos del análisis ISE en viviendas de 6, 8 y 10 niveles, solo en caso de la vivienda de 4 niveles es lo opuesto. Como también, para el tipo de perfil de suelo “S₂” va aumentando la cortante en la base en una secuencia de (Dinámico – Norma Rusa – Barkan-Savinov – Ilichev Sargsian) para viviendas de 4 y 6 niveles; y para las viviendas de 8 y 10 niveles una secuencia de (Sargsian – Ilichev – Barkan-Savinov – Norma Rusa – Dinámico).

4.5.4 Escalamiento de Cortantes

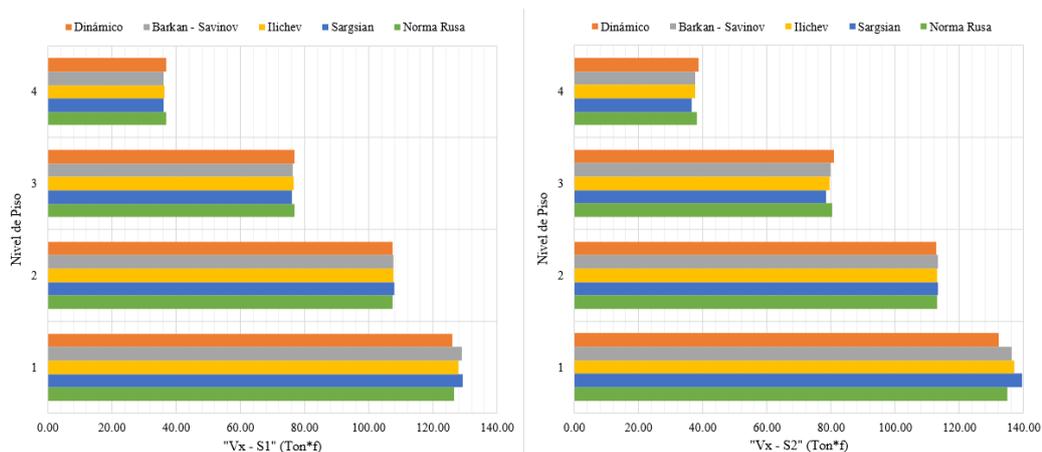
En las siguientes tablas del 69 al 76 y figuras del 39 al 46, observaremos las cortantes dinámicas por piso en cada análisis aplicado a las edificaciones en estudio y así mismo para cada perfil de suelo.

Tabla 69: Cortantes por piso “V_i” por el sismo X para vivienda de 4 pisos

Piso	Cortantes por piso (Ton*f) por el Sismo X en Vivienda de 4 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
4	36.96	38.81	36.19	37.77	36.49	37.60	36.06	36.67	36.80	38.19
3	76.97	80.81	76.27	79.83	76.54	79.50	76.18	78.48	76.84	80.27
2	107.32	112.68	107.80	113.25	107.63	113.15	107.89	113.25	107.46	113.13
1	125.99	132.29	129.00	136.22	127.92	137.00	129.37	139.59	126.70	134.88

Fuente: Elaboración Propia

Figura 39: Cortantes por piso “V_i” por el sismo X para vivienda de 4 pisos



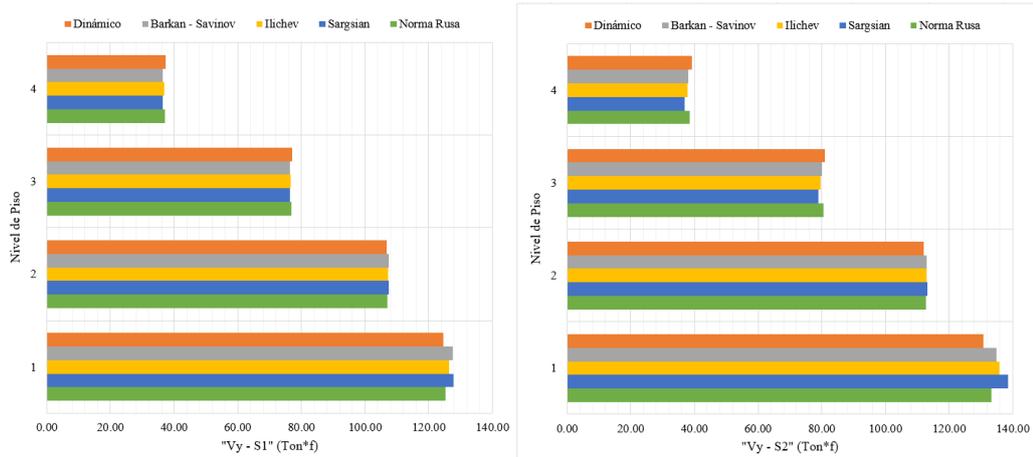
En la figura 39 se aprecia que, para cada nivel de piso en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 4 niveles, la cortante por piso va disminuyendo según se suba de nivel de piso de acuerdo al análisis que se aplique. Por lo general se ve que no hay mucha diferencia entre el análisis aplicado, excepto por el primer piso en ambos perfiles de suelo (S₁ y S₂) que los modelos de análisis de interacción suelo estructura son mayores que la del análisis dinámico.

Tabla 70: Cortantes por piso “V_i” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos

Piso	Cortantes por piso (Ton*f) por el Sismo Y en Vivienda de 4 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
4	37.30	39.17	36.55	38.14	36.83	37.88	36.45	37.02	37.15	38.55
3	77.04	80.89	76.48	80.08	76.70	79.74	76.42	78.84	76.94	80.45
2	106.78	112.12	107.45	112.94	107.23	112.98	107.53	113.19	106.95	112.71
1	124.48	130.70	127.59	134.81	126.51	135.88	127.89	138.47	125.19	133.35

Fuente: Elaboración Propia

Figura 40: Cortantes por piso “V_i” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos



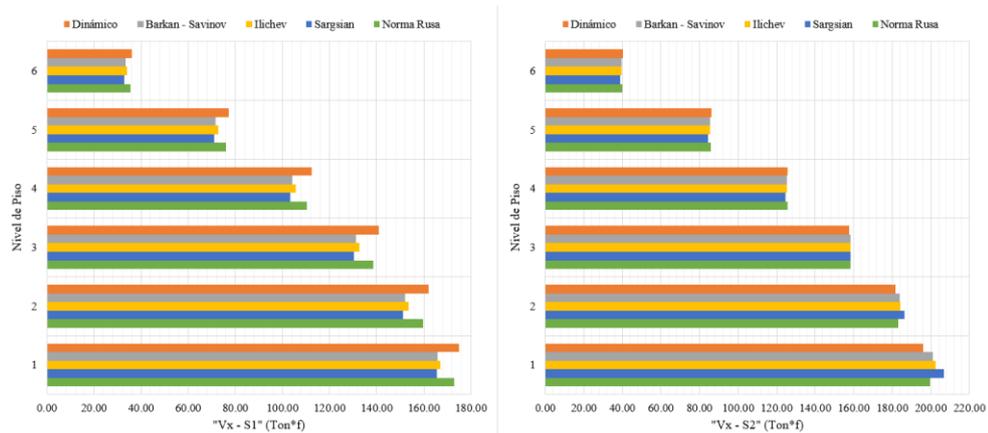
En la figura 40 se aprecia que, para cada nivel de piso en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 4 niveles, la cortante por piso va disminuyendo según se suba de nivel de piso de acuerdo al análisis que se aplique. Por lo general se ve que no hay mucha diferencia entre el análisis aplicado, excepto por el primer piso en ambos perfiles de suelo (S_1 y S_2) que los modelos de análisis de interacción suelo estructura son mayores que la del análisis dinámico.

Tabla 71: Cortantes por piso “V_i” por el sismo X para vivienda de 6 pisos

Piso	Cortantes por piso (Ton*f) por el Sismo X en Vivienda de 6 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
6	36.10	40.14	33.42	39.62	33.96	39.68	32.97	38.88	35.47	39.80
5	77.31	86.27	71.67	85.65	72.72	85.61	70.88	84.46	75.98	85.89
4	112.39	125.73	104.33	125.45	105.71	125.30	103.41	124.50	110.49	125.59
3	140.89	157.80	131.19	158.40	132.74	158.32	130.30	158.52	138.61	158.28
2	162.15	181.63	151.95	183.90	153.47	184.36	151.25	186.20	159.79	183.29
1	175.06	195.97	165.73	200.90	166.96	202.52	165.42	206.83	172.96	199.53

Fuente: Elaboración Propia

Figura 41: Cortantes por piso “V_i” por el sismo X para vivienda de 6 pisos



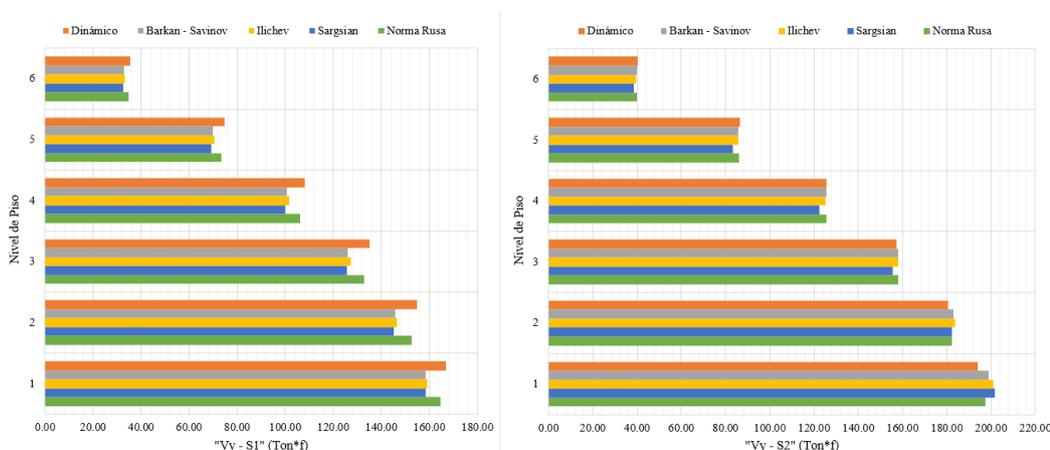
En la figura 41 se aprecia que, para cada nivel de piso en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 6 niveles, la cortante por piso va disminuyendo según se suba de nivel de piso de acuerdo al análisis que se aplique. Por lo general se ve que hay diferencia entre el análisis aplicado para el perfil del suelo “S₁”, excepto por el perfil de suelo “S₂” que no se mucha nota mucha diferencia entre cada nivel del piso.

Tabla 72: Cortantes por piso “V_i” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos

Piso	Cortantes por piso (Ton*f) por el Sismo Y en Vivienda de 6 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
6	35.40	40.33	32.87	39.80	33.27	39.77	32.51	38.41	34.76	39.99
5	74.92	86.32	69.74	85.78	70.47	85.68	69.17	83.26	73.62	86.00
4	108.18	125.55	100.82	125.42	101.75	125.30	100.19	122.51	106.32	125.51
3	135.04	157.26	126.21	158.05	127.21	158.15	125.64	155.67	132.81	157.86
2	155.00	180.51	145.73	182.96	146.66	183.78	145.34	182.34	152.66	182.27
1	166.89	194.01	158.46	199.01	159.09	201.13	158.40	201.68	164.79	197.57

Fuente: Elaboración Propia

Figura 42: Cortantes por piso “V_i” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos



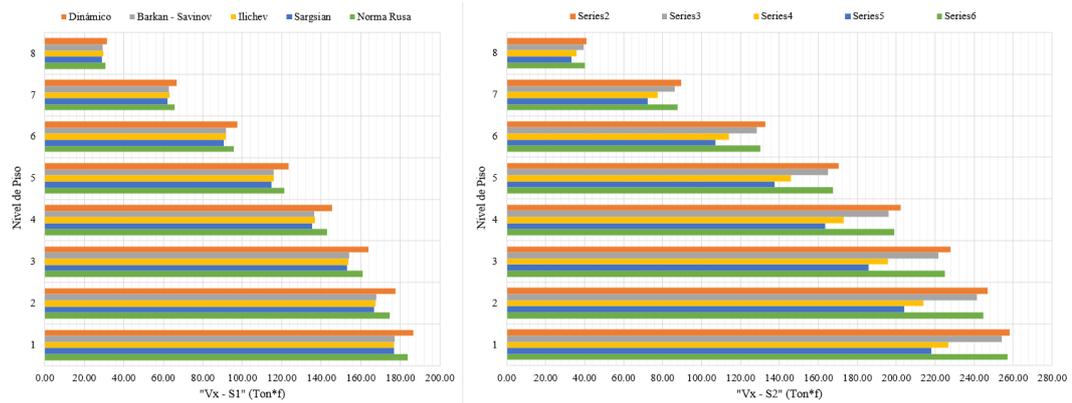
En la figura 42 se aprecia que, para cada nivel de piso en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 6 niveles, la cortante por piso va disminuyendo según se suba de nivel de piso de acuerdo al análisis que se aplique. Por lo general se ve que hay diferencia entre el análisis aplicado para el perfil del suelo “S₁”, excepto por el perfil de suelo “S₂” que no se mucha nota mucha diferencia entre cada nivel del piso.

Tabla 73: Cortantes por piso “V_i” por el sismo X para vivienda de 8 pisos

Piso	Cortantes por piso (Ton*f) por el Sismo X en Vivienda de 8 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
8	31.31	41.02	29.46	39.58	29.60	35.74	28.98	33.32	30.78	40.21
7	66.83	89.42	62.94	86.41	63.14	77.48	62.09	72.48	65.70	87.76
6	97.38	132.64	91.61	128.24	91.79	114.25	90.56	107.23	95.70	130.23
5	123.44	170.35	115.95	164.80	116.05	146.04	114.81	137.52	121.24	167.34
4	145.48	202.27	136.59	196.01	136.61	173.15	135.44	163.61	142.86	198.95
3	163.68	228.01	153.93	221.69	153.85	195.80	152.84	185.79	160.81	224.84
2	177.69	246.92	167.79	241.39	167.60	213.85	166.88	204.05	174.78	244.51
1	186.52	258.16	177.30	254.31	176.94	226.58	176.77	217.89	183.81	257.16

Fuente: Elaboración Propia

Figura 43: Cortantes por piso “V_i” por el sismo X para vivienda de 8 pisos



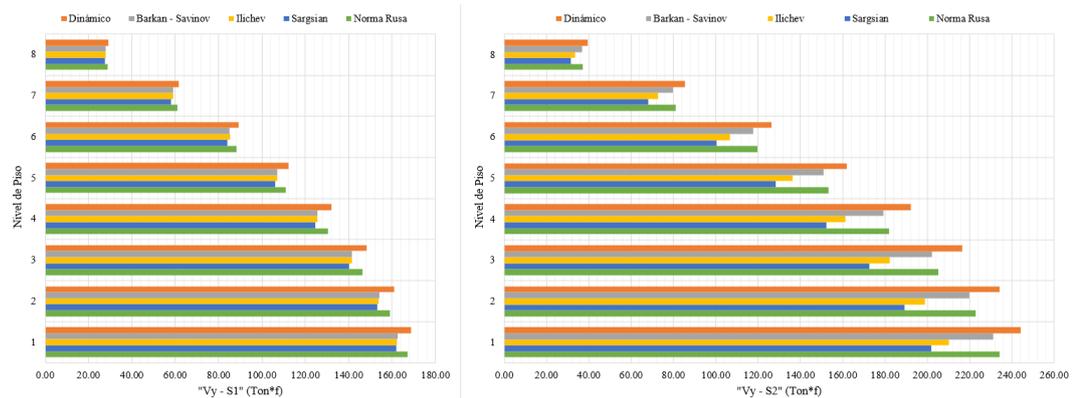
En la figura 43 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 8 niveles, la cortante por piso va disminuyendo según se suba de nivel de piso de acuerdo al análisis que se aplique. Por lo general se ve que hay diferencia entre el análisis aplicado para el perfil del suelo (S₁ y S₂), Así mismo, se nota que hay más diferencia de cortante por nivel producto del análisis ISE que el del análisis dinámico.

Tabla 74: Cortantes por piso “V_i” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos

Piso	Cortantes por piso (Ton*f) por el Sismo Y en Vivienda de 8 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
8	29.33	39.40	27.91	36.71	28.03	33.65	27.46	31.42	28.96	37.32
7	61.79	85.47	58.95	79.68	59.12	72.65	58.17	68.06	61.04	80.98
6	89.25	126.46	85.12	117.79	85.27	106.81	84.15	100.35	88.16	119.70
5	112.44	162.15	107.11	150.94	107.21	136.23	106.03	128.32	111.02	153.38
4	132.04	192.29	125.72	179.17	125.76	161.28	124.58	152.34	130.35	181.99
3	148.33	216.51	141.43	202.34	141.41	182.21	140.30	172.72	146.49	205.38
2	160.95	234.14	154.06	220.01	153.96	198.83	153.05	189.44	159.13	223.04
1	168.84	244.29	162.62	231.33	162.39	210.33	161.91	201.88	167.22	234.12

Fuente: Elaboración Propia

Figura 44: Cortantes por piso “V_i” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos



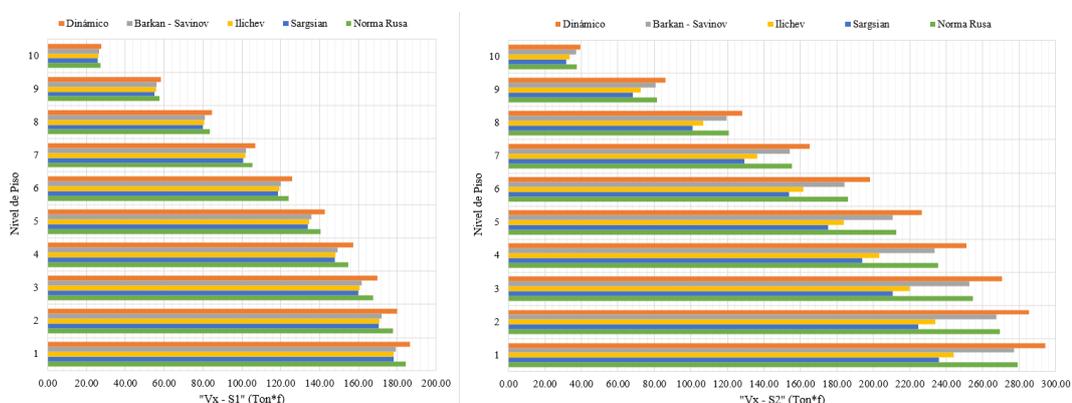
En la figura 44 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 8 niveles, la cortante por piso va disminuyendo según se suba de nivel de piso de acuerdo al análisis que se aplique. Por lo general se ve que hay diferencia entre el análisis aplicado para el perfil del suelo (S₁ y S₂), Así mismo, se nota que hay más diferencia de cortante por nivel, producto del análisis ISE que el del análisis dinámico.

Tabla 75: Cortantes por piso “V_i” por el sismo X para vivienda de 10 pisos

Piso	Cortantes por piso (Ton*f) por el Sismo X en Vivienda de 10 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
10	27.50	39.48	26.32	37.01	26.30	33.47	25.81	31.51	27.15	37.34
9	58.39	86.07	55.98	80.62	55.85	72.40	55.06	68.37	57.67	81.34
8	84.64	127.94	81.08	119.60	80.78	106.56	79.90	100.92	83.58	120.66
7	106.90	165.19	102.16	154.06	101.64	136.15	100.81	129.22	105.47	155.42
6	125.97	198.03	120.07	184.32	119.32	161.71	118.57	153.74	124.19	185.95
5	142.60	226.59	135.66	210.73	134.70	183.92	134.03	175.11	140.49	212.58
4	157.24	250.87	149.52	233.48	148.40	203.33	147.80	193.92	154.90	235.48
3	169.91	270.63	161.82	252.49	160.58	220.12	160.08	210.45	167.46	254.55
2	180.11	285.35	172.12	267.33	170.81	234.00	170.51	224.59	177.71	269.35
1	186.81	294.22	179.43	277.22	178.05	244.13	178.15	235.71	184.60	279.08

Fuente: Elaboración Propia

Figura 45: Cortantes por piso “V_i” por el sismo X para vivienda de 10 pisos



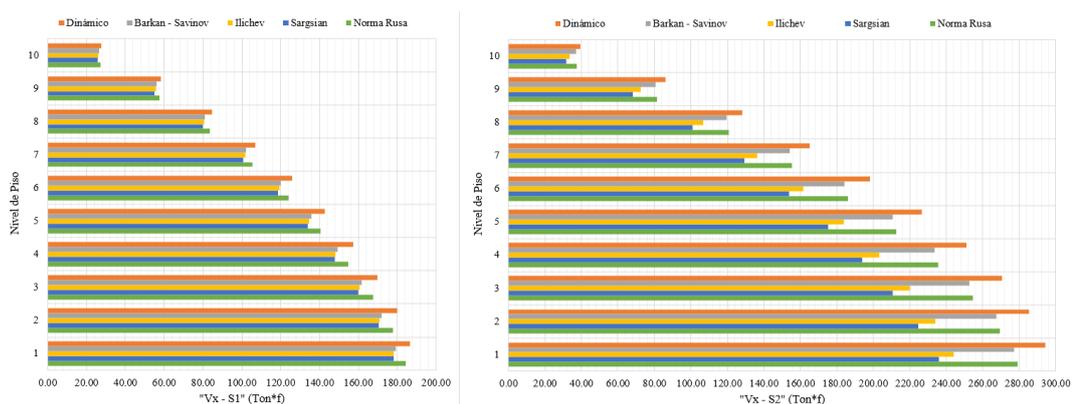
En la figura 45 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 10 niveles, la cortante por piso va disminuyendo según se suba de nivel de piso de acuerdo al análisis que se aplique. Por lo general se ve que hay diferencia entre el análisis aplicado para el perfil del suelo (S₁ y S₂), Así mismo, se nota que hay más diferencia de cortante por nivel producto del análisis ISE que el del análisis dinámico.

Tabla 76: Cortantes por piso “V_i” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos

Piso	Cortantes por piso (Ton*f) por el Sismo Y en Vivienda de 10 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
10	25.90	36.56	24.96	34.66	24.95	31.81	24.54	30.07	25.61	34.93
9	54.27	79.07	52.47	75.02	52.40	68.47	51.76	64.95	53.70	75.58
8	77.92	116.91	75.32	110.78	75.12	100.40	74.45	95.48	77.09	111.58
7	97.64	150.36	94.19	142.17	93.83	127.87	93.21	121.82	96.52	143.19
6	114.37	179.74	110.05	169.64	109.51	151.52	108.96	144.51	112.95	170.86
5	128.97	205.31	123.84	193.61	123.15	172.07	122.67	164.27	127.28	194.99
4	141.98	227.12	136.27	214.31	135.47	190.11	135.02	181.71	140.11	215.80
3	153.46	244.95	147.49	231.67	146.61	205.81	146.22	197.14	151.50	233.19
2	162.84	258.24	157.01	245.21	156.09	218.78	155.84	210.33	160.92	246.67
1	168.95	266.09	163.69	254.04	162.72	228.08	162.81	220.52	167.21	255.36

Fuente: Elaboración Propia

Figura 46: Cortantes por piso “V_i” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos



En la figura 46 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 10 niveles, la cortante por piso va disminuyendo según se suba de nivel de piso de acuerdo al análisis que se aplique. Por lo general se ve que hay diferencia entre el análisis aplicado para el perfil del suelo (S₁ y S₂), Así mismo, se nota que hay más diferencia de cortante por nivel producto del análisis ISE que el del análisis dinámico.

4.5.5 Desplazamiento Lateral Inelástico

En las siguientes tablas del 77 al 84 y figuras del 47 al 54, observaremos los desplazamientos laterales por piso en cada análisis aplicado a las edificaciones en estudio y así mismo para cada perfil de suelo.

Tabla 77: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo X para vivienda de 4 pisos

Piso	Desplazamiento Lateral Inelástico (mm) por el Sismo X en Vivienda de 4 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
4	24.858	26.100	30.084	33.672	28.374	39.726	29.898	47.244	25.884	30.474
3	22.068	23.166	26.988	30.276	25.326	35.634	26.910	42.996	23.028	27.270
2	16.920	17.766	21.510	24.378	19.908	29.028	21.546	36.228	17.814	21.570
1	9.750	10.236	13.758	15.996	12.294	19.728	13.902	26.562	10.524	13.542

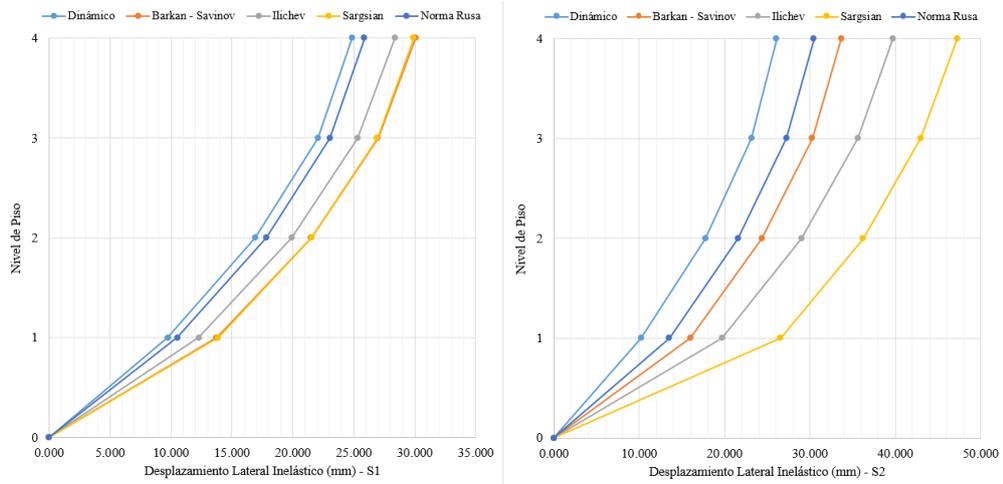
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 78: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos

Piso	Desplazamiento Lateral Inelástico (mm) por el Sismo Y en Vivienda de 4 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
4	31.218	32.778	36.948	41.088	35.052	47.646	36.792	55.824	32.352	37.566
3	27.498	28.872	32.952	36.756	31.104	42.642	32.898	50.676	28.578	33.414
2	20.784	21.822	25.914	29.214	24.126	34.404	25.956	42.252	21.798	26.076
1	11.556	12.132	16.014	18.546	14.400	22.734	16.158	30.138	12.426	15.816

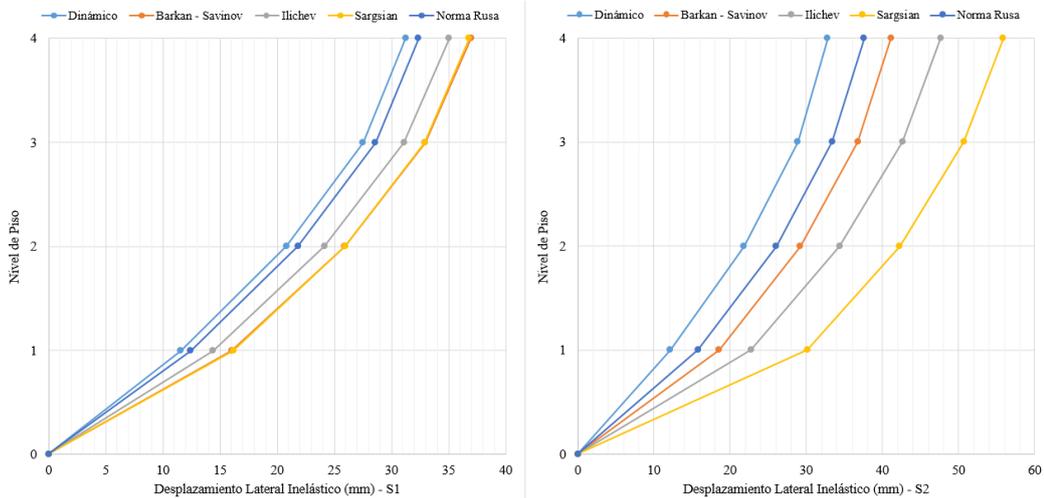
Fuente: Elaboración Propia

Figura 47: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo X para vivienda de 4 pisos



En la figura 47 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 4 niveles, el desplazamiento lateral inelástico va aumentando según se suba de nivel de piso y el perfil de suelo (S₁ y S₂) de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que el desplazamiento máximo para el perfil de suelo “S₁” se obtiene con el modelo Barkan-Savinov y para el “S₂” el modelo de Sargsian.

Figura 48: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos



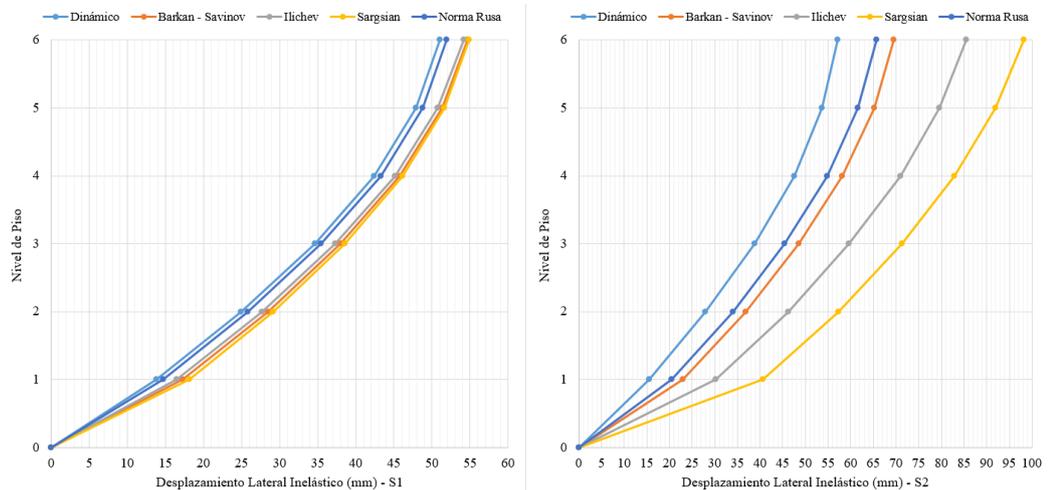
En la figura 48 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 4 niveles, el desplazamiento lateral inelástico va aumentando según se suba de nivel de piso y el perfil de suelo (S₁ y S₂) de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que el desplazamiento máximo para el perfil de suelo “S₁” se obtiene con el modelo Barkan-Savinov y para el “S₂” el modelo de Sargsian.

Tabla 79: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo X para vivienda de 6 pisos

Piso	Desplazamiento Lateral Inelástico (mm) por el Sismo X en Vivienda de 6 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
6	51.018	57.144	54.666	69.498	54.180	85.560	54.858	98.232	51.954	65.682
5	47.934	53.694	51.318	65.202	50.790	79.608	51.624	91.914	48.798	61.626
4	42.420	47.526	45.720	58.194	45.126	70.956	46.170	82.908	43.260	54.858
3	34.614	38.772	37.968	48.570	37.290	59.688	38.574	71.262	35.454	45.486
2	24.936	27.924	28.434	36.762	27.654	46.182	29.190	57.300	25.794	33.960
1	13.836	15.486	17.304	22.926	16.458	30.264	18.174	40.632	14.676	20.544

Fuente: Elaboración Propia

Figura 49: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo X para vivienda de 6 pisos



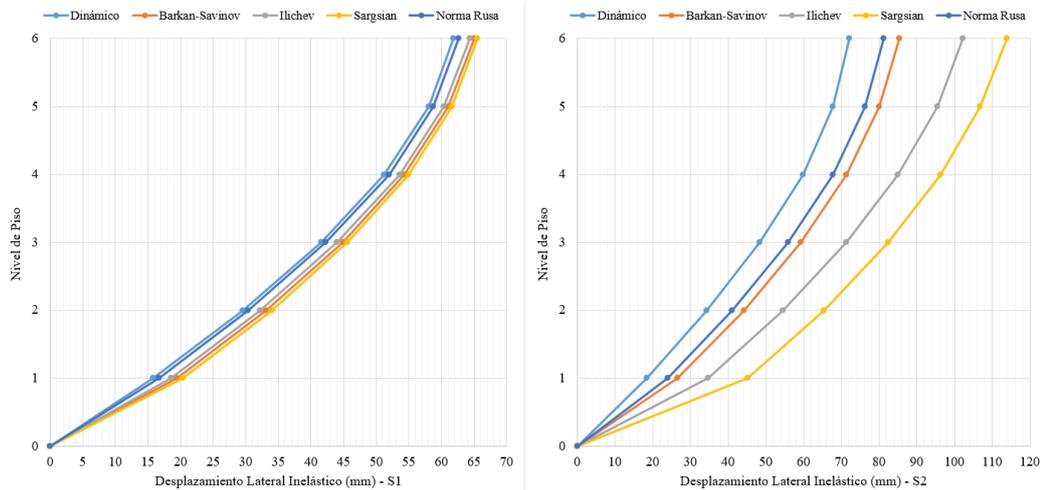
En la figura 49 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 6 niveles, el desplazamiento lateral inelástico va aumentando según se suba de nivel de piso y el perfil de suelo (S₁ y S₂) de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que el desplazamiento máximo para el perfil de suelo “S₁” se obtiene con el modelo Barkan-Savinov y para el “S₂” el modelo de Sargsian.

Tabla 80: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos

Piso	Desplazamiento Lateral Inelástico (mm) por el Sismo Y en Vivienda de 6 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
6	61.848	72.120	65.082	85.314	64.398	102.270	65.460	113.892	62.592	81.204
5	58.044	67.692	61.092	80.076	60.378	95.400	61.578	106.776	58.734	76.206
4	51.240	59.766	54.318	71.352	53.544	85.050	54.930	96.264	51.936	67.704
3	41.550	48.456	44.838	59.202	43.992	71.286	45.588	82.362	42.306	55.800
2	29.520	34.404	33.108	44.184	32.190	54.564	33.978	65.448	30.354	41.058
1	15.810	18.408	19.470	26.640	18.522	34.788	20.418	45.144	16.668	23.994

Fuente: Elaboración Propia

Figura 50: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos



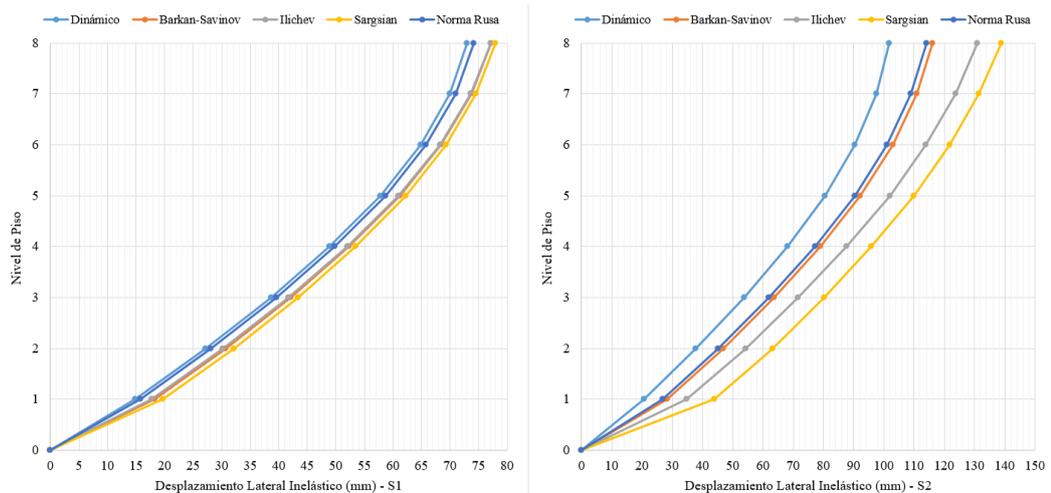
En la figura 50 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 6 niveles, el desplazamiento lateral inelástico va aumentando según se suba de nivel de piso y el perfil de suelo (S₁ y S₂) de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que el desplazamiento máximo para el perfil de suelo “S₁” se obtiene con el modelo Barkan-Savinov y para el “S₂” el modelo de Sargsian.

Tabla 81: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo X para vivienda de 8 pisos

Piso	Desplazamiento Lateral Inelástico (mm) por el Sismo X en Vivienda de 8 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
8	73.038	101.688	77.226	116.214	77.226	130.926	77.988	138.756	74.154	114.186
7	69.978	97.470	73.770	110.916	73.692	123.660	74.610	131.376	70.980	109.038
6	64.890	90.414	68.412	102.882	68.250	113.982	69.342	121.728	65.814	101.100
5	57.798	80.538	61.182	92.112	60.936	101.892	62.226	109.818	58.680	90.396
4	48.960	68.184	52.308	78.930	51.990	87.690	53.478	95.892	49.836	77.244
3	38.664	53.772	42.054	63.720	41.658	71.694	43.344	80.232	39.552	62.034
2	27.216	37.788	30.672	46.878	30.204	54.198	32.076	63.084	28.128	45.198
1	14.880	20.622	18.216	28.446	17.700	34.836	19.674	43.890	15.768	26.874

Fuente: Elaboración Propia

Figura 51: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo X para vivienda de 8 pisos



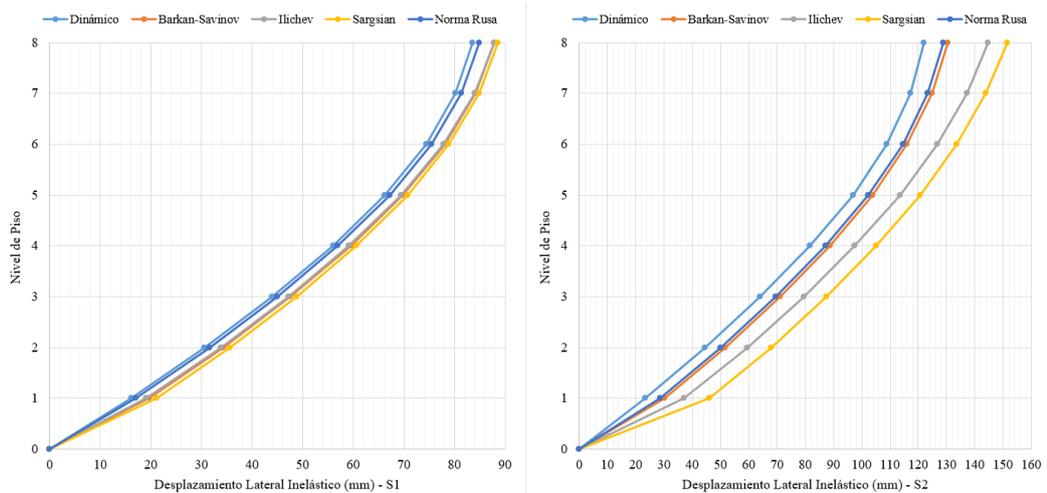
En la figura 51 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 8 niveles, el desplazamiento lateral inelástico va aumentando según se suba de nivel de piso y el perfil de suelo (S₁ y S₂) de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que el desplazamiento máximo para el perfil de suelo “S₁” se obtiene con el modelo Barkan-Savinov y para el “S₂” el modelo de Sargsian.

Tabla 82: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos

Piso	Desplazamiento Lateral Inelástico (mm) por el Sismo Y en Vivienda de 8 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
8	83.628	122.112	87.888	130.524	87.846	144.726	88.578	151.554	84.840	128.904
7	80.208	117.174	84.102	124.836	83.988	137.196	84.870	143.964	81.312	123.336
6	74.400	108.750	78.066	115.932	77.868	126.780	78.930	133.662	75.432	114.486
5	66.228	96.810	69.780	103.758	69.510	113.454	70.770	120.624	67.218	102.318
4	55.968	81.744	59.514	88.686	59.172	97.548	60.636	105.126	56.946	87.204
3	43.950	64.074	47.556	71.148	47.148	79.428	48.822	87.504	44.934	69.594
2	30.528	44.406	34.212	51.630	33.744	59.430	35.604	68.016	31.530	50.004
1	16.122	23.400	19.650	30.300	19.134	37.212	21.090	46.086	17.070	28.740

Fuente: Elaboración Propia

Figura 52: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos



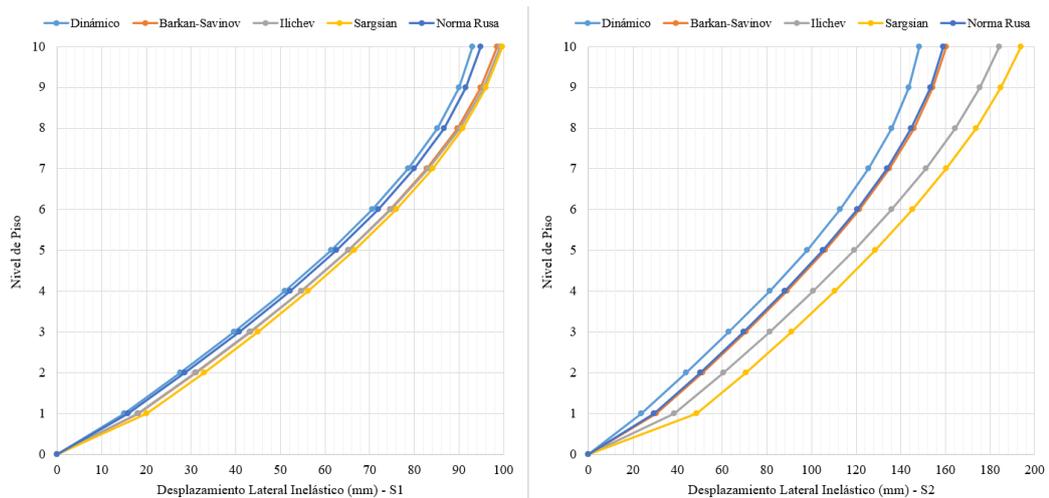
En la figura 52 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 8 niveles, el desplazamiento lateral inelástico va aumentando según se suba de nivel de piso y el perfil de suelo (S₁ y S₂) de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que el desplazamiento máximo para el perfil de suelo “S₁” se obtiene con el modelo Barkan-Savinov y para el “S₂” el modelo de Sargsian.

Tabla 83: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo X para vivienda de 10 pisos

Piso	Desplazamiento Lateral Inelástico (mm) por el Sismo X en Vivienda de 10 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
10	93.096	148.440	98.562	160.386	99.270	184.188	99.696	193.896	94.836	159.144
9	89.964	143.514	94.938	154.356	95.502	175.362	96.096	184.800	91.542	153.198
8	85.146	135.918	89.712	145.836	90.144	164.352	90.918	173.646	86.592	144.738
7	78.654	125.604	82.896	134.802	83.208	151.152	84.168	160.410	79.986	133.734
6	70.674	112.836	74.664	121.488	74.868	135.990	76.026	145.308	71.922	120.438
5	61.392	97.920	65.208	106.170	65.310	119.100	66.666	128.556	62.574	105.120
4	50.994	81.180	54.684	89.142	54.702	100.746	56.250	110.394	52.128	88.080
3	39.672	62.982	43.266	70.722	43.206	81.168	44.940	91.026	40.764	69.636
2	27.618	43.716	31.116	51.210	30.984	60.564	32.892	70.626	28.674	50.118
1	14.988	23.658	18.210	30.534	18.000	38.424	20.004	48.486	15.948	29.508

Fuente: Elaboración Propia

Figura 53: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo X para vivienda de 10 pisos



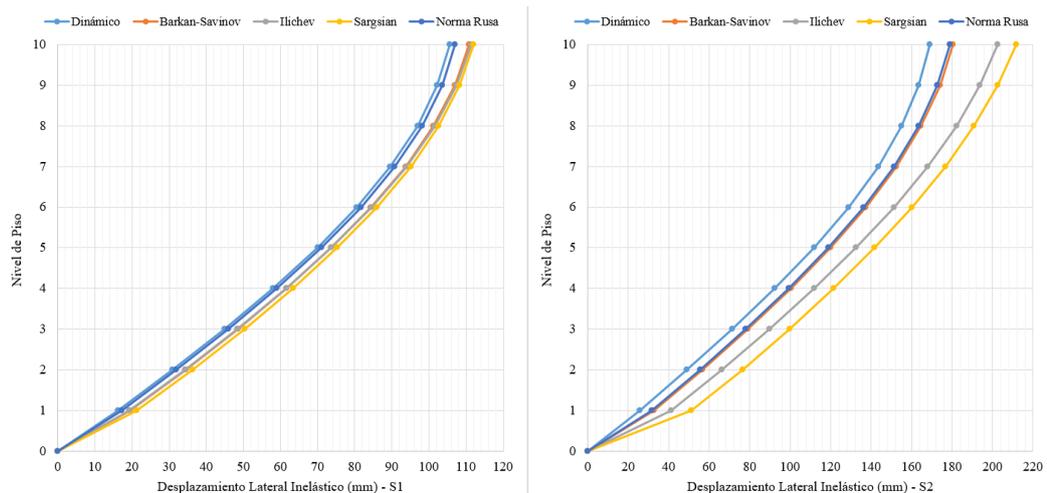
En la figura 53 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 10 niveles, el desplazamiento lateral inelástico va aumentando según se suba de nivel de piso y el perfil de suelo (S_1 y S_2) de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que el desplazamiento máximo para el perfil de suelo “ S_1 ” se obtiene con el modelo Barkan-Savinov y para el “ S_2 ” el modelo de Sargsian.

Tabla 84: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos

Piso	Desplazamiento Lateral Inelástico (mm) por el Sismo Y en Vivienda de 10 Pisos									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
10	105.618	168.828	110.760	180.294	111.384	202.668	112.032	211.782	107.094	178.968
9	102.258	163.560	106.950	173.988	107.442	193.698	108.246	202.566	103.590	172.746
8	96.930	155.160	101.256	164.754	101.628	182.124	102.594	190.878	98.154	163.566
7	89.634	143.556	93.678	152.508	93.936	167.892	95.076	176.664	90.774	151.350
6	80.580	129.024	84.420	137.514	84.582	151.266	85.896	160.170	81.660	136.368
5	69.972	111.900	73.692	120.090	73.770	132.528	75.258	141.648	71.022	118.944
4	58.020	92.568	61.674	100.584	61.674	111.972	63.336	121.380	59.052	99.414
3	44.916	71.424	48.534	79.326	48.468	89.862	50.298	99.594	45.942	78.138
2	30.882	48.930	34.458	56.688	34.332	66.414	36.306	76.446	31.908	55.488
1	16.200	25.590	19.506	32.712	19.320	41.112	21.342	51.186	17.154	31.608

Fuente: Elaboración Propia

Figura 54: Desplazamiento lateral por piso “d_i” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos



En la figura 54 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 10 niveles, el desplazamiento lateral inelástico va aumentando según se suba de nivel de piso y el perfil de suelo (S₁ y S₂) de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que el desplazamiento máximo para el perfil de suelo “S₁” se obtiene con el modelo Barkan-Savinov y para el “S₂” el modelo de Sargsian.

4.5.6 Derivas de Entrepiso

En las siguientes tablas del 85 al 100 y figuras del 55 al 62, observaremos las derivas de entrepiso por cada nivel para cada análisis aplicado a las edificaciones en estudio y así mismo para cada perfil de suelo.

Tabla 85: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 4 Pisos en suelo S_1									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
4	0.00103	Ok	0.00115	Ok	0.00113	Ok	0.00111	Ok	0.00106	Ok
3	0.00191	Ok	0.00203	Ok	0.00201	Ok	0.00199	Ok	0.00193	Ok
2	0.00266	Ok	0.00287	Ok	0.00282	Ok	0.00283	Ok	0.00270	Ok
1	0.00287	Ok	0.00405	Ok	0.00362	Ok	0.00409	Ok	0.00310	Ok

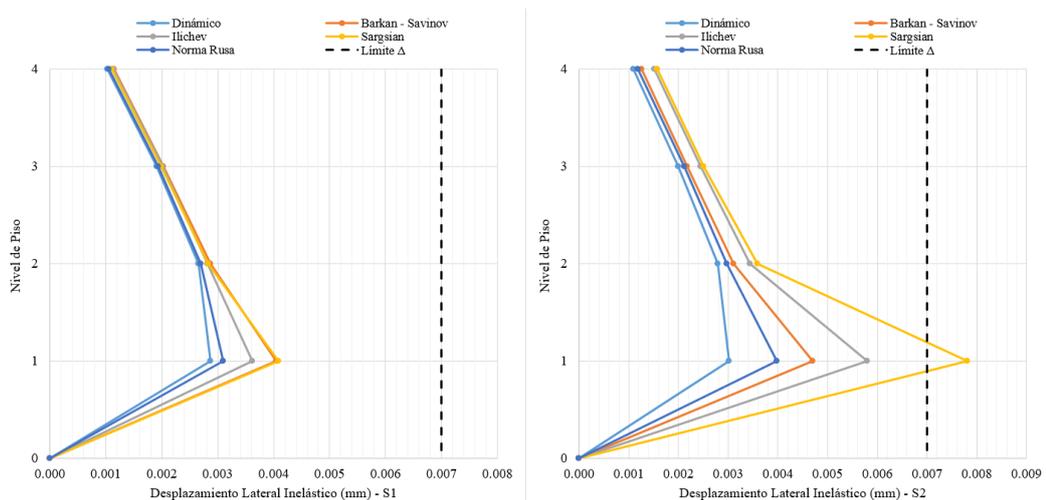
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 86: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 4 Pisos en suelo S_2									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
4	0.00109	Ok	0.00126	Ok	0.00152	Ok	0.00157	Ok	0.00119	Ok
3	0.00200	Ok	0.00218	Ok	0.00245	Ok	0.00251	Ok	0.00211	Ok
2	0.00279	Ok	0.00310	Ok	0.00344	Ok	0.00358	Ok	0.00297	Ok
1	0.00301	Ok	0.00470	Ok	0.00580	Ok	0.00781	NO	0.00398	Ok

Fuente: Elaboración Propia

Figura 55: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos



En la figura 55 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 4 niveles, la deriva toma esa forma y aumenta en el caso de perfil (De S_1 a S_2), como también de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que los picos más altos de deriva ocurren en el primer entre piso. Así mismo, para el perfil de suelo “ S_2 ” está fuera del límite permitido según el modelo de Sargsian de la Interacción suelo estructura.

Tabla 87: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 4 Pisos en suelo S_1									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
4	0.00138	Ok	0.00148	Ok	0.00146	Ok	0.00144	Ok	0.00140	Ok
3	0.00249	Ok	0.00261	Ok	0.00258	Ok	0.00257	Ok	0.00251	Ok
2	0.00342	Ok	0.00367	Ok	0.00360	Ok	0.00363	Ok	0.00347	Ok
1	0.00340	Ok	0.00471	Ok	0.00424	Ok	0.00475	Ok	0.00365	Ok

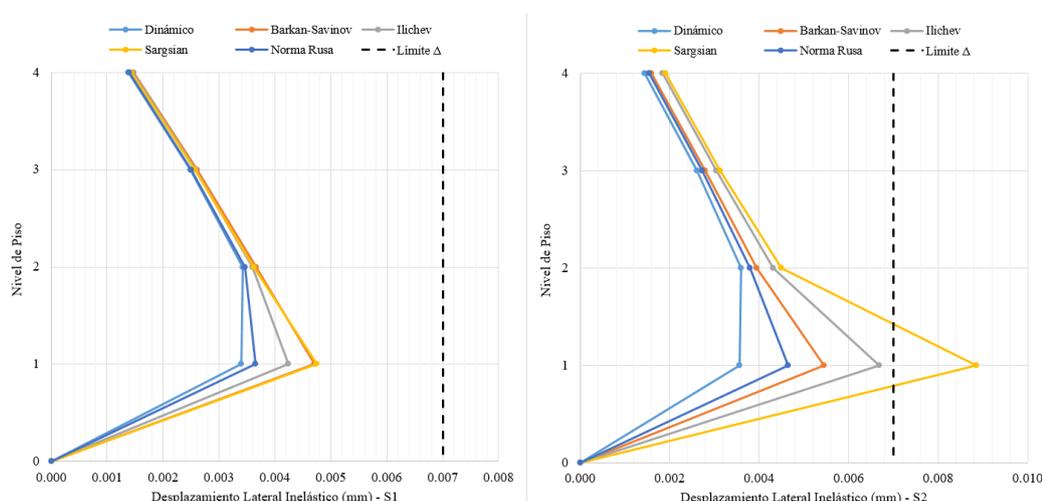
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 88: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 4 Pisos en suelo S_2									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
4	0.00145	Ok	0.00160	Ok	0.00185	Ok	0.00191	Ok	0.00154	Ok
3	0.00261	Ok	0.00279	Ok	0.00305	Ok	0.00312	Ok	0.00272	Ok
2	0.00359	Ok	0.00395	Ok	0.00432	Ok	0.00449	Ok	0.00380	Ok
1	0.00357	Ok	0.00545	Ok	0.00669	Ok	0.00886	NO	0.00465	Ok

Fuente: Elaboración Propia

Figura 56: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos



En la figura 56 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 4 niveles, la deriva toma esa forma y aumenta en el caso de perfil (De S_1 a S_2), como también de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que los picos más altos de deriva ocurren en el primer entre piso. Así mismo, para el perfil de suelo “ S_2 ” está fuera del límite permitido según el modelo de Sargsian de la Interacción suelo estructura.

Tabla 89: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 6 Pisos en suelo S_1									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
6	0.00114	Ok	0.00124	Ok	0.00126	Ok	0.00120	Ok	0.00117	Ok
5	0.00204	Ok	0.00207	Ok	0.00210	Ok	0.00202	Ok	0.00205	Ok
4	0.00289	Ok	0.00287	Ok	0.00290	Ok	0.00281	Ok	0.00289	Ok
3	0.00358	Ok	0.00353	Ok	0.00357	Ok	0.00348	Ok	0.00358	Ok
2	0.00411	Ok	0.00412	Ok	0.00415	Ok	0.00408	Ok	0.00412	Ok
1	0.00407	Ok	0.00509	Ok	0.00484	Ok	0.00535	Ok	0.00432	Ok

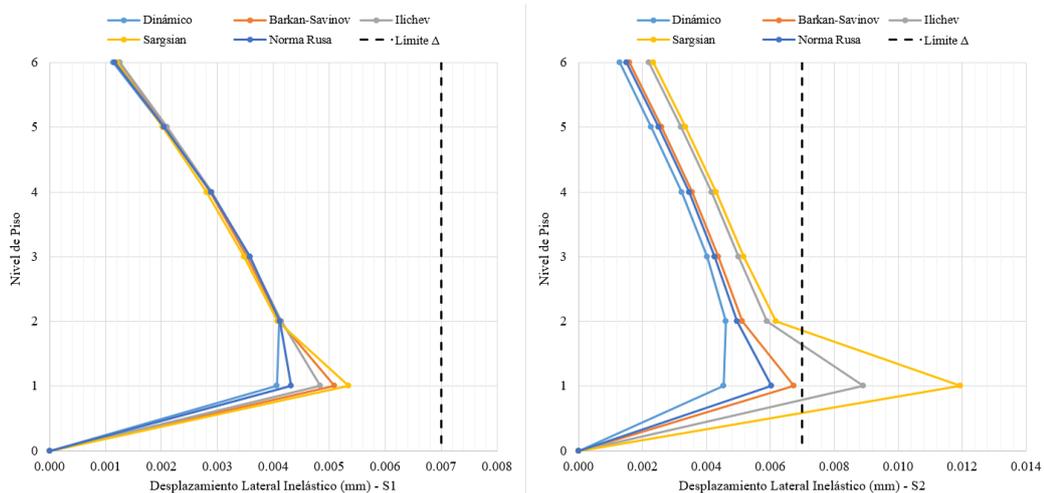
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 90: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 6 Pisos en suelo S_2									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
6	0.00128	Ok	0.00159	Ok	0.00220	Ok	0.00234	Ok	0.00150	Ok
5	0.00228	Ok	0.00260	Ok	0.00320	Ok	0.00334	Ok	0.00251	Ok
4	0.00324	Ok	0.00356	Ok	0.00417	Ok	0.00431	Ok	0.00347	Ok
3	0.00402	Ok	0.00437	Ok	0.00500	Ok	0.00517	Ok	0.00427	Ok
2	0.00461	Ok	0.00512	Ok	0.00590	Ok	0.00617	Ok	0.00497	Ok
1	0.00455	Ok	0.00674	Ok	0.00890	NO	0.01195	NO	0.00604	Ok

Fuente: Elaboración Propia

Figura 57: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos



En la figura 57 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 6 niveles, la deriva toma esa forma y aumenta en el caso de perfil (De S_1 a S_2), como también de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que los picos más altos de deriva ocurren en el primer entre piso. Así mismo, para el perfil de suelo “ S_2 ” está fuera del límite permitido según los modelos de Ilichev y Sargsian de la Interacción suelo estructura.

Tabla 91: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 6 Pisos en suelo S_1									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
6	0.00141	Ok	0.00148	Ok	0.00149	Ok	0.00144	Ok	0.00143	Ok
5	0.00252	Ok	0.00251	Ok	0.00253	Ok	0.00246	Ok	0.00252	Ok
4	0.00359	Ok	0.00351	Ok	0.00354	Ok	0.00346	Ok	0.00357	Ok
3	0.00446	Ok	0.00434	Ok	0.00437	Ok	0.00430	Ok	0.00443	Ok
2	0.00508	Ok	0.00505	Ok	0.00506	Ok	0.00502	Ok	0.00507	Ok
1	0.00465	Ok	0.00573	Ok	0.00545	Ok	0.00601	Ok	0.00490	Ok

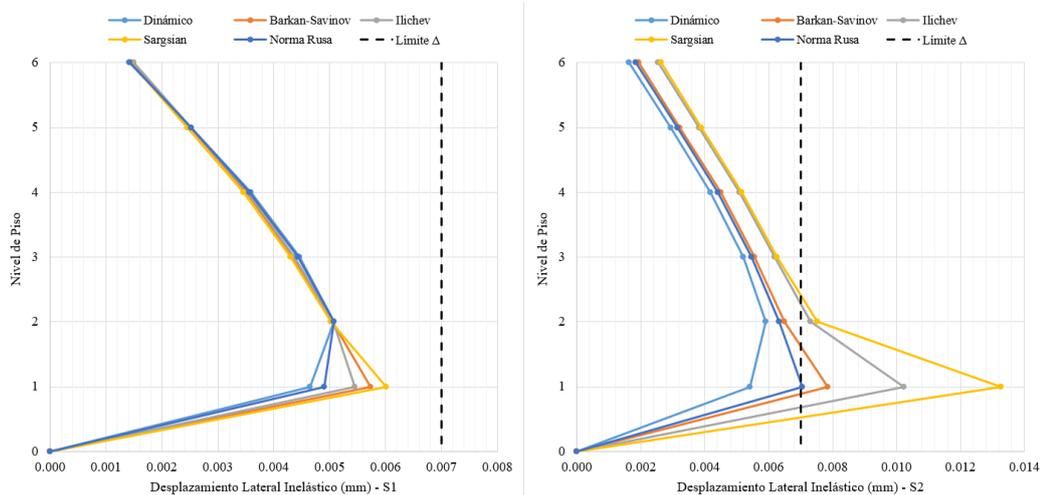
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 92: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 6 Pisos en suelo S_2									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
6	0.00164	Ok	0.00194	Ok	0.00254	Ok	0.00264	Ok	0.00185	Ok
5	0.00294	Ok	0.00323	Ok	0.00383	Ok	0.00389	Ok	0.00315	Ok
4	0.00419	Ok	0.00450	Ok	0.00510	Ok	0.00515	Ok	0.00441	Ok
3	0.00520	Ok	0.00556	Ok	0.00619	Ok	0.00626	Ok	0.00546	Ok
2	0.00592	Ok	0.00650	Ok	0.00732	NO	0.00752	NO	0.00632	Ok
1	0.00541	Ok	0.00784	NO	0.01023	NO	0.01328	NO	0.00706	NO

Fuente: Elaboración Propia

Figura 58: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos



En la figura 58 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 6 niveles, la deriva toma esa forma y aumenta en el caso de perfil (De S_1 a S_2), como también de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que los picos más altos de deriva ocurren en el primer entre piso. Así mismo, para el perfil de suelo “ S_2 ” está fuera del límite permitido según los modelos de Norma Rusa, Barkan-Savinov, Ilichev y Sargsian de la Interacción suelo estructura.

Tabla 93: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 8 Pisos en suelo S_1									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
8	0.00113	Ok	0.00128	Ok	0.00131	Ok	0.00125	Ok	0.00118	Ok
7	0.00188	Ok	0.00198	Ok	0.00202	Ok	0.00195	Ok	0.00191	Ok
6	0.00263	Ok	0.00268	Ok	0.00271	Ok	0.00264	Ok	0.00264	Ok
5	0.00327	Ok	0.00329	Ok	0.00331	Ok	0.00324	Ok	0.00328	Ok
4	0.00381	Ok	0.00380	Ok	0.00383	Ok	0.00375	Ok	0.00381	Ok
3	0.00424	Ok	0.00422	Ok	0.00424	Ok	0.00417	Ok	0.00423	Ok
2	0.00457	Ok	0.00461	Ok	0.00463	Ok	0.00459	Ok	0.00458	Ok
1	0.00438	Ok	0.00536	Ok	0.00521	Ok	0.00579	Ok	0.00464	Ok

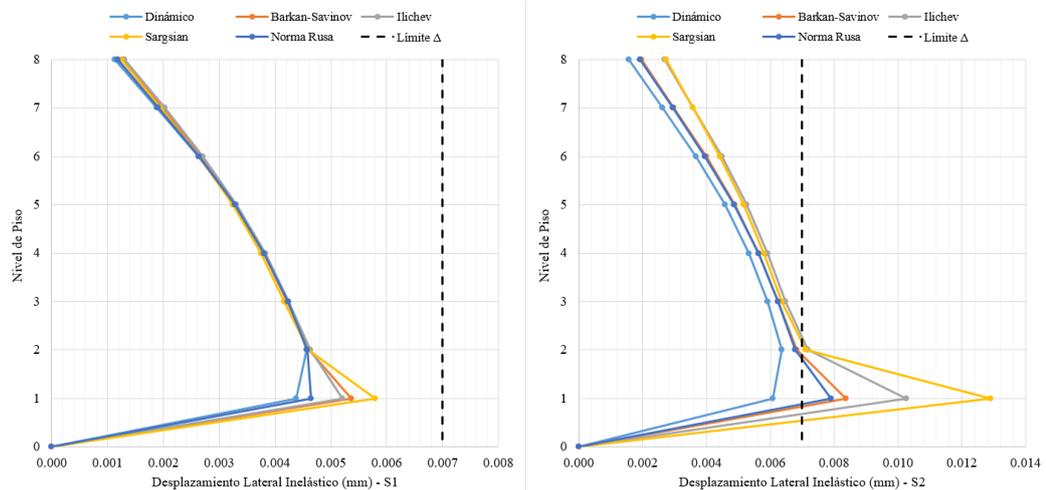
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 94: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 8 Pisos en suelo S_2									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
8	0.00156	Ok	0.00196	Ok	0.00269	Ok	0.00273	Ok	0.00191	Ok
7	0.00261	Ok	0.00298	Ok	0.00358	Ok	0.00357	Ok	0.00294	Ok
6	0.00366	Ok	0.00399	Ok	0.00448	Ok	0.00441	Ok	0.00396	Ok
5	0.00458	Ok	0.00488	Ok	0.00526	Ok	0.00516	Ok	0.00487	Ok
4	0.00534	Ok	0.00563	Ok	0.00592	Ok	0.00580	Ok	0.00563	Ok
3	0.00592	Ok	0.00624	Ok	0.00648	Ok	0.00635	Ok	0.00624	Ok
2	0.00636	Ok	0.00683	Ok	0.00717	NO	0.00711	NO	0.00679	Ok
1	0.00607	Ok	0.00837	NO	0.01025	NO	0.01291	NO	0.00790	NO

Fuente: Elaboración Propia

Figura 59: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos



En la figura 59 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 8 niveles, la deriva toma esa forma y aumenta en el caso de perfil (De S_1 a S_2), como también de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que los picos más altos de deriva ocurren en el primer entre piso. Así mismo, para el perfil de suelo “ S_2 ” está fuera del límite permitido según los modelos de Norma Rusa, Barkan-Savinov, Ilichev y Sargsian de la Interacción suelo estructura.

Tabla 95: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 8 Pisos en suelo S_1									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
8	0.00127	Ok	0.00140	Ok	0.00143	Ok	0.00137	Ok	0.00131	Ok
7	0.00215	Ok	0.00224	Ok	0.00227	Ok	0.00220	Ok	0.00218	Ok
6	0.00303	Ok	0.00307	Ok	0.00310	Ok	0.00302	Ok	0.00304	Ok
5	0.00380	Ok	0.00380	Ok	0.00383	Ok	0.00375	Ok	0.00380	Ok
4	0.00445	Ok	0.00443	Ok	0.00445	Ok	0.00438	Ok	0.00445	Ok
3	0.00497	Ok	0.00494	Ok	0.00496	Ok	0.00490	Ok	0.00496	Ok
2	0.00534	Ok	0.00539	Ok	0.00541	Ok	0.00538	Ok	0.00536	Ok
1	0.00474	Ok	0.00578	Ok	0.00563	Ok	0.00620	Ok	0.00502	Ok

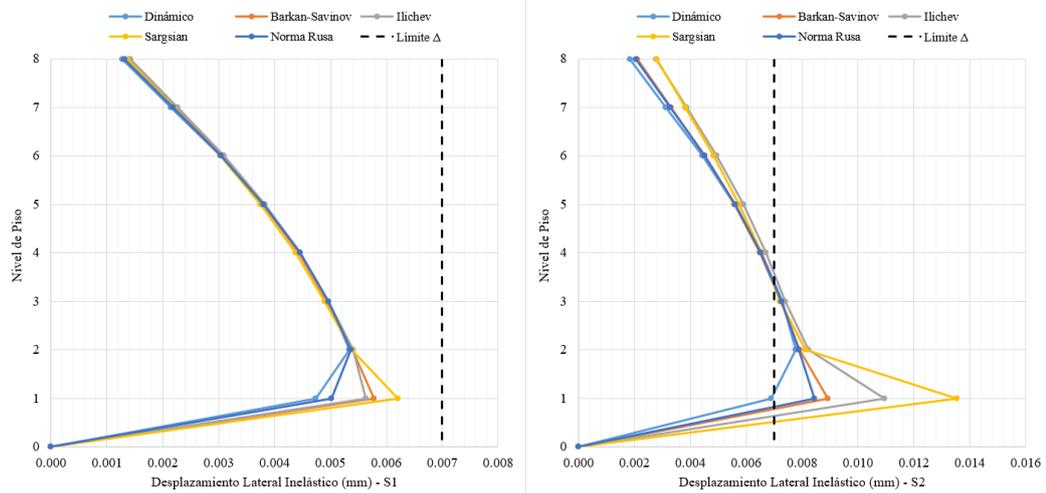
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 96: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 8 Pisos en suelo S_2									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
8	0.00183	Ok	0.00211	Ok	0.00279	Ok	0.00281	Ok	0.00206	Ok
7	0.00312	Ok	0.00330	Ok	0.00386	Ok	0.00382	Ok	0.00328	Ok
6	0.00442	Ok	0.00451	Ok	0.00494	Ok	0.00483	Ok	0.00451	Ok
5	0.00558	Ok	0.00558	Ok	0.00589	Ok	0.00574	Ok	0.00560	Ok
4	0.00654	Ok	0.00650	Ok	0.00671	Ok	0.00653	Ok	0.00652	Ok
3	0.00728	NO	0.00723	NO	0.00741	NO	0.00722	NO	0.00726	NO
2	0.00778	NO	0.00790	NO	0.00823	NO	0.00812	NO	0.00788	NO
1	0.00688	Ok	0.00891	NO	0.01094	NO	0.01355	NO	0.00845	NO

Fuente: Elaboración Propia

Figura 60: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos



En la figura 60 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 8 niveles, la deriva toma esa forma y aumenta en el caso de perfil (De S_1 a S_2), como también de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que los picos más altos de deriva ocurren en el primer entre piso. Así mismo, para el perfil de suelo “ S_2 ” está fuera del límite permitido según el análisis dinámico del sismorresistente y los modelos de Norma Rusa, Barkan-Savinov, Ilichev y Sargsian de la Interacción suelo estructura.

Tabla 97: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_1									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
10	0.00116	Ok	0.00134	Ok	0.00140	Ok	0.00133	Ok	0.00122	Ok
9	0.00178	Ok	0.00194	Ok	0.00198	Ok	0.00192	Ok	0.00183	Ok
8	0.00240	Ok	0.00252	Ok	0.00257	Ok	0.00250	Ok	0.00245	Ok
7	0.00296	Ok	0.00305	Ok	0.00309	Ok	0.00302	Ok	0.00299	Ok
6	0.00344	Ok	0.00350	Ok	0.00354	Ok	0.00347	Ok	0.00346	Ok
5	0.00385	Ok	0.00390	Ok	0.00393	Ok	0.00386	Ok	0.00387	Ok
4	0.00419	Ok	0.00423	Ok	0.00426	Ok	0.00419	Ok	0.00421	Ok
3	0.00446	Ok	0.00450	Ok	0.00453	Ok	0.00446	Ok	0.00448	Ok
2	0.00468	Ok	0.00478	Ok	0.00481	Ok	0.00477	Ok	0.00471	Ok
1	0.00441	Ok	0.00536	Ok	0.00529	Ok	0.00588	Ok	0.00469	Ok

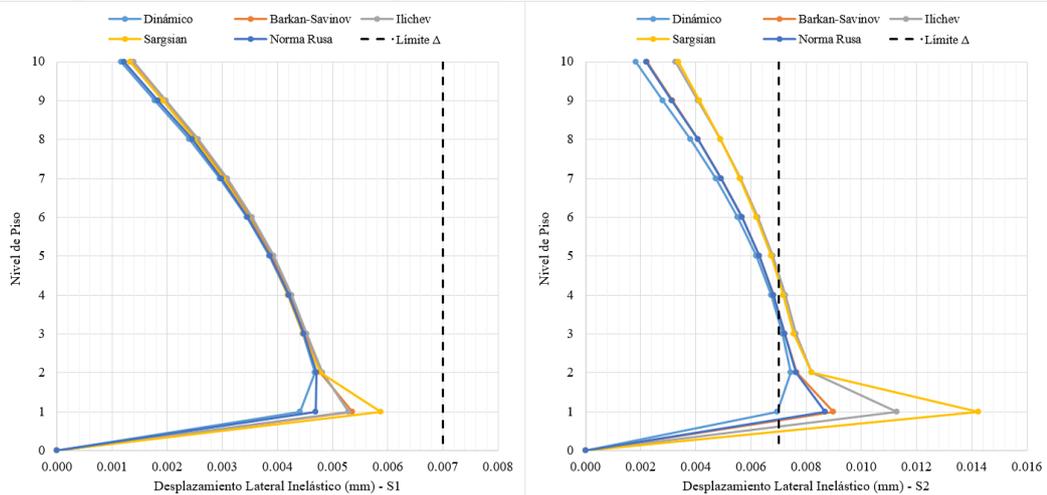
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 98: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_2									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
10	0.00182	Ok	0.00223	Ok	0.00327	Ok	0.00337	Ok	0.00220	Ok
9	0.00281	Ok	0.00316	Ok	0.00408	Ok	0.00413	Ok	0.00313	Ok
8	0.00382	Ok	0.00409	Ok	0.00489	Ok	0.00490	Ok	0.00408	Ok
7	0.00473	Ok	0.00493	Ok	0.00562	Ok	0.00559	Ok	0.00492	Ok
6	0.00552	Ok	0.00567	Ok	0.00626	Ok	0.00620	Ok	0.00567	Ok
5	0.00620	Ok	0.00631	Ok	0.00680	Ok	0.00673	Ok	0.00631	Ok
4	0.00674	Ok	0.00682	Ok	0.00725	NO	0.00717	NO	0.00683	Ok
3	0.00714	NO	0.00723	NO	0.00763	NO	0.00756	NO	0.00723	NO
2	0.00743	NO	0.00766	NO	0.00820	NO	0.00820	NO	0.00763	NO
1	0.00696	Ok	0.00898	NO	0.01130	NO	0.01426	NO	0.00868	NO

Fuente: Elaboración Propia

Figura 61: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos



En la figura 61 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección X aplicada a la vivienda de 10 niveles, la deriva toma esa forma y aumenta en el caso de perfil (De S_1 a S_2), como también de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que los picos más altos de deriva ocurren en el primer entre piso. Así mismo, para el perfil de suelo “ S_2 ” está fuera del límite permitido según el análisis dinámico del sismorresistente y los modelos de Norma Rusa, Barkan-Savinov, Ilichev y Sargsian de la Interacción suelo estructura.

Tabla 99: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_1									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
10	0.00124	Ok	0.00141	Ok	0.00146	Ok	0.00140	Ok	0.00130	Ok
9	0.00197	Ok	0.00211	Ok	0.00215	Ok	0.00209	Ok	0.00201	Ok
8	0.00270	Ok	0.00281	Ok	0.00285	Ok	0.00278	Ok	0.00273	Ok
7	0.00335	Ok	0.00343	Ok	0.00346	Ok	0.00340	Ok	0.00338	Ok
6	0.00393	Ok	0.00397	Ok	0.00400	Ok	0.00394	Ok	0.00394	Ok
5	0.00443	Ok	0.00445	Ok	0.00448	Ok	0.00442	Ok	0.00443	Ok
4	0.00485	Ok	0.00487	Ok	0.00489	Ok	0.00483	Ok	0.00486	Ok
3	0.00520	Ok	0.00521	Ok	0.00524	Ok	0.00518	Ok	0.00520	Ok
2	0.00544	Ok	0.00554	Ok	0.00556	Ok	0.00554	Ok	0.00546	Ok
1	0.00476	Ok	0.00574	Ok	0.00568	Ok	0.00628	Ok	0.00505	Ok

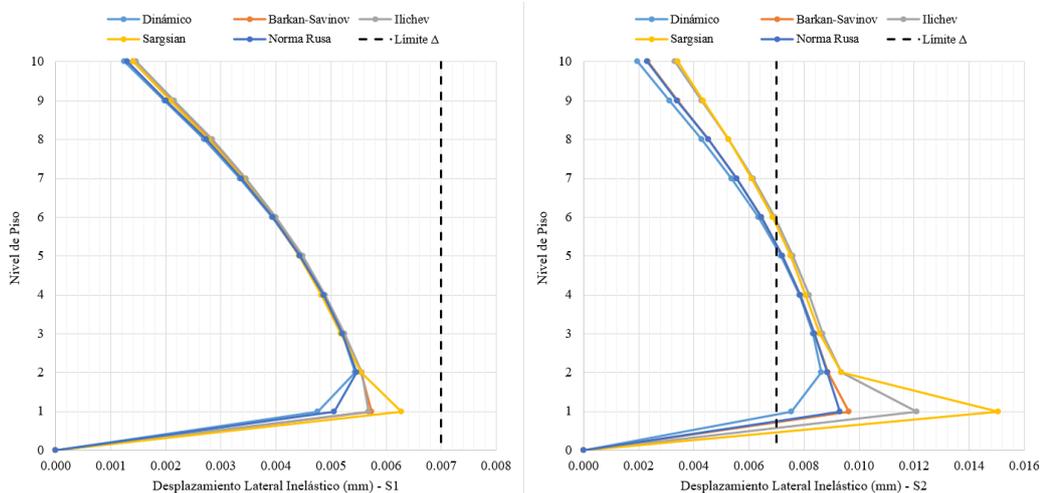
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 100: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_2									
	Dinámico		Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
10	0.00195	Ok	0.00234	Ok	0.00332	Ok	0.00341	Ok	0.00230	Ok
9	0.00311	Ok	0.00342	Ok	0.00429	Ok	0.00433	Ok	0.00340	Ok
8	0.00430	Ok	0.00454	Ok	0.00527	Ok	0.00526	Ok	0.00452	Ok
7	0.00538	Ok	0.00555	Ok	0.00616	Ok	0.00611	Ok	0.00555	Ok
6	0.00634	Ok	0.00645	Ok	0.00694	Ok	0.00686	Ok	0.00645	Ok
5	0.00716	NO	0.00722	NO	0.00761	NO	0.00751	NO	0.00723	NO
4	0.00783	NO	0.00787	NO	0.00819	NO	0.00807	NO	0.00788	NO
3	0.00833	NO	0.00838	NO	0.00868	NO	0.00857	NO	0.00839	NO
2	0.00864	NO	0.00888	NO	0.00937	NO	0.00936	NO	0.00884	NO
1	0.00753	NO	0.00962	NO	0.01209	NO	0.01505	NO	0.00930	NO

Fuente: Elaboración Propia

Figura 62: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos



En la figura 62 se aprecia que, para cada nivel en la simulación del sismo en la dirección Y aplicada a la vivienda de 10 niveles, la deriva toma esa forma y aumenta en el caso de perfil (De S_1 a S_2), como también de acuerdo al análisis que se aplique. Se observa que los picos más altos de deriva ocurren en el primer entre piso. Así mismo, para el perfil de suelo “ S_2 ” está fuera del límite permitido según el análisis dinámico del sismorresistente y los modelos de Norma Rusa, Barkan-Savinov, Ilichev y Sargsian de la Interacción suelo estructura.

4.6 Contrastación de hipótesis

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS GENERAL

H₀: El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente no son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019.

H₁: El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019.

DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Utilizamos el siguiente criterio:

Si el porcentaje de la relación entre la diferencia del valor del parámetro producto por interacción suelo estructura y el valor del parámetro producto del sismorresistente, y el valor del parámetro producto del sismorresistente $((P_{ISE} - P_D)/P_D)*100 = 0$, se determina que en los parámetros evaluados no son diferentes en ambos análisis, por lo tanto, se acepta la hipótesis **H₀**.

Si el valor de $((P_{ISE} - P_D)/P_D)*100 \neq 0$, se determina que en los parámetros evaluados son diferentes en ambos análisis, por lo tanto, se acepta la hipótesis **H₁**.

Aplicamos el software **EXCEL** para manipular los resultados del **ETABS 2016**.

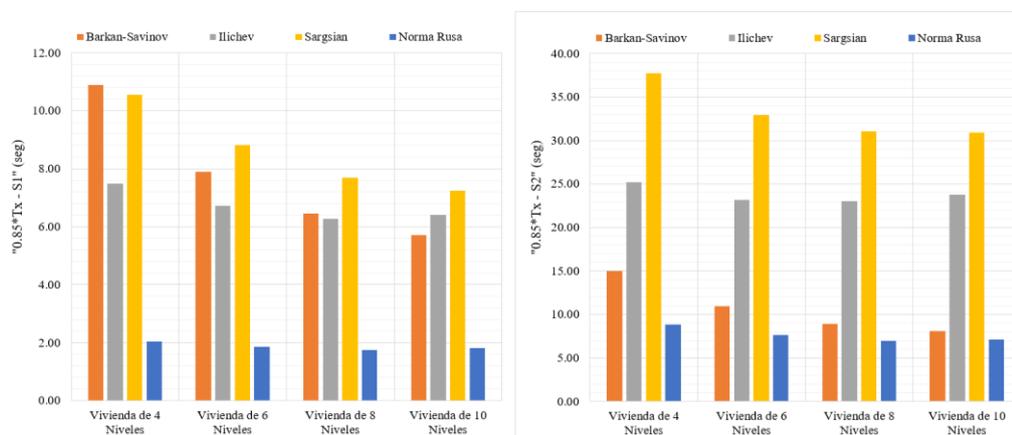
A) Periodo Fundamental

Tabla 101: Variación en porcentaje del periodo fundamental “0.85*T_X” por el sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico

Análisis Dinámico	Variación (%) de “0.85*T _X ” – Sismo X							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico - Base	0.250		0.366		0.487		0.611	
Barkan-Savinov	10.88	14.97	7.89	10.90	6.46	8.90	5.70	8.07
Ilichev	7.48	25.17	6.73	23.20	6.28	23.04	6.40	23.78
Sargsian	10.54	37.76	8.82	32.95	7.68	31.06	7.23	30.88
Norma Rusa	2.04	8.84	1.86	7.66	1.75	6.98	1.81	7.09

Fuente: Elaboración Propia

Figura 63: Variación en porcentaje del periodo fundamental “0.85*T_X” por el sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico



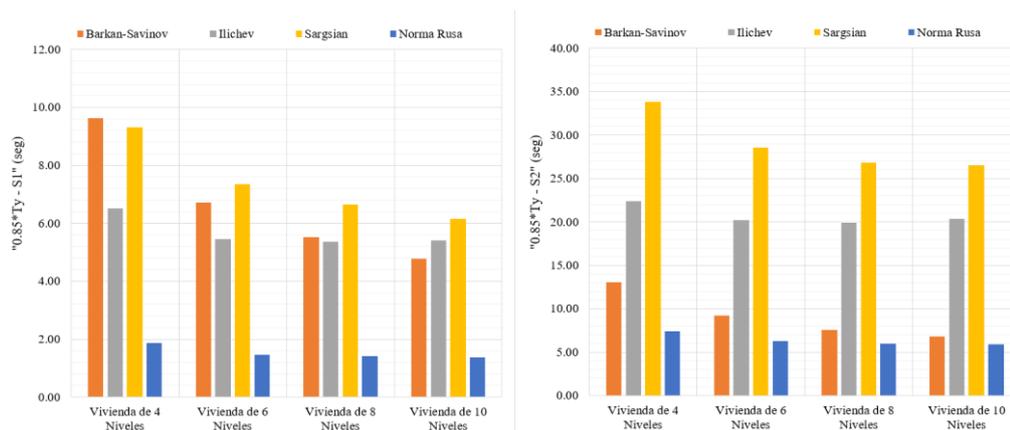
En la figura 63 se aprecia que, para cada edificación la simulación del sismo en la dirección X, el porcentaje de variación del periodo fundamental aumenta según el caso del perfil del suelo (De S₁ a S₂), como también de acuerdo del modelo de ISE que se aplique. Se observa también que el porcentaje de variación va disminuyendo según se aumenta los niveles de piso. Así mismo, para el perfil de suelo “S₁” la variación más alta es el modelo de Barkan-Savinov para la vivienda de 4 niveles, y para las viviendas de 6, 8 y 10 niveles el modelo de Sargsian. Pero en el caso del perfil de suelo “S₂” la variación más alta es el modelo de Sargsian para las viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles. Por lo tanto se demuestra la hipótesis propuesta por el investigador y se rechaza la hipótesis nula, es decir el análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en el parámetro del periodo fundamental.

Tabla 102: Variación en porcentaje del periodo fundamental “0.85*T_Y” por el sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico

Análisis Dinámico	Variación (%) de “0.85*T _Y ” – Sismo Y							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico - Base	0.274		0.405		0.538		0.676	
Barkan-Savinov	9.63	13.04	6.72	9.24	5.53	7.58	4.78	6.79
Ilichev	6.52	22.36	5.46	20.17	5.37	19.91	5.41	20.38
Sargsian	9.32	33.85	7.35	28.57	6.64	26.86	6.16	26.54
Norma Rusa	1.86	7.45	1.47	6.30	1.42	6.00	1.38	5.91

Fuente: Elaboración Propia

Figura 64: Variación en porcentaje del periodo fundamental “0.85*T_Y” por el sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico



En la figura 64 se aprecia que, para cada edificación la simulación del sismo en la dirección Y, el porcentaje de variación del periodo fundamental aumenta según el caso del perfil del suelo (De S₁ a S₂), como también de acuerdo del modelo de ISE que se aplique. Se observa también que el porcentaje de variación va disminuyendo según se aumenta los niveles de piso. Así mismo, para el perfil de suelo “S₁” la variación más alta es el modelo de Barkan-Savinov para la vivienda de 4 niveles, y para las viviendas de 6, 8 y 10 niveles el modelo de Sargsian. Pero en el caso del perfil de suelo “S₂” la variación más alta es el modelo de Sargsian para las viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles. Por lo tanto se demuestra la hipótesis propuesta por el investigador y se rechaza la hipótesis nula, es decir el análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en el parámetro del periodo fundamental.

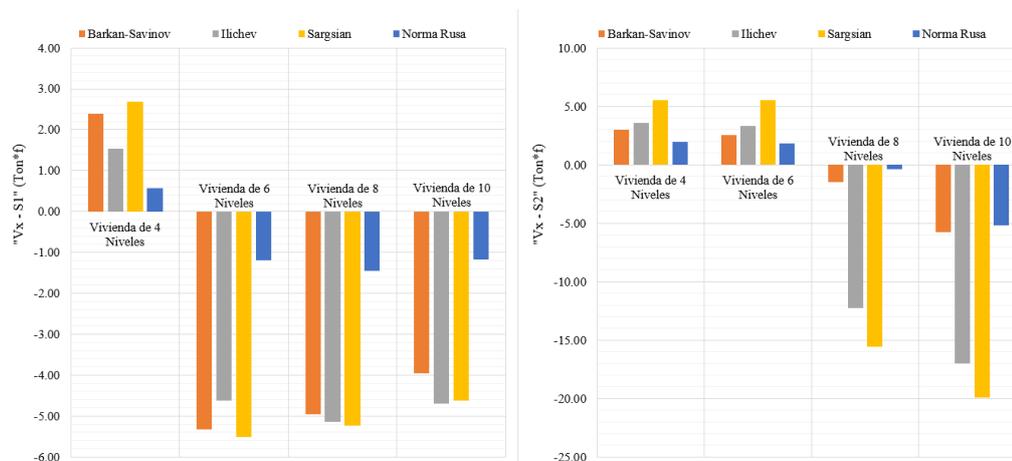
B) Cortantes

Tabla 103: Variación en porcentaje del cortante basal “V_x” por el sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico

Análisis Dinámico	Variación (%) de “V _x ” – Sismo X							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico - Base	125.991	132.290	175.064	195.973	186.523	258.156	186.808	294.220
Barkan-Savinov	2.39	2.97	-5.33	2.52	-4.95	-1.49	-3.95	-5.78
Ilichev	1.53	3.56	-4.63	3.34	-5.14	-12.23	-4.69	-17.02
Sargsian	2.68	5.52	-5.51	5.54	-5.23	-15.60	-4.63	-19.89
Norma Rusa	0.57	1.96	-1.20	1.81	-1.45	-0.38	-1.18	-5.15

Fuente: Elaboración Propia

Figura 65: Variación en porcentaje del cortante basal “V_x” por el sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico



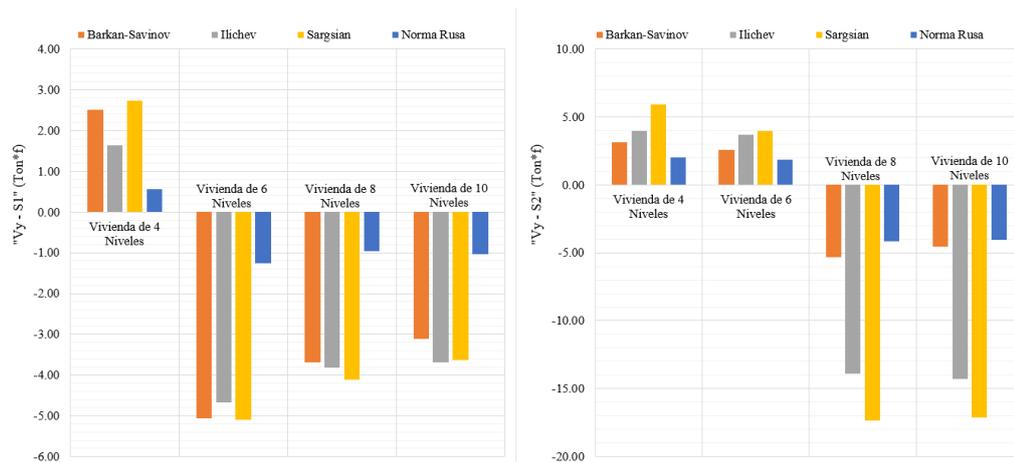
En la figura 65 se aprecia que, para cada edificación la simulación del sismo en la dirección X, el porcentaje de variación de la cortante en la base aumenta según el caso del perfil del suelo (De S₁ a S₂), como también de acuerdo del modelo de ISE que se aplique. Se observa también que el porcentaje de variación va disminuyendo según se aumenta los niveles de piso. Así mismo, para el perfil de suelo “S₁” la variación más alta es el modelo de Sargsian para las viviendas de 4, 6 y 8 niveles, y para la vivienda de 10 niveles el modelo de Ilichev. Pero en el caso del perfil de suelo “S₂” la variación más alta es el modelo de Sargsian para las viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles. Por lo tanto, se demuestra la hipótesis propuesta por el investigador y se rechaza la hipótesis nula, es decir el análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en el parámetro de la cortante en la base.

Tabla 104: Variación en porcentaje del cortante basal “V_Y” por el sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico

Análisis Dinámico	Variación (%) de “V _Y ” – Sismo Y							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico - Base	124.479	130.703	166.894	194.011	168.843	244.294	266.092	266.092
Barkan-Savinov	2.50	3.14	-5.06	2.58	-3.69	-5.31	-3.11	-4.53
Ilichev	1.63	3.96	-4.67	3.67	-3.82	-13.90	-3.68	-14.28
Sargsian	2.74	5.94	-5.09	3.95	-4.11	-17.36	-3.63	-17.13
Norma Rusa	0.57	2.03	-1.26	1.84	-0.96	-4.16	-1.03	-4.03

Fuente: Elaboración Propia

Figura 66: Variación en porcentaje del cortante basal “V_Y” por el sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico



En la figura 66 se aprecia que, para cada edificación la simulación del sismo en la dirección Y, el porcentaje de variación de la cortante en la base aumenta según el caso del perfil del suelo (De S₁ a S₂), como también de acuerdo del modelo de ISE que se aplique. Se observa también que el porcentaje de variación va disminuyendo según se aumenta los niveles de piso. Así mismo, para el perfil de suelo “S₁” la variación más alta es el modelo de Sargsian para las viviendas de 4, 6 y 8 niveles, y para la vivienda de 10 niveles el modelo de Ilichev. Pero en el caso del perfil de suelo “S₂” la variación más alta es el modelo de Sargsian para las viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles. Por lo tanto, se demuestra la hipótesis propuesta por el investigador y se rechaza la hipótesis nula, es decir el análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en el parámetro de la cortante en la base.

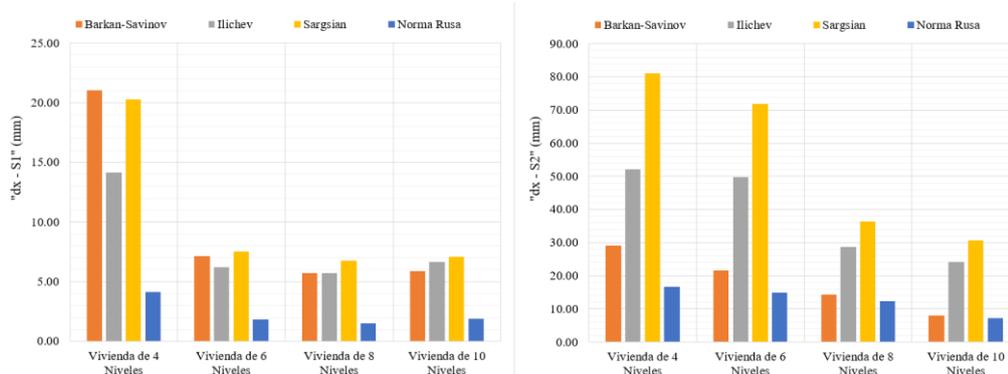
C) Desplazamiento Lateral Inelástico

Tabla 105: Variación en porcentaje del desplazamiento lateral por piso “dx” sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico

Análisis Dinámico	Variación (%) de “dx” – Sismo X							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico - Base	24.858	26.100	51.018	57.144	73.038	101.688	93.096	148.440
Barkan-Savinov	21.02	29.01	7.15	21.62	5.73	14.28	5.87	8.05
Ilichev	14.14	52.21	6.20	49.73	5.73	28.75	6.63	24.08
Sargsian	20.28	81.01	7.53	71.90	6.78	36.45	7.09	30.62
Norma Rusa	4.13	16.76	1.83	14.94	1.53	12.29	1.87	7.21

Fuente: Elaboración Propia

Figura 67: Variación en porcentaje del desplazamiento lateral por piso “dx” sismo X para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico



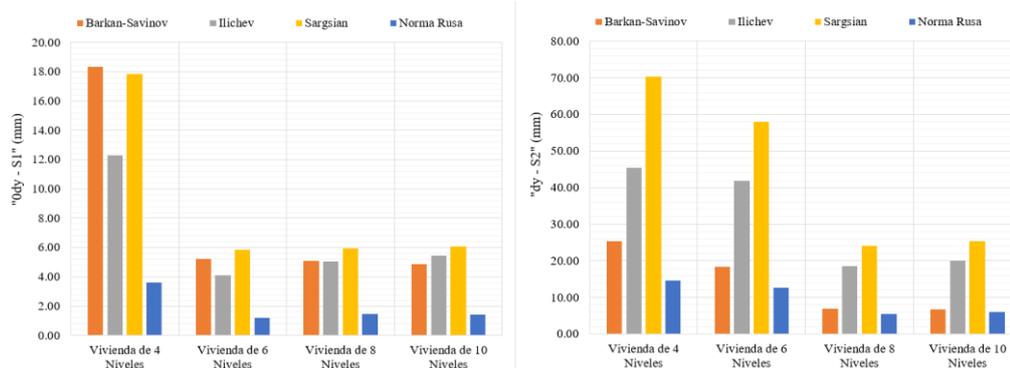
De figura 67 se aprecia que, para cada edificación la simulación del sismo en la dirección X, el porcentaje de variación del desplazamiento lateral inelástico aumenta según el caso del perfil del suelo (De S₁ a S₂), como también de acuerdo del modelo de ISE que se aplique. Se observa también que el porcentaje de variación va disminuyendo según se aumenta los niveles de piso. Así mismo, para el perfil de suelo “S₁” la variación más alta es el modelo de Barkan-Savinov para la vivienda de 4 niveles, y para las viviendas de 6, 8 y 10 niveles el modelo de Sargsian. Pero en el caso del perfil de suelo “S₂” la variación más alta es el modelo de Sargsian para las viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles. Por lo tanto, se demuestra la hipótesis propuesta por el investigador y se rechaza la hipótesis nula, es decir el análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en el parámetro del desplazamiento lateral inelástico.

Tabla 106: Variación en porcentaje del desplazamiento lateral por piso “d_y” sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico

Análisis Dinámico	Variación (%) de “d _y ” – Sismo Y							
	4 Pisos		6 Pisos		8 Pisos		10 Pisos	
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂
Dinámico - Base	31.218	32.778	61.848	72.120	83.628	122.112	105.618	168.828
Barkan-Savinov	18.35	25.35	5.23	18.29	5.09	6.89	4.87	6.79
Ilichev	12.28	45.36	4.12	41.81	5.04	18.52	5.46	20.04
Sargsian	17.86	70.31	5.84	57.92	5.92	24.11	6.07	25.44
Norma Rusa	3.63	14.61	1.20	12.60	1.45	5.56	1.40	6.01

Fuente: Elaboración Propia

Figura 68: Variación en porcentaje del desplazamiento lateral por piso “d_y” sismo Y para las edificaciones en estudio con respecto al análisis dinámico



De figura 68 se aprecia que, para cada edificación la simulación del sismo en la dirección Y, el porcentaje de variación del desplazamiento lateral inelástico aumenta según el caso del perfil del suelo (De S₁ a S₂), como también de acuerdo del modelo de ISE que se aplique. Se observa también que el porcentaje de variación va disminuyendo según se aumenta los niveles de piso. Así mismo, para el perfil de suelo “S₁” la variación más alta es el modelo de Barkan-Savinov para la vivienda de 4 niveles, y para las viviendas de 6, 8 y 10 niveles el modelo de Sargsian. Pero en el caso del perfil de suelo “S₂” la variación más alta es el modelo de Sargsian para las viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles. Por lo tanto, se demuestra la hipótesis propuesta por el investigador y se rechaza la hipótesis nula, es decir el análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en el parámetro del desplazamiento lateral inelástico.

D) Derivas de Entrepiso

Tabla 107: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S₁

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 4 Pisos en suelo S ₁				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
4	0.00103	11.65	9.71	7.77	2.91
3	0.00191	6.28	5.24	4.19	1.05
2	0.00266	7.89	6.02	6.39	1.50
1	0.00287	41.11	26.13	42.51	8.01

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 108: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S₂

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 4 Pisos en suelo S ₁				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
4	0.00109	15.60	39.45	44.04	9.17
3	0.00200	9.00	22.50	25.50	5.50
2	0.00279	11.11	23.30	28.32	6.45
1	0.00301	56.15	92.69	159.47	32.23

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 109: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S₁

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 4 Pisos en suelo S ₂				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
4	0.00138	7.25	5.80	4.35	1.45
3	0.00249	4.82	3.61	3.21	0.80
2	0.00342	7.31	5.26	6.14	1.46
1	0.00340	38.53	24.71	39.71	7.35

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 110: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S₂

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 4 Pisos en suelo S ₂				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
4	0.00145	10.34	27.59	31.72	6.21
3	0.00261	6.90	16.86	19.54	4.21
2	0.00359	10.03	20.33	25.07	5.85
1	0.00357	52.66	87.39	148.18	30.25

Fuente: Elaboración Propia

De las tablas del 107 al 110, se aprecia que la Variación (%) de las derivas para una vivienda de 4 niveles son mayores en los pisos (1º, 3º y 4º), como también que esta variación es más considerable en el perfil del suelo “S₂” y para los modelos de Ilichev y Sargsian.

Tabla 111: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_1

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 6 Pisos en suelo S_1				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
6	0.00114	8.77	10.53	5.26	2.63
5	0.00204	1.47	2.94	-0.98	0.49
4	0.00289	-0.69	0.35	-2.77	0.00
3	0.00358	-1.40	-0.28	-2.79	0.00
2	0.00411	0.24	0.97	-0.73	0.24
1	0.00407	25.06	18.92	31.45	6.14

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 112: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S_2

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 6 Pisos en suelo S_2				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
6	0.00128	24.22	71.88	82.81	17.19
5	0.00228	14.04	40.35	46.49	10.09
4	0.00324	9.88	28.70	33.02	7.10
3	0.00402	8.71	24.38	28.61	6.22
2	0.00461	11.06	27.98	33.84	7.81
1	0.00455	48.13	95.60	162.64	32.75

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 113: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_1

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 6 Pisos en suelo S_1				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
6	0.00141	4.96	5.67	2.13	1.42
5	0.00252	-0.40	0.40	-2.38	0.00
4	0.00359	-2.23	-1.39	-3.62	-0.56
3	0.00446	-2.69	-2.02	-3.59	-0.67
2	0.00508	-0.59	-0.39	-1.18	-0.20
1	0.00465	23.23	17.20	29.25	5.38

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 114: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S_2

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 6 Pisos en suelo S_2				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
6	0.00164	18.29	54.88	60.98	12.80
5	0.00294	9.86	30.27	32.31	7.14
4	0.00419	7.40	21.72	22.91	5.25
3	0.00520	6.92	19.04	20.38	5.00
2	0.00592	9.80	23.65	27.03	6.76
1	0.00541	44.92	89.09	145.47	30.50

Fuente: Elaboración Propia

De las tablas del 111 al 114, se aprecia que la Variación (%) de las derivas para una vivienda de 6 niveles son mayores en los pisos (1°, 5° y 6°), como también que esta variación es más considerable en el perfil del suelo “ S_2 ” y para los modelos de Ilichev y Sargsian. Así mismo, para el perfil del suelo “ S_1 ” se observa una variación menor a CERO, en los modelos de ISE en pisos intermedios.

Tabla 115: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_1

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 8 Pisos en suelo S_1				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$
8	0.00113	13.27	15.93	10.62	4.42
7	0.00188	5.32	7.45	3.72	1.60
6	0.00263	1.90	3.04	0.38	0.38
5	0.00327	0.61	1.22	-0.92	0.31
4	0.00381	-0.26	0.52	-1.57	0.00
3	0.00424	-0.47	0.00	-1.65	-0.24
2	0.00457	0.88	1.31	0.44	0.22
1	0.00438	22.37	18.95	32.19	5.94

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 116: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S_2

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 8 Pisos en suelo S_2				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$
8	0.00156	25.64	72.44	75.00	22.44
7	0.00261	14.18	37.16	36.78	12.64
6	0.00366	9.02	22.40	20.49	8.20
5	0.00458	6.55	14.85	12.66	6.33
4	0.00534	5.43	10.86	8.61	5.43
3	0.00592	5.41	9.46	7.26	5.41
2	0.00636	7.39	12.74	11.79	6.76
1	0.00607	37.89	68.86	112.69	30.15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 117: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_1

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 8 Pisos en suelo S_1				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$
8	0.00127	10.24	12.60	7.87	3.15
7	0.00215	4.19	5.58	2.33	1.40
6	0.00303	1.32	2.31	-0.33	0.33
5	0.00380	0.00	0.79	-1.32	0.00
4	0.00445	-0.45	0.00	-1.57	0.00
3	0.00497	-0.60	-0.20	-1.41	-0.20
2	0.00534	0.94	1.31	0.75	0.37
1	0.00474	21.94	18.78	30.80	5.91

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 118: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S_2

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 8 Pisos en suelo S_2				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$	Var. $\Delta(\%)$
8	0.00183	15.30	52.46	53.55	12.57
7	0.00312	5.77	23.72	22.44	5.13
6	0.00442	2.04	11.76	9.28	2.04
5	0.00558	0.00	5.56	2.87	0.36
4	0.00654	-0.61	2.60	-0.15	-0.31
3	0.00728	-0.69	1.79	-0.82	-0.27
2	0.00778	1.54	5.78	4.37	1.29
1	0.00688	29.51	59.01	96.95	22.82

Fuente: Elaboración Propia

De las tablas del 115 al 118, se aprecia que la Variación (%) de las derivas para una vivienda de 8 niveles son mayores en los pisos (1°, 7° y 8°), como también que esta variación es más considerable en el perfil del suelo “ S_2 ” y para los modelos de Ilichev y Sargsian. Así mismo, para el perfil del suelo “ S_1 y S_2 ” se observa una variación menor a CERO, en los modelos de ISE en pisos intermedios, excepto por el Sismo X en un perfil de suelo “ S_2 ”.

Tabla 119: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_1

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_1				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
10	0.00116	15.52	20.69	14.66	2.81
9	0.00178	8.99	11.24	7.87	2.08
8	0.00240	5.00	7.08	4.17	1.01
7	0.00296	3.04	4.39	2.03	0.58
6	0.00344	1.74	2.91	0.87	0.52
5	0.00385	1.30	2.08	0.26	0.48
4	0.00419	0.95	1.67	0.00	0.45
3	0.00446	0.90	1.57	0.00	0.64
2	0.00468	2.14	2.78	1.92	6.35
1	0.00441	21.54	19.95	33.33	2.81

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 120: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_2

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_2				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
10	0.00182	22.53	79.67	85.16	20.88
9	0.00281	12.46	45.20	46.98	11.39
8	0.00382	7.07	28.01	28.27	6.81
7	0.00473	4.23	18.82	18.18	4.02
6	0.00552	2.72	13.41	12.32	2.72
5	0.00620	1.77	9.68	8.55	1.77
4	0.00674	1.19	7.57	6.38	1.34
3	0.00714	1.26	6.86	5.88	1.26
2	0.00743	3.10	10.36	10.36	2.69
1	0.00696	29.02	62.36	104.89	24.71

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 121: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_1

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_1				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
10	0.00124	13.71	17.74	12.90	4.84
9	0.00197	7.11	9.14	6.09	2.03
8	0.00270	4.07	5.56	2.96	1.11
7	0.00335	2.39	3.28	1.49	0.90
6	0.00393	1.02	1.78	0.25	0.25
5	0.00443	0.45	1.13	-0.23	0.00
4	0.00485	0.41	0.82	-0.41	0.21
3	0.00520	0.19	0.77	-0.38	0.00
2	0.00544	1.84	2.21	1.84	0.37
1	0.00476	20.59	19.33	31.93	6.09

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 122: Variación en porcentaje de las derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_2

Piso	Variación (%) Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_2				
	Dinámico	Barkan-Savinov	Ilichev	Sargsian	Norma Rusa
	Δ	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)	Var. Δ (%)
10	0.00195	20.00	70.26	74.87	17.95
9	0.00311	9.97	37.94	39.23	9.32
8	0.00430	5.58	22.56	22.33	5.12
7	0.00538	3.16	14.50	13.57	3.16
6	0.00634	1.74	9.46	8.20	1.74
5	0.00716	0.84	6.28	4.89	0.98
4	0.00783	0.51	4.60	3.07	0.64
3	0.00833	0.60	4.20	2.88	0.72
2	0.00864	2.78	8.45	8.33	2.31
1	0.00753	27.76	60.56	99.87	23.51

Fuente: Elaboración Propia

De las tablas del 119 al 122, se aprecia que la Variación (%) de las derivas para una vivienda de 10 niveles son mayores en los pisos (1º, 7º, 8º, 9º y 10º), como también que esta variación es más considerable en el perfil del suelo “ S_2 ” y para los modelos de Ilichev y Sargsian. Así mismo, para el perfil del suelo “ S_1 ” se observa una variación menor a CERO, en el modelo de Sargsian.

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 1

H₀: El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente no es moderado, Pativilca 2019.

H₁: El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente es moderado, Pativilca 2019.

DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la deriva dinámica (Δ_{DIN}) \leq a la deriva **0.007** dado por la Norma E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente”, se determina que es moderado el diseño, por lo tanto, se acepta la hipótesis **H₁**.

Si el valor de ($\Delta_{DIN} > 0.007$), se determina que no es moderado el diseño, por lo tanto, se acepta la hipótesis **H₀**.

Aplicamos el software **EXCEL** para manipular los resultados del **ETABS 2016**.

Tabla 123: Distorsión admisible de vivienda de 4 niveles producto del Sismorresistente

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Distorsión Admisible			
			Diseño Sismorresistente			
			Dir. X	Obs.	Dir. Y	Obs.
Vivienda de 4 niveles	4° Nivel	S ₁	0.0010333	M	0.0013778	M
	3° Nivel		0.0019067	M	0.0024867	M
	2° Nivel		0.0026556	M	0.0034178	M
	1° Nivel		0.0028676	M	0.0033988	M
	4° Nivel	S ₂	0.0010867	M	0.0014467	M
	3° Nivel		0.0020000	M	0.0026111	M
	2° Nivel		0.0027889	M	0.0035889	M
	1° Nivel		0.0030106	M	0.0035682	M

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 1:

De la tabla 123, se aprecia que las derivas de entrepiso para todos los niveles de una vivienda de 4 niveles, tanto ubicada en un perfil de suelo “S₁” y “S₂”, se encuentra dentro de lo permitido según la norma. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente es moderado, Pativilca 2019.

Tabla 124: Distorsión admisible de vivienda de 6 niveles producto del diseño Sismorresistente

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Distorsión Admisible			
			Diseño Sismorresistente			
			Dir. X	Obs.	Dir. Y	Obs.
Vivienda de 6 niveles	6° Nivel	S ₁	0.0011422	M	0.0014089	M
	5° Nivel		0.0020422	M	0.0025200	M
	4° Nivel		0.0028911	M	0.0035889	M
	3° Nivel		0.0035844	M	0.0044556	M
	2° Nivel		0.0041111	M	0.0050778	M
	1° Nivel		0.0040694	M	0.0046500	M
	6° Nivel	S ₂	0.0012778	M	0.0016400	M
	5° Nivel		0.0022844	M	0.0029356	M
	4° Nivel		0.0032422	M	0.0041889	M
	3° Nivel		0.0040178	M	0.0052044	M
	2° Nivel		0.0046067	M	0.0059244	M
	1° Nivel		0.0045547	M	0.0054141	M

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 2:

De la tabla 124, se aprecia que las derivas de entrepiso para todos los niveles de una vivienda de 6 niveles, tanto ubicada en un perfil de suelo “S₁” y “S₂”, se encuentra dentro de lo permitido según la norma. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente es moderado, Pativilca 2019.

Tabla 125: Distorsión admisible de vivienda de 8 niveles producto del diseño Sismorresistente

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Distorsión Admisible			
			Diseño Sismorresistente			
			Dir. X	Obs.	Dir. Y	Obs.
Vivienda de 8 niveles	8° Nivel	S ₁	0.0011333	M	0.0012667	M
	7° Nivel		0.0018844	M	0.0021511	M
	6° Nivel		0.0026267	M	0.0030267	M
	5° Nivel		0.0032733	M	0.0038000	M
	4° Nivel		0.0038133	M	0.0044511	M
	3° Nivel		0.0042400	M	0.0049711	M
	2° Nivel		0.0045689	M	0.0053356	M
	1° Nivel		0.0043765	M	0.0047418	M
	8° Nivel	S ₂	0.0015622	M	0.0018289	M
	7° Nivel		0.0026133	M	0.0031200	M
	6° Nivel		0.0036578	M	0.0044222	M
	5° Nivel		0.0045756	M	0.0055800	M
	4° Nivel		0.0053378	M	0.0065444	M
	3° Nivel		0.0059200	M	0.0072844	C
	2° Nivel		0.0063578	M	0.0077800	C
	1° Nivel		0.0060653	M	0.0068824	M

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 3:

De la tabla 125, se aprecia que las derivas de entrepiso para todos los niveles de una vivienda de 8 niveles, ubicada en un perfil de suelo “S₁” se encuentra dentro de lo permitido según la norma. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente es moderado, Pativilca 2019. Sin embargo, ubicada en un perfil de suelo “S₂”, se encuentra fuera de lo permitido según la norma. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente no es moderado, Pativilca 2019.

Tabla 126: Distorsión admisible de vivienda de 10 niveles producto del diseño Sismorresistente

Edificación	Nivel	Perfil del Suelo	Distorsión Admisible			
			Diseño Sismorresistente			
			Dir. X	Obs.	Dir. Y	Obs.
Vivienda de 10 niveles	10° Nivel	S ₁	0.0011600	M	0.0012444	M
	9° Nivel		0.0017844	M	0.0019733	M
	8° Nivel		0.0024044	M	0.0027022	M
	7° Nivel		0.0029556	M	0.0033533	M
	6° Nivel		0.0034378	M	0.0039289	M
	5° Nivel		0.0038511	M	0.0044267	M
	4° Nivel		0.0041933	M	0.0048533	M
	3° Nivel		0.0044644	M	0.0051978	M
	2° Nivel		0.0046778	M	0.0054378	M
	1° Nivel		0.0044082	M	0.0047647	M
	10° Nivel	S ₂	0.0018244	M	0.0019511	M
	9° Nivel		0.0028133	M	0.0031111	M
	8° Nivel		0.0038200	M	0.0042978	M
	7° Nivel		0.0047289	M	0.0053822	M
	6° Nivel		0.0055244	M	0.0063422	M
	5° Nivel		0.0062000	M	0.0071600	C
	4° Nivel		0.0067400	M	0.0078311	C
	3° Nivel		0.0071356	C	0.0083311	C
	2° Nivel		0.0074289	C	0.0086444	C
	1° Nivel		0.0069582	M	0.0075265	C

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 4:

De la tabla 126, se aprecia que las derivas de entrepiso para todos los niveles de una vivienda de 10 niveles, ubicada en un perfil de suelo “S₁” se encuentra dentro de lo permitido según la norma. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente es moderado, Pativilca 2019. Sin embargo, ubicada en un perfil de suelo “S₂”, se encuentra fuera de lo permitido según la norma. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente no es moderado, Pativilca 2019.

Tabla 127: Distorsión admisible de las viviendas en estudio producto del Diseño Sismorresistente

Edificación	Perfil del Suelo	Diseño Sismorresistente		
		Distorsión Admisible		
		Dir. X Obs.	Dir. Y Obs.	Conclusión
Vivienda de 4 Niveles	S ₁	M	M	M
Vivienda de 6 Niveles		M	M	M
Vivienda de 8 Niveles		M	M	M
Vivienda de 10 Niveles		M	M	M
Vivienda de 4 Niveles	S ₂	M	M	M
Vivienda de 6 Niveles		M	M	M
Vivienda de 8 Niveles		M	C	C
Vivienda de 10 Niveles		C	C	C

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 5:

De la tabla 127, se aprecia que las derivas de entrepiso de las viviendas en estudio (4, 6, 8 y 10 niveles) ubicadas en un perfil de suelo “S₁” y las viviendas de 4 y 6 niveles ubicadas en un perfil de suelo “S₂” se encuentran dentro de lo permitido según la norma. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente es moderado, Pativilca 2019. Sin embargo, las viviendas de 8 y 10 niveles ubicadas en un perfil de suelo “S₂”, se encuentran fuera de lo permitido según la norma. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente no es moderado, Pativilca 2019.

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS ESPECÍFICA 2

H₀: El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura no es consistente, Pativilca 2019.

H₁: El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura es consistente, Pativilca 2019.

DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la deriva dinámica aumentada en un 5% pero respetando el límite de 0.007 dado por la Norma E.030 (2018) – “Diseño Sismorresistente” ($1.05\Delta_{DIN} \leq 0.007$) \leq a la deriva dinámica de un modelo de Interacción Suelo Estructura (Δ_{ISE}), se determina que no es consistente la ISE, por lo tanto, se acepta la hipótesis **H₀**.

Si el valor de ($1.05\Delta_{DIN} \leq 0.007$) $>$ (Δ_{ISE}), se determina que es consistente la ISE, por lo tanto, se acepta la hipótesis **H₁**.

Aplicamos el software **EXCEL** para manipular los resultados del **ETABS 2016**.

En las siguientes tablas del 128 a 143 observaremos las derivas de entrepiso por cada nivel para cada análisis aplicado a las edificaciones en estudio y así mismo para cada perfil de suelo. Como también en la tabla 144 un resumen de todo ello.

Tabla 128: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S₁

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 4 Pisos en suelo S ₁								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
4	0.00108	0.00115	C	0.00113	C	0.00111	C	0.00106	M
3	0.00201	0.00203	C	0.00201	C	0.00199	M	0.00193	M
2	0.00279	0.00287	C	0.00282	C	0.00283	C	0.00270	M
1	0.00301	0.00405	C	0.00362	C	0.00409	C	0.00310	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 129: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 4 pisos en suelo S₂

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 4 Pisos en suelo S ₂								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
4	0.00114	0.00126	C	0.00152	C	0.00157	C	0.00119	C
3	0.00210	0.00218	C	0.00245	C	0.00251	C	0.00211	C
2	0.00293	0.00310	C	0.00344	C	0.00358	C	0.00297	C
1	0.00316	0.00470	C	0.00580	C	0.00781	C	0.00398	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 130: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S₁

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 4 Pisos en suelo S ₁								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
4	0.00145	0.00148	C	0.00146	C	0.00144	M	0.00140	M
3	0.00261	0.00261	M	0.00258	M	0.00257	M	0.00251	M
2	0.00359	0.00367	C	0.00360	C	0.00363	C	0.00347	M
1	0.00357	0.00471	C	0.00424	C	0.00475	C	0.00365	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 131: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 4 pisos en suelo S₂

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 4 Pisos en suelo S ₂								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
4	0.00152	0.00160	C	0.00185	C	0.00191	C	0.00154	C
3	0.00274	0.00279	C	0.00305	C	0.00312	C	0.00272	M
2	0.00377	0.00395	C	0.00432	C	0.00449	C	0.00380	C
1	0.00375	0.00545	C	0.00669	C	0.00886	C	0.00465	C

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 1:

Se aprecia de las tablas 128 a 131, las derivas de entrepiso producto de la simulación del sismo en la dirección X e Y producido en una vivienda de 4 niveles en diferente perfil de suelo (S₁ y S₂). También se aprecia que en la comparación entre modelos de la ISE y el sismorresistente.

Tabla 132: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S₁

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 6 Pisos en suelo S ₁								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
6	0.00120	0.00124	C	0.00126	C	0.00120	C	0.00117	M
5	0.00214	0.00207	M	0.00210	M	0.00202	M	0.00205	M
4	0.00303	0.00287	M	0.00290	M	0.00281	M	0.00289	M
3	0.00376	0.00353	M	0.00357	M	0.00348	M	0.00358	M
2	0.00432	0.00412	M	0.00415	M	0.00408	M	0.00412	M
1	0.00427	0.00509	C	0.00484	C	0.00535	C	0.00432	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 133: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 6 pisos en suelo S₂

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 6 Pisos en suelo S ₂								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
6	0.00134	0.00159	C	0.00220	C	0.00234	C	0.00150	C
5	0.00239	0.00260	C	0.00320	C	0.00334	C	0.00251	C
4	0.00340	0.00356	C	0.00417	C	0.00431	C	0.00347	C
3	0.00422	0.00437	C	0.00500	C	0.00517	C	0.00427	C
2	0.00484	0.00512	C	0.00590	C	0.00617	C	0.00497	C
1	0.00478	0.00674	C	0.00890	C	0.01195	C	0.00604	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 134: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S₁

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 6 Pisos en suelo S ₁								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
6	0.00148	0.00148	M	0.00149	C	0.00144	M	0.00143	M
5	0.00265	0.00251	M	0.00253	M	0.00246	M	0.00252	M
4	0.00377	0.00351	M	0.00354	M	0.00346	M	0.00357	M
3	0.00468	0.00434	M	0.00437	M	0.00430	M	0.00443	M
2	0.00533	0.00505	M	0.00506	M	0.00502	M	0.00507	M
1	0.00488	0.00573	C	0.00545	C	0.00601	C	0.00490	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 135: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 6 pisos en suelo S₂

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 6 Pisos en suelo S ₂								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
6	0.00172	0.00194	C	0.00254	C	0.00264	C	0.00185	C
5	0.00309	0.00323	C	0.00383	C	0.00389	C	0.00315	C
4	0.00440	0.00450	C	0.00510	C	0.00515	C	0.00441	C
3	0.00546	0.00556	C	0.00619	C	0.00626	C	0.00546	M
2	0.00622	0.00650	C	0.00732	C	0.00752	C	0.00632	C
1	0.00568	0.00784	C	0.01023	C	0.01328	C	0.00706	C

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 2:

Se aprecia de las tablas 132 al 135, las derivas de entrepiso producto de la simulación del sismo en la dirección X e Y producido en una vivienda de 6 niveles en diferente perfil de suelo (S₁ y S₂). También se aprecia que en la comparación entre modelos de la ISE y el sismorresistente.

Tabla 136: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S₁

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 8 Pisos en suelo S ₁								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
8	0.00119	0.00128	C	0.00131	C	0.00125	C	0.00118	M
7	0.00197	0.00198	C	0.00202	C	0.00195	M	0.00191	M
6	0.00276	0.00268	M	0.00271	M	0.00264	M	0.00264	M
5	0.00343	0.00329	M	0.00331	M	0.00324	M	0.00328	M
4	0.00400	0.00380	M	0.00383	M	0.00375	M	0.00381	M
3	0.00445	0.00422	M	0.00424	M	0.00417	M	0.00423	M
2	0.00480	0.00461	M	0.00463	M	0.00459	M	0.00458	M
1	0.00460	0.00536	C	0.00521	C	0.00579	C	0.00464	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 137: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 8 pisos en suelo S₂

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 8 Pisos en suelo S ₂								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
8	0.00164	0.00196	C	0.00269	C	0.00273	C	0.00191	C
7	0.00274	0.00298	C	0.00358	C	0.00357	C	0.00294	C
6	0.00384	0.00399	C	0.00448	C	0.00441	C	0.00396	C
5	0.00481	0.00488	C	0.00526	C	0.00516	C	0.00487	C
4	0.00561	0.00563	C	0.00592	C	0.00580	C	0.00563	C
3	0.00622	0.00624	C	0.00648	C	0.00635	C	0.00624	C
2	0.00668	0.00683	C	0.00717	C	0.00711	C	0.00679	C
1	0.00637	0.00837	C	0.01025	C	0.01291	C	0.00790	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 138: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S₁

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 8 Pisos en suelo S ₁								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
8	0.00133	0.00140	C	0.00143	C	0.00137	C	0.00131	M
7	0.00226	0.00224	M	0.00227	C	0.00220	M	0.00218	M
6	0.00318	0.00307	M	0.00310	M	0.00302	M	0.00304	M
5	0.00399	0.00380	M	0.00383	M	0.00375	M	0.00380	M
4	0.00467	0.00443	M	0.00445	M	0.00438	M	0.00445	M
3	0.00522	0.00494	M	0.00496	M	0.00490	M	0.00496	M
2	0.00561	0.00539	M	0.00541	M	0.00538	M	0.00536	M
1	0.00498	0.00578	C	0.00563	C	0.00620	C	0.00502	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 139: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 8 pisos en suelo S₂

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 8 Pisos en suelo S ₂								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
8	0.00192	0.00211	C	0.00279	C	0.00281	C	0.00206	C
7	0.00328	0.00330	C	0.00386	C	0.00382	C	0.00328	C
6	0.00464	0.00451	M	0.00494	C	0.00483	C	0.00451	M
5	0.00586	0.00558	M	0.00589	C	0.00574	M	0.00560	M
4	0.00687	0.00650	M	0.00671	M	0.00653	M	0.00652	M
3	0.00700	0.00723	C	0.00741	C	0.00722	C	0.00726	C
2	0.00700	0.00790	C	0.00823	C	0.00812	C	0.00788	C
1	0.00700	0.00891	C	0.01094	C	0.01355	C	0.00845	C

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 3:

Se aprecia de las tablas 136 al 139 las derivas de entrepiso producto de la simulación del sismo en la dirección X e Y producido en una vivienda de 8 niveles en diferente perfil de suelo (S₁ y S₂). También se aprecia que en la comparación entre modelos de la ISE y el sismorresistente.

Tabla 140: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_1								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
10	0.00122	0.00134	C	0.00140	C	0.00133	C	0.00122	C
9	0.00187	0.00194	C	0.00198	C	0.00192	C	0.00183	M
8	0.00252	0.00252	M	0.00257	C	0.00250	M	0.00245	M
7	0.00311	0.00305	M	0.00309	M	0.00302	M	0.00299	M
6	0.00361	0.00350	M	0.00354	M	0.00347	M	0.00346	M
5	0.00404	0.00390	M	0.00393	M	0.00386	M	0.00387	M
4	0.00440	0.00423	M	0.00426	M	0.00419	M	0.00421	M
3	0.00468	0.00450	M	0.00453	M	0.00446	M	0.00448	M
2	0.00491	0.00478	M	0.00481	M	0.00477	M	0.00471	M
1	0.00463	0.00536	C	0.00529	C	0.00588	C	0.00469	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 141: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo X para vivienda de 10 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo X en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_2								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
10	0.00191	0.00223	C	0.00327	C	0.00337	C	0.00220	C
9	0.00295	0.00316	C	0.00408	C	0.00413	C	0.00313	C
8	0.00401	0.00409	C	0.00489	C	0.00490	C	0.00408	C
7	0.00497	0.00493	M	0.00562	C	0.00559	C	0.00492	M
6	0.00580	0.00567	M	0.00626	C	0.00620	C	0.00567	M
5	0.00651	0.00631	M	0.00680	C	0.00673	C	0.00631	M
4	0.00700	0.00682	M	0.00725	C	0.00717	C	0.00683	M
3	0.00700	0.00723	C	0.00763	C	0.00756	C	0.00723	C
2	0.00700	0.00766	C	0.00820	C	0.00820	C	0.00763	C
1	0.00700	0.00898	C	0.01130	C	0.01426	C	0.00868	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 142: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_1

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_1								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
10	0.00130	0.00141	C	0.00146	C	0.00140	C	0.00130	M
9	0.00207	0.00211	C	0.00215	C	0.00209	C	0.00201	M
8	0.00284	0.00281	M	0.00285	C	0.00278	M	0.00273	M
7	0.00352	0.00343	M	0.00346	M	0.00340	M	0.00338	M
6	0.00413	0.00397	M	0.00400	M	0.00394	M	0.00394	M
5	0.00465	0.00445	M	0.00448	M	0.00442	M	0.00443	M
4	0.00509	0.00487	M	0.00489	M	0.00483	M	0.00486	M
3	0.00546	0.00521	M	0.00524	M	0.00518	M	0.00520	M
2	0.00571	0.00554	M	0.00556	M	0.00554	M	0.00546	M
1	0.00500	0.00574	C	0.00568	C	0.00628	C	0.00505	C

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 143: Derivas de entrepiso “ Δ_i ” por el sismo Y para vivienda de 10 pisos en suelo S_2

Piso	Derivas de Entrepiso por el Sismo Y en Vivienda de 10 Pisos en suelo S_1								
	Límite Dinámico	Barkan-Savinov		Ilichev		Sargsian		Norma Rusa	
	$\Delta * 1.05 \leq 0.007$	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs	Δ	Obs
10	0.00205	0.00234	C	0.00332	C	0.00341	C	0.00230	C
9	0.00327	0.00342	C	0.00429	C	0.00433	C	0.00340	C
8	0.00452	0.00454	C	0.00527	C	0.00526	C	0.00452	C
7	0.00565	0.00555	M	0.00616	C	0.00611	C	0.00555	M
6	0.00666	0.00645	M	0.00694	C	0.00686	C	0.00645	M
5	0.00700	0.00722	C	0.00761	C	0.00751	C	0.00723	C
4	0.00700	0.00787	C	0.00819	C	0.00807	C	0.00788	C
3	0.00700	0.00838	C	0.00868	C	0.00857	C	0.00839	C
2	0.00700	0.00888	C	0.00937	C	0.00936	C	0.00884	C
1	0.00700	0.00962	C	0.01209	C	0.01505	C	0.00930	C

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 4:

Se aprecia de las tablas 140 al 143, las derivas de entrepiso producto de la simulación del sismo en la dirección X e Y producido en una vivienda de 10 niveles en diferente perfil de suelo (S_1 y S_2). También se aprecia que en la comparación entre modelos de la ISE y el sismorresistente.

Tabla 144: Distorsión admisible de las viviendas en estudio producto de la Interacción Suelo Estructura

Edificación	Perfil del Suelo	Interacción Suelo Estructura											
		Distorsión Admisible											
		Barkan - Savinov			Ilichev			Sargsian			Norma Rusa		
		Dir. X Obs.	Dir. Y Obs.	Obs	Dir. X Obs.	Dir. Y Obs.	Obs	Dir. X Obs.	Dir. Y Obs.	Obs	Dir. X Obs.	Dir. Y Obs.	Obs
Vivienda de 4 Niveles	S ₁	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Vivienda de 6 Niveles		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Vivienda de 8 Niveles		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Vivienda de 10 Niveles		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Vivienda de 4 Niveles	S ₂	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Vivienda de 6 Niveles		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Vivienda de 8 Niveles		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Vivienda de 10 Niveles		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Fuente: Elaboración Propia

INTERPRETACIÓN 5:

De la tabla 144, se aprecia que las derivas de entrepiso de las viviendas en estudio (4, 6, 8 y 10 niveles) ubicadas en un perfil de suelo “S₁” y “S₂” se encuentran fuera de lo permitido según la norma y el 5% de error con respecto a la deriva dinámica. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura es consistente, Pativilca 2019.

CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Discusión

En esta presente tesis se realizó una comparación doble entre los resultados con otras tesis similares, resaltando la variable considerada, referenciando los parámetros resaltantes en estudio de tomando como fuente los antecedentes y teorías citadas en esta tesis.

- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019. Este resultado tiene coincidencia con lo sostenido por Águila (2018), en su tesis “Influencia de considerar el Análisis Dinámico por Interacción Suelo-Estructura en la Respuesta Sísmica de Edificios de Hormigón Armado”. Logró demostrar que influye significativamente el análisis interacción suelo estructura en edificaciones de concreto armado variando la altura. Concluyendo que el periodo fundamental incrementa, la cortante en la base y el escalamiento de esfuerzos por nivel disminuye, los desplazamientos laterales inelásticos aumentan y las derivas de entrepiso en los primeros y últimos niveles aumenta.

- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura es consistente, Pativilca 2019. Este resultado tiene coincidencia con lo sostenido por Solano (2012), en su tesis “Evaluación de Daño en Edificios considerando los Efectos de Interacción Suelo - Estructura”. Logró demostrar el favorecimiento en los daños de las edificaciones. Concluyendo que al considerar la flexibilidad en la base los resultados son más cercanos a la realidad, permitiéndonos descartar posibles errores de cálculo.

- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019. Este resultado tiene coincidencia con lo sostenido por Lopez (2012), en su tesis “Análisis de Interacción Sísmica Suelo Estructura para reducir Esfuerzos en los Elementos Estructurales en Edificaciones Regulares e Irregulares con Zapatas Aisladas en Huaraz”. Logró demostrar que influye significativamente el análisis interacción suelo estructura en los esfuerzos de los elementos estructurales de las edificaciones sobre zapatas aisladas. Concluyendo que la cortante en la base y el escalamiento de esfuerzos por cada piso disminuye.
- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura es consistente, Pativilca 2019. Este resultado tiene coincidencia con lo sostenido por Saucedo (2012), en su tesis “Efectos de Interacción Suelo Estructura en Suelos muy Rígidos, Intermedio y Blando en el Comportamiento Estructural del Edificio Clínica los Fresnos, Cajamarca”. Logró demostrar el los efectos y comportamientos de la estructura en distintos perfiles de suelos tras aplicar la interacción suelo estructura. Concluyendo que al considerar la flexibilidad en la base las derivas aumentan sin importar sobre que perfil se encuentre la estructura, así mismo, se llega a producir la irregularidad de piso blando en las edificaciones en estudio.
- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019. Este resultado tiene coincidencia con lo sostenido por Meza & Valderrama (2014), en su tesis “Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en la Reducción de Esfuerzos de una Edificación Aporticada con Zapatas Aisladas”. Logró demostrar que influye significativamente el análisis interacción suelo estructura en los esfuerzos de los elementos estructurales de las edificaciones sobre zapatas aisladas. Concluyendo que la cortante en la base tras considerar la flexibilidad del suelo es más cercana a la realidad y además absorbe un porcentaje de la energía liberada por el sismo, siendo así reducida.

5.2 Conclusiones

De los estudios realizados puedo manifestar que:

- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019. Así mismo, cabe indicar que tomando como base los resultados del sismorresistente (Análisis Dinámico) frente los modelos dinámicos de interacción suelo estructura (Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa); el periodo fundamental incrementa, la cortante en la base y el escalamiento de esfuerzos por nivel disminuye, los desplazamientos laterales inelásticos aumentan y las derivas de entrepiso en los primeros y últimos niveles aumenta. Es decir, que el porcentaje de variación del parámetro evaluado de la interacción suelo estructura y el sismorresistente es diferente a CERO. Esto fue comprobado variando los niveles de altura de la edificación (4, 6, 8 y 10 niveles) y tomando de referencia dos perfiles de suelo de la zona de Pativilca (S_1 y S_2).
- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el sismorresistente es moderado, Pativilca 2019. Así mismo, cabe indicar que tomando como base los resultados del sismorresistente (Análisis Dinámico) frente el límite ($\Delta = 0.007$) dado por la Norma E.030 (2018) para una edificación de concreto armado; para las viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles ubicadas sobre un perfil de suelo S_1 son moderadas, de igual forma es para las viviendas de 4 y 6 niveles sobre un perfil de suelo S_2 , pero las viviendas de 8 y 10 niveles sobre un perfil de suelo S_2 son consistentes. Es decir, que la aplicación del sismorresistente a una edificación sobre un perfil de suelo S_1 es moderado, mientras que para un perfil de suelo S_2 influye la altura de la edificación (Mayores a 8 niveles) para ser consistente. Esto fue comprobado variando los niveles de altura de la edificación (4, 6, 8 y 10 niveles) y tomando de referencia dos perfiles de suelo de la zona de Pativilca (S_1 y S_2).

- El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura es consistente, Pativilca 2019. Así mismo, cabe indicar que tomando como base los resultados del sismorresistente (Análisis Dinámico) afectado por un porcentaje de error (+5%) respetando el límite ($\Delta = 0.007$) dado por la Norma E.030 (2018) para una edificación de concreto armado frente los modelos dinámicos de interacción suelo estructura (Barkan-Savinov, Ilichev, Sargsian y Norma Rusa); para las viviendas de 4, 6, 8 y 10 niveles ubicadas sobre un perfil de suelo S_1 y S_2 son consistentes. Es decir, que la aplicación de la interacción suelo estructura a una edificación sobre los perfiles de suelo S_1 y S_2 es consistente. Esto fue comprobado variando los niveles de altura de la edificación (4, 6, 8 y 10 niveles) y tomando de referencia dos perfiles de suelo de la zona de Pativilca (S_1 y S_2).

5.3 Recomendaciones

Conforme a los resultados obtenidos en la tesis de investigación, se recomienda a los encargados de la evaluación y análisis estructural de una edificación lo siguiente:

- Es conveniente proseguir con la tendencia de indagación de la interacción suelo estructura y el sismorresistente, debido a que es un tema de vital consideración en el ámbito del Análisis Estructural y la Ingeniería Sismorresistente; dando eficacia a un buen comportamiento frente a un evento sísmico tras considerar la flexibilidad del suelo.
- Es de manera esencial que el estructuralista debe comprender el tema de interacción suelo estructura y el sismorresistente, ya que contribuye a reforzar el buen análisis estructural con el propósito de promover edificaciones sismorresistentes.
- El estructuralista debe estar sujeto a investigación y capacitación con el fin de realizar un adecuado análisis estructural y así poder mejorar el desempeño de las edificaciones frente a un evento sísmico.

CAPITULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1 Fuentes Bibliográficas

- Aguila, C. (2018). *Influencia de considerar el Análisis Dinámico por Interacción Suelo - Estructura en la Respuesta Sísmica de Edificios de Hormigón Armado*. Oruro, Bolivia.
- Barbat, H., Oller, S., & Vielma, J. (2005). *Cálculo y Diseño Sismorresistente de Edificios*. Barcelona: A. H. Barbat.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw - Hill / Interamericana Editores.
- Isidoro, C. (2016). *Interacción Dinámica Suelo - Estructura*. México.
- Lopez, E. (2012). *Análisis de Interacción Sísmica Suelo Estructura para Reducir Esfuerzos en los Elementos Estructurales en Edificaciones Regulares e Irregulares con Zapatas Aisladas en Huaraz*. Huaraz, Perú.
- Meza, J., & Valderrama, C. (2014). *Influencia de la Interacción Suelo-Estructura en la Reducción de Esfuerzos de una Edificación Aporticada con Zapatas Aisladas*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma E.030, Diseño Sismorresistente*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas, Venezuela: FEDUPEL.
- Sánchez, H., & Reyes, C. (2006). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*. Lima, Perú: Visión Universitaria.
- Saucedo, L. (2016). *Efectos de Interacción Suelo Estructura en Suelos muy Rígido, Intermedio y Blando en el Comportamiento Estructural del Edificio Clínica los Fresnos, Cajamarca*. Cajamarca, Perú.

Solano, J. (2012). *Evaluación de Daño en Edificios considerando los Efectos de Interacción Suelo - Estructura*. México.

Villarreal, G. (2009). *Interacción Sísmica Suelo - Estructura en Edificaciones con Zapatas Aisladas*. Lima.

Villarreal, G. (2013). *Ingeniería Sismo - Resistente Prácticas y Exámenes UPC*. Lima: Editorial & Imprenta Gráfica Norte.

ANEXOS

TITULO: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA Y EL SISMORRESISTENTE APLICADO EN UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO, PATIVILCA 2019

	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
PRINCIPAL	¿Cuál es el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente, Pativilca 2019?	Determinar el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente, Pativilca 2019.	El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente son diferentes en cada parámetro evaluado, Pativilca 2019.	<p align="center">VARIABLE 1</p> <p align="center">ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA Y EL SISMORRESISTENTE</p>	<p>✓ Diseño Sismorresistente</p> <p>✓ Interacción Suelo Estructura</p>	<p>1. Enfoque de la Investigación: Cuantitativo</p> <p>2. Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>3. Diseño de Investigación: No Experimental – Transversal</p> <p>4. Nivel de Investigación: Descriptiva – Comparativo</p> <p>5. Población: 8 Viviendas</p> <p>Muestra: 8 Viviendas</p> <p>6. Técnicas de recolección de datos: Métodos Empleados y Modelación Numérica</p>
ESPECÍFICOS	¿Cuál es el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente, Pativilca 2019?	Determinar el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente, Pativilca 2019.	El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando el diseño sismorresistente es moderado, Pativilca 2019.			
	¿Cuál es el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura, Pativilca 2019?	Determinar el resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura, Pativilca 2019.	El resultado del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura es consistente, Pativilca 2019.			

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	INSTRUMENTO
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA Y EL SISMORRESISTENTE	<p>Según Villarreal, (2013). Para el análisis del diseño sismorresistente:</p> <p>El diseño sismorresistente se enfoca como estudio en el análisis dinámico estructural, que a su vez estudia la reacción de las edificaciones ante un evento sísmico y averigua los métodos de cálculo estructural, que aseguren un favorecedor comportamiento y una confianza estructural ante un sismo. (p.3)</p>	Diseño Sismorresistente	Parámetros Sísmicos	1-5	<ul style="list-style-type: none"> •Método Empleado •Modelación Numérica
	Análisis Estático				
	Irregularidades				
	Análisis Dinámico				
	Según Villarreal, (2009) . Para el análisis de interacción suelo estructura: <p>En las últimas décadas se está utilizando con bastante significación a la problemática de interacción suelo estructura. Desde un punto de vista más amplio, esta problemática puede ser planteado como una fricción activa entre la base (suelo-cimentación) y la estructura (edificación).</p> <p>Últimas investigaciones del tema determinan que implícitamente los iniciales modelos dinámicos de la interacción sísmica suelo estructura han incidido en la condición esfuerzo deformación de una edificación. (p.9)</p>	Interacción Suelo Estructura	Modelo Dinámico de Barkan – Savinov	6-9	
	Modelo Dinámico de Ilichev				
	Modelo Dinámico de Sargsian				
	Modelo Dinámico de Norma Rusa SNIP 2.02.05 - 1987				

Ing.
ASESOR

Ing.
PRESIDENTE

Ing.
SECRETARIO

Ing.
VOCAL