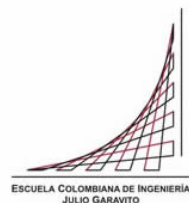


Maestría en Ingeniería Civil

**Evaluación Lineal y No Lineal de la Interacción Suelo-Estructura
en Edificios de Concreto Reforzado**

Juan Carlos Cabrera Rodríguez

Bogotá, D.C., Mayo 15 de 2020

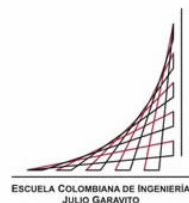


Evaluación Lineal y No Lineal de la Interacción Suelo-Estructura en Edificios de Concreto Reforzado

**Tesis para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil, con
énfasis en Ingeniería Estructural**

**Ing. Sandra Rocío Jerez Barbosa
Directora**

Bogotá, D.C., Mayo 15 de 2020



La tesis de maestría titulada “Evaluación lineal y no lineal de la interacción suelo-estructura en edificios de concreto reforzado”, presentada por Juan Carlos Cabrera Rodríguez, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Estructural.

Directora de la tesis
Ing. Sandra Rocío Jerez Barbosa

Jurado
Ing. Pedro Nel Quiroga Saavedra

Jurado
Ing. Jaime Erasmo Garzón Moreno

Bogotá, D.C., Mayo 15 de 2020

Dedicatoria:

A Dios, por darme la vida, sabiduría, fortaleza en momentos de dificultad y todas sus bendiciones.

A mis hijas Raquel y Sarai, fuente de mi inspiración, por el tiempo que he dejado de compartir con ellas en esta etapa.

A mi esposa Ludy, por su apoyo incondicional, amor, paciencia, esfuerzo y confianza, ya que no lo había podido lograr sin ella.

A mi madre Celmira, por su apoyo incondicional, amor, esfuerzo y sacrificio todos estos años. ¡Gracias a usted hemos podido llegar hasta aquí, y más allá!

A mi familia, por su presencia, consejos, apoyo y palabras de aliento.

Agradecimientos

A Dios, a toda mi familia, madre, esposa e hijas, quienes me han brindado todo su apoyo de manera incondicional. ¡Todo esto es por ellos!

A la Ing. Sandra Jerez, directora de tesis, mi más sincero agradecimiento, por todo su apoyo y colaboración, no solamente en la elaboración y ejecución de la tesis, sino a lo largo de toda la maestría, quien pone desinteresadamente toda su disposición y conocimiento al servicio de los estudiantes, además, de incentivar en ellos la capacidad investigativa.

A la Escuela Colombiana de Ingeniería, por su confianza, y brindarme la oportunidad de realizar este estudio de posgrado. Gracias a su planta física y de docentes, quienes siempre estuvieron atentos ante cualquier solicitud e inquietud académica durante todo el proceso.

Un especial agradecimiento al Ing. Jaime Garzón, por todo su apoyo, colaboración, disposición en tiempo y conocimiento durante el desarrollo de este proyecto.

Resumen

La respuesta general y en particular la respuesta sísmica de una edificación depende en gran medida de la interacción suelo-estructura (ISE), que la modifica a causa de un conjunto de efectos inerciales y cinemáticos producidos por la deformabilidad del suelo. El problema radica en que, con frecuencia, estos efectos se desprecian al suponer un empotramiento en la base de la fundación. En algunos casos esta suposición es válida, en otros puede dar lugar a diseños inseguros.

En este trabajo se analizan los efectos de la ISE para edificios regulares de concreto reforzado sobre cimentaciones superficiales, con sistema estructural combinado y diferentes alturas de piso. Se calcula la demanda sísmica utilizando los métodos de fuerza horizontal equivalente, análisis modal espectral y modal cronológico. Se comparan los resultados de base empotrada con condiciones flexibles utilizando modelos tipo Winkler con resortes, evaluando la rigidez del suelo con tres enfoques: i) relación entre esfuerzo admisible y asentamiento esperado, ii) a partir de las propiedades del suelo (ASCE 41-17 2017, Vesic 1961 y Delgado 1998), y, iii) siguiendo la curva experimental de un ensayo de placa. La respuesta sísmica de los modelos matemáticos se analiza a través de los siguientes indicadores: periodos de vibración, derivas, desplazamientos, cortante sísmico, fuerzas internas en los elementos y rotación en la base. Finalmente, se evalúa la respuesta no lineal de las estructuras a través de sus curvas de capacidad y ductilidad siguiendo los requerimientos de ASCE 41-17 (2017).

Los resultados mostraron una diferencia significativa en la respuesta de las edificaciones, con una disminución de la rigidez del suelo, especialmente sobre los elementos del piso 2. De igual manera, se obtuvieron variaciones importantes entre las condiciones empotradas y flexibles en el comportamiento no lineal por reducción de las curvas de capacidad que afectaron la ductilidad y el nivel de desempeño de los elementos estructurales.

Tabla de contenidos

Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	II
Resumen.....	III
Índice de figuras.....	VI
Índice de tablas.....	VIII
Índice de anexos.....	IX
Capítulo 1. Introducción.....	1
Capítulo 2. Objetivos.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
Capítulo 3. Estado del arte.....	4
3.1. Movimientos sísmicos.....	4
3.2. Interacción suelo estructura (ISE).....	5
3.3. Evaluación de la ISE según normas.....	5
3.4. Efectos de la ISE.....	6
3.4.1. Efectos inerciales (rigidez y amortiguamiento).....	6
3.4.2. Efectos cinemáticos.....	6
3.4.3. Efectos de flexibilidad en la fundación.....	7
3.5. Procedimientos para evaluación de ISE.....	7
3.5.1. Procedimiento simplificado.....	7
3.5.2. Procedimiento modelando la flexibilidad.....	8
3.5.2.1. Método directo.....	8
3.5.2.2. Método de la subestructura.....	9
3.6. Metodologías de análisis.....	9
3.6.1. Modelo tipo Winkler.....	9
3.6.2. Modelo del semiespacio elástico.....	10
3.6.3. Modelo de la capa elástica.....	11
3.6.4. Modelos dependientes del tiempo.....	11
3.6.5. Modelo de dos parámetros.....	12
3.6.6. Modelo con elementos finitos.....	12
3.6.7. Modelo inelástico.....	13
3.7. Investigaciones en ISE.....	13
Capítulo 4. Metodología.....	16

4.1. Modelos matemáticos de diseño	16
4.2. Análisis de la demanda sísmica	18
4.2.1. Fuerza horizontal equivalente (FHE).....	18
4.2.2. Análisis modal espectral (MS).....	19
4.2.3. Análisis modal cronológico (MC).....	20
4.2.3.1. Escalamiento espectral AIS (2017).....	21
4.2.3.2. Escalamiento espectral ASCE 7-16 (2016).....	23
4.3. Evaluación rigidez suelo-cimiento	24
4.3.1. Ensayo de placa y análisis de muestras	24
4.3.2. Evaluación rigidez del cimiento	28
4.3.3. Módulos de reacción.....	29
4.3.3.1. Módulo K1	29
4.3.3.2. Módulo K2 – rigidez intermedia	29
4.3.3.3. Módulo K3 – ensayo de placa.....	30
4.3.3.4. Método elástico	31
4.3.3.5. Módulo K2 – Método rígido	31
4.3.4. Distribución de rigideces.....	32
4.4. Análisis no lineal.....	33
4.4.1. Modelos matemáticos no lineales	33
4.4.2. Diagramas momento-curvatura (M- Φ)	35
4.4.3. Rótulas plásticas.....	36
4.4.4. Análisis y construcción del modelo	39
4.4.5. Curvas y espectros de capacidad	39
Capítulo 5. Análisis de resultados	41
5.1. Análisis de la rigidez suelo-cimiento.....	41
5.2. Periodos de vibración	43
5.3. Derivas	44
5.4. Desplazamientos	47
5.5. Cortante sísmico (Vbs).....	48
5.6. Rotación en la base.....	50
5.7. Fuerzas internas en elementos	51
5.8. Análisis no lineal.....	57
Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones	65
Capítulo 7. Bibliografía	69
Capítulo 8. Anexos	74

Índice de figuras

Figura 1 Efecto cinemático: a) Movimiento de campo libre, b) estructura enterrada y c) radiación de ondas. Tomado de NEHRP, 2012, p 1-6.	6
Figura 2 Estructura: a) condición empotrada y b) flexible. Tomado de NEHRP, 2012, p 2-2	7
Figura 3 Método directo - Modelación de variables. Tomado de NEHRP, 2012, p 1-4.....	8
Figura 4 Subestructura: a) empotrado, b) resortes. Tomado de NEHRP, 2012, p 1-6.	9
Figura 5 Modelo tipo Winkler: a) carga no uniforme, b) carga puntual, c) carga en cimiento rígido, d) carga distribuida en cimiento flexible. Tomado de Selvadurai, 1979, p 15.	10
Figura 6 a) semiespacio elástico, b) capa elástica. Tomado de Tsudik, 2013, p 19.	11
Figura 7 Modelo 2 parámetros: a) membrana elástica, b) carga puntual, c) carga en cimiento rígido, d) carga sobre cimiento flexible. Tomado de Selvadurai, 1979, p 28.	12
Figura 8 Modelos elasto-plásticos. Tomado de ASCE 41, 2017, p 90.	13
Figura 9 Esquema general de modelos idealizados.....	16
Figura 10 3D cimentación estructura 6P.....	17
Figura 11 Espectro de microzonificación – 6P	18
Figura 12 Registro acelerograma Quetame con corrección de línea base. Datos procesados de SGC, 2019.	20
Figura 13 Demanda sísmica vs espectros de respuesta registros	21
Figura 14 Escalamiento AIS condición 1 – 6P.....	22
Figura 15 Escalamiento AIS condición 2 – 6P.....	22
Figura 16 Escalamiento ASCE - 6P	23
Figura 17 Resultados ensayo de placa, P vs δ . Tomado de Ballén y Contreras, 2019. ...	24
Figura 18 Curva esfuerzo vs deformación muestra 1.....	26
Figura 19 Curva esfuerzo vs deformación muestra 2.....	27
Figura 20 Análisis rigidez del cimiento - 6P	28
Figura 21 Soluciones elásticas para restricciones con resortes en cimientos rígidos - rigidez geométrica del cimiento. Tomado de ASCE 41, 2017, p 88.	31
Figura 22 Soluciones elásticas para restricciones con resortes en cimientos rígidos - factor de corrección por profundidad de embebido. Tomado de ASCE 41, 2017, p 88.	32

Figura 23	Método de distribución de rigideces por áreas	32
Figura 24	Método del pórtico equivalente. Tomado de Mattacchione, 1991, p 66.....	34
Figura 25	Elementos discretizados: muros, columnas y vigas para M vs Φ , XTRACT.....	35
Figura 26	Alimentación rótulas plásticas modelo SAP2000.....	39
Figura 27	Conversión a formato ADRS curva de capacidad. Tomado de Jerez, 2017.....	40
Figura 28	Conversión a formato ADRS espectro de demanda. Tomado de Jerez, 2017.	40
Figura 29	Representación bilineal espectro de capacidad. Tomado de FEMA, 2005, p 6-7.	40
Figura 30	Derivas vs metodologías de análisis sísmico.....	45
Figura 31	Derivas vs condición empotrada o flexible de la base	46
Figura 32	Desplazamientos vs condición empotrada o flexible de la base	48
Figura 33	Cortante sísmico vs condición empotrada o flexible de la base	49
Figura 34	Rotaciones vs módulos de reacción.....	50
Figura 35	Fuerzas internas en columna intersección ejes B-5 (3P, 6P, 12P)	52
Figura 36	Momentos máximos en viga VG09 eje 5, piso 2 y piso 9 – 12P.....	54
Figura 37	Cortantes máximos en viga VG09 eje 5, piso 2 y piso 9 – 12P.....	55
Figura 38	Fuerzas internas en viga de cimentación VC09 eje 5 - 6P	56
Figura 39	Espectros de capacidad vs espectros de demanda	58
Figura 40	Derivas máximas análisis no lineal.....	60
Figura 41	Punto de comportamiento empotrado, $d_p=0.10$ m, 3P-X	61
Figura 42	Punto de comportamiento K1, $d_p=0.17$ m, 3P-X	61
Figura 43	Punto de comportamiento K3, $d_p=0.33$ m, 3P-X	61
Figura 44	Punto de comportamiento empotrado, $d_p=0.175$ m, 6P-X	62
Figura 45	Punto de comportamiento K1, $d_p=0.27$ m, 6P-X	62
Figura 46	Punto de comportamiento K2, $d_p=0.285$ m, 6P-X	63
Figura 47	Punto de comportamiento K3, $d_p=0.41$ m, 6P-X	63
Figura 48	Punto de comportamiento empotrado, $d_p=0.41$ m, 12P-X	64
Figura 49	Punto de comportamiento K2, $d_p=0.47$ m, 12P-X	64

Índice de tablas

Tabla 1 Pérdidas humanas causadas por sismos. Tomado de USGS, 2019.....	4
Tabla 2 Análisis de FHE dirección X - 6P.....	19
Tabla 3 Registros para análisis cronológico.....	20
Tabla 4 Comparación de resultados curva trilineal vs bilinealización.....	25
Tabla 5 Análisis ensayo (UU) muestra 1.....	25
Tabla 6 Análisis ensayo (UU) muestra 2.....	26
Tabla 7 Valores de rigidez efectiva para secciones fisuradas. Tomado de ASCE 41, 2017.	35
Tabla 8 Modelación de parámetros y criterios de aceptación para procedimiento no lineal en vigas de concreto reforzado. Tomado de ASCE 41-17, 2017, p 150.	37
Tabla 9 Modelación de parámetros y criterios de aceptación para procedimiento no lineal en columnas de concreto reforzado no circulares con estribos en espiral o ganchos sísmicos. Tomado de ASCE 41-17, 2017, p 151.	38
Tabla 10 Modelación de parámetros y criterios de aceptación para procedimiento no lineal en muros de concreto reforzado asociado a componentes controlados por flexión. Tomado de ASCE 41-17, 2017, p 169.	38
Tabla 11 Resumen módulos de reacción del suelo (Ks).....	42
Tabla 12 Resumen factores de amortiguación en cimientos.....	42
Tabla 13 Resumen periodos de vibración.....	43
Tabla 14 Resumen derivas máximas de piso.....	44
Tabla 15 Resumen de desplazamientos máximos.....	47
Tabla 16 Resumen cortante sísmico.....	49
Tabla 17 Resumen rotaciones en la base.....	51
Tabla 18 Resumen de momentos en columna intersección ejes B-5.....	51
Tabla 19 Resumen de cortantes en columna intersección ejes B-5.....	53
Tabla 20 Resumen de momentos en viga VG09 eje 5.....	53
Tabla 21 Resumen de cortantes en viga VG09 eje 5.....	54
Tabla 22 Resumen fuerzas internas en viga de cimentación VC09 eje 5.....	56
Tabla 23 Parámetros de capacidad y ductilidad esperada.....	57

Índice de anexos

ANEXO 1 Planos estructurales - 3P	75
ANEXO 2 Planos estructurales - 6P	78
ANEXO 3 Planos estructurales - 12P	81
ANEXO 4 Avalúo de cargas	84
ANEXO 5 Diseño de losa maciza aérea para entresijos	86
ANEXO 6 Ensayos de muestras de suelo - triaxial no consolidado no drenado (UU)	88
ANEXO 7 Espectro de microzonificación sísmica - 3P	91
ANEXO 8 Periodos de vibración - 3P	93
ANEXO 9 Fuerza horizontal equivalente - 3P	94
ANEXO 10 Diseño de cimentación - zapatas - 3P	95
ANEXO 11 Cargas y esfuerzos sobre el suelo - 3P	98
ANEXO 12 Refuerzo de elementos estructurales - 3P	99
ANEXO 13 Rigidez del cimiento y módulo de reacción del suelo - 3P	100
ANEXO 14 Distribución y análisis de rigidez de la fundación para modelación - 3P	103
ANEXO 15 Escalamiento espectral de registros ASCE - 3P	106
ANEXO 16 Escalamiento espectral de registros AIS - 3P	106
ANEXO 17 Derivas análisis elástico - 3P	108
ANEXO 18 Derivas análisis no lineal - 3P	111
ANEXO 19 Desplazamientos - 3P	112
ANEXO 20 Cortante sísmico - 3P	115
ANEXO 21 Fuerzas internas en columnas - 3P	118
ANEXO 22 Fuerzas internas en vigas - 3P	122
ANEXO 23 Rotación en la base - 3P	129
ANEXO 24 Análisis momento curvatura en elementos estructurales - 3P	131
ANEXO 25 Resumen análisis no lineal - 3P	136
ANEXO 26 Microzonificación sísmica - 6P	139
ANEXO 27 Periodos de vibración - 6P	141
ANEXO 28 Fuerza horizontal equivalente - 6P	142

ANEXO 29	Diseño de cimentación – zarpas corridas con viga T invertida - 6P	143
ANEXO 30	Cargas y esfuerzos sobre el suelo - 6P	146
ANEXO 31	Refuerzo de elementos estructurales - 6P	148
ANEXO 32	Rigidez del cimiento y módulo de reacción del suelo - 6P	150
ANEXO 33	Distribución y análisis de rigidez de la fundación para modelación - 6P	152
ANEXO 34	Escalamiento espectral de registros ASCE - 6P	155
ANEXO 35	Escalamiento espectral de registros AIS - 6P	155
ANEXO 36	Derivas análisis elástico - 6P	157
ANEXO 37	Derivas análisis no lineal - 6P	160
ANEXO 38	Desplazamientos - 6P	161
ANEXO 39	Cortante sísmico - 6P	164
ANEXO 40	Fuerzas internas en columnas - 6P	167
ANEXO 41	Fuerzas internas en vigas - 6P	171
ANEXO 42	Fuerzas internas vigas de cimentación - 6P	178
ANEXO 43	Rotación en la base - 6P	181
ANEXO 44	Análisis pórtico equivalente para modelación - 6P	183
ANEXO 45	Análisis momento curvatura en elementos estructurales - 6P	184
ANEXO 46	Resumen análisis no lineal - 6P	194
ANEXO 47	Microzonificación sísmica - 12P	197
ANEXO 48	Periodos de vibración - 12P	198
ANEXO 49	Fuerza horizontal equivalente - 12P	200
ANEXO 50	Diseño de cimentación – losa aligerada - 12P	201
ANEXO 51	Cargas y esfuerzos sobre el suelo - 12P	203
ANEXO 52	Refuerzo de elementos estructurales - 12P	206
ANEXO 53	Rigidez del cimiento y módulo de reacción del suelo - 12P	210
ANEXO 54	Distribución y análisis de rigidez de la fundación para modelación - 12P	212
ANEXO 55	Escalamiento espectral de registros ASCE - 12P	215
ANEXO 56	Escalamiento espectral de registros AIS - 12P	215
ANEXO 57	Derivas análisis elástico - 12P	217
ANEXO 58	Derivas análisis no lineal - 12P	220
ANEXO 59	Desplazamientos - 12P	221
ANEXO 60	Cortante sísmico - 12P	224
ANEXO 61	Fuerzas internas en columnas - 12P	227

ANEXO 62	Fuerzas internas en vigas - 12P	231
ANEXO 63	Fuerzas internas vigas de cimentación - 12P	238
ANEXO 64	Rotación en la base - 12P	241
ANEXO 65	Análisis pórtico equivalente para modelación - 12P	243
ANEXO 66	Análisis momento curvatura en elementos estructurales - 12P	244
ANEXO 67	Resumen análisis no lineal - 12P	271
ANEXO 68	Registros de acelerogramas	274
ANEXO 69	Puntos de comportamiento - principio de los desplazamientos iguales –última iteración del procedimiento	277

Capítulo 1. Introducción

Una de las áreas de estudio más importante para los ingenieros estructurales es el análisis de la respuesta sísmica, debido a que la mayor parte de las víctimas asociadas a sismos son producidas por las edificaciones. De acuerdo con el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2019), entre el año 2000 a 2018 se han registrado más de 806.000 pérdidas humanas a nivel mundial causadas por terremotos. Por tanto, conocer los factores que afectan esta respuesta es importante, teniendo en cuenta que Colombia está expuesta a sismos de fuerte magnitud y el 87% de la población habita en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta (AIS, 2017).

La respuesta sísmica de una edificación depende principalmente del movimiento del terreno, que afecta a las propiedades de la estructura a través de su cimentación, lo que se conoce como interacción suelo-estructura (ISE). Generalmente, en la práctica actual no se tiene en cuenta la flexibilidad de la fundación ni las propiedades del suelo para el diseño de la estructura, considerándola como un sistema independiente, cuya respuesta se determina por un modelo matemático empotrado en la base. En cambio, la fundación se diseña utilizando metodologías con resortes, y superponiendo linealmente los esfuerzos de la estructura. Esta suposición de empotramiento es inapropiada para algunas estructuras, pues considera la combinación entre un suelo y una fundación con una rigidez infinita, es decir, que no existe deformación, ni rotación, lo cual no es del todo cierto (NEHRP, 2012).

Los problemas asociados con la no aplicación de la ISE radican principalmente en: inadecuado conocimiento de sus principios (efectos, metodologías), literatura de difícil comprensión (generalmente a través de ecuaciones de movimiento tratadas con soluciones de Laplace o Fourier), y códigos o estándares con guías de diseño limitadas como es el caso de la actual versión del Reglamento Colombiano de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 (AIS, 2017). Igualmente, el análisis del tipo de cimentación (rigidez, distribución de presiones), y la evaluación de las características del suelo (estratos, amortiguamiento, propiedades), hacen que se deba recurrir a un buen número de hipótesis para determinar las variables del problema, muchas veces analizando la ISE por alguna

solución numérica o en un programa especializado y costoso. La ISE modifica la respuesta dinámica que tendría una estructura supuesta con base indeformable, debido a un conjunto de efectos inerciales y cinemáticos producidos como resultado de la deformabilidad del suelo ante una excitación sísmica. Lo anterior ocasiona cambios en los periodos de vibración, cortante sísmico, desplazamientos, derivas, amortiguamientos, rotaciones de la base, deslizamiento o levantamiento del cimiento, variación en fuerzas internas de elementos estructurales, posible resonancia, impactos en estructuras adyacentes, y cambios en los niveles de desempeño (Mylonakis & Gazetas, 2000), (Abdel Raheem, Ahmed & Alazrak, 2014), (Avilés & Rocha, 2004), (Ghandil & Behnamfar, 2017), (Hokmabadi & Fatahi, 2016). Por esta razón, no tener en cuenta la ISE en el análisis sísmico de una edificación podría dar lugar a diseños inseguros.

Debido a la importancia que tiene la ISE en la respuesta sísmica de las estructuras, este trabajo se ocupa de cuantificar sus efectos en tres edificios de concreto reforzado sobre cimentaciones superficiales, localizadas en suelos blandos de la sabana de Bogotá. Esto se logra mediante la elaboración de modelos matemáticos, considerando variables tanto de demanda sísmica como de rigidez suelo-cimiento, con el fin de realizar un análisis comparativo entre condiciones flexibles y empotradas en la base, a través de indicadores de evaluación.

El presente trabajo se divide en 8 capítulos: los dos primeros establecen la importancia de la ISE, y los objetivos trazados para el proyecto. En el tercero, se exponen los procedimientos y metodologías más relevantes para estimar la ISE, además de sus efectos e indicaciones normativas. En el cuarto, se especifican las condiciones y variables utilizadas para la elaboración de los modelos matemáticos, cálculo de demanda sísmica, análisis no lineal, estimación de la rigidez suelo-cimiento con base en métodos aproximados, métodos incluyendo las propiedades del suelo, y a través de la curva fuerza-desplazamiento de un ensayo de placa. En el quinto y sexto se presentan los análisis de resultados y conclusiones a través de análisis comparativos de los indicadores de evaluación (periodos de vibración, derivas, desplazamientos, cortante sísmico, fuerzas internas en los elementos, rotación en la base, curvas de capacidad y ductilidad). Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas y anexos que dan soporte a los objetivos logrados. Este trabajo permite a los calculistas tener una mayor conciencia en los impactos de la ISE en la etapa de diseño.

Capítulo 2. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Cuantificar los efectos de la interacción suelo-estructura en edificios de concreto reforzado sobre cimentaciones superficiales en suelos blandos de la sabana de Bogotá.

2.2. Objetivos específicos

- Establecer modelos matemáticos y aplicar la demanda sísmica requerida mediante diferentes metodologías de análisis.
- Analizar y estimar diferentes métodos para la obtención de la rigidez suelo-cimiento con base en formulaciones establecidas y ensayos físicos.
- Comparar los modelos matemáticos en condición empotrada y flexible cuantificando la respuesta sísmica mediante indicadores de evaluación.
- Analizar la respuesta no lineal de los modelos mediante la metodología de análisis de plastificación progresiva, con base en ASCE 41-17 (2017).

Capítulo 3. Estado del arte

3.1. Movimientos sísmicos

Los sismos son vibraciones de la corteza terrestre, producidos por distintos fenómenos, como la actividad volcánica, caída de techos de cavernas y hasta explosiones. Sin embargo, los sismos más severos y los más importantes desde el punto de vista de la ingeniería, son los de origen tectónico, que se deben a desplazamientos bruscos de las grandes placas en que esta subdividida la corteza. Las presiones que se originan desde el interior, generan la liberación de enormes cantidades de energía principalmente en forma de ondas vibratorias que se propagan a grandes distancias a través de la corteza (Bazán & Meli, 1999).

De acuerdo con USGS (2019), entre el año 2000 a 2018 se han registrado más de 104 eventos sísmicos clasificados como significativos, dejando más de 806.000 pérdidas humanas, como se muestra en la Tabla 1. Dentro de los eventos más recientes tenemos el de Indonesia en 2018, Irán, Iraq y ciudad de México en 2017, Italia y costa del Ecuador en 2016, Pakistán y Nepal en 2015, este último dejando más de 8000 víctimas.

Tabla 1 Pérdidas humanas causadas por sismos. Tomado de USGS, 2019.

Sismos a nivel mundial 2000-2018											
Magnitud	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Subtotal
8.0+	1	1	0	1	2	1	2	4	0	1	13
7-7.9	14	15	13	14	14	10	9	14	12	16	131
6-6.9	146	121	127	140	141	140	142	178	168	144	1447
5-5.9	1344	1224	1201	1203	1515	1693	1712	2074	1768	1896	15630
Muertes estimadas	231	21357	1685	33819	298101	87992	6605	708	88708	1790	540996
Magnitud	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Subtotal
8.0+	1	1	2	2	1	1	0	1	1	-	10
7-7.9	23	19	12	17	11	18	16	6	16	-	138
6-6.9	150	185	108	123	143	127	130	104	117	-	1187
5-5.9	2209	2276	1401	1453	1574	1419	1550	1455	1674	-	15011
Muertes estimadas	226050	21942	689	1572	756	9624	1453	819	2100	-	265005

A nivel nacional, Colombia está localizada dentro de una de las zonas sísmicamente más activas de la tierra, denominada Anillo Circumpacífico. Su emplazamiento tectónico es complejo pues convergen la placa Nazca, la placa Suramericana y la placa Caribe. Además, existen un gran número de fallas geológicas sísmicamente activas como la de Romeral, Algeciras y frontal de Piedemonte Llanero. Dentro de los sismos más recientes y significativos tenemos el de Santander en 2015, Choco en 2013 y 2014, y Quetame en 2008 que dejó un saldo de más de 33 víctimas. A nivel local, la ciudad de Bogotá se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia debido a su proximidad (40 km) con la falla de Piedemonte Llanero (AIS, 2017), entre otras.

3.2. Interacción suelo estructura (ISE)

La ISE es la evaluación y análisis de la respuesta colectiva de 3 sistemas: la estructura, la fundación y el suelo debajo y alrededor de la fundación; estos sistemas afectan la respuesta sísmica de una estructura bajo la acción de un movimiento específico del terreno (NEHRP, 2012), (Kausel, 2010). Por su parte, el Reglamento NSR-10 (AIS, 2017) expresa la ISE como el efecto que tienen en la respuesta estática y dinámica de una estructura las propiedades de rigidez del suelo que da apoyo a la edificación, en conjunto con las propiedades de rigidez de la cimentación y de la estructura.

3.3. Evaluación de la ISE según normas

El Reglamento NSR-10 (AIS, 2017) indica que se debe tener en cuenta los efectos de la ISE del capítulo A.7, cuando se realice un análisis con base empotrada en estructuras localizadas en suelos D, E o F, con un periodo mayor de $2T_c$, realizando un análisis dinámico elástico. Este capítulo A.7 recomienda utilizar el procedimiento simplificado del apéndice A-2 si a juicio del ingeniero estructural y de geotecnia se dispone de la información necesaria para su evaluación. El ASCE 41-17 (2017) en cambio, indica que la ISE deberá ser evaluada únicamente en estructuras donde un incremento en el periodo fundamental causado por la condición flexible, resulte en un incremento de las aceleraciones espectrales; para otros casos no se requiere evaluar.

3.4. Efectos de la ISE

3.4.1. Efectos inerciales (rigidez y amortiguamiento)

En cuanto a la rigidez, la excitación sísmica inducida desarrolla inercia en la estructura debido a su propia vibración que da lugar a cortantes en la base, momentos y torsión. Estas fuerzas generan desplazamientos y rotaciones en la interface fundación-suelo, que solo son posibles por causa de la flexibilidad de esta, y contribuyen a la flexibilidad general (NEHRP, 2012), (Stewart, Fenves & Seed, 1999). El amortiguamiento resulta de los movimientos relativos entre la fundación y el suelo de soporte, que producen desplazamientos, los cuales están asociados con la radiación de energía lejos de la fundación y con el amortiguamiento histerético del suelo, lo que puede contribuir a una variación en el amortiguamiento general.

3.4.2. Efectos cinemáticos

Efecto debido a la diferencia entre el movimiento de campo libre (únicamente el suelo) y la excitación efectiva de la base, la cual puede ser importante para cimentaciones enterradas (véase la Figura 1). Esto se origina porque la rigidez de la cimentación le impide ajustarse a las deformaciones del suelo causadas por el movimiento de campo libre, generándose un fenómeno de difracción de ondas que modifica el movimiento del suelo en la proximidad del cimientto. La superposición de las ondas incidentes y reflejadas por la superficie del terreno con las ondas difractadas por el cimientto provoca un movimiento de entrada para la cimentación diferente del movimiento de campo libre (Avilés & Rocha, 2004).

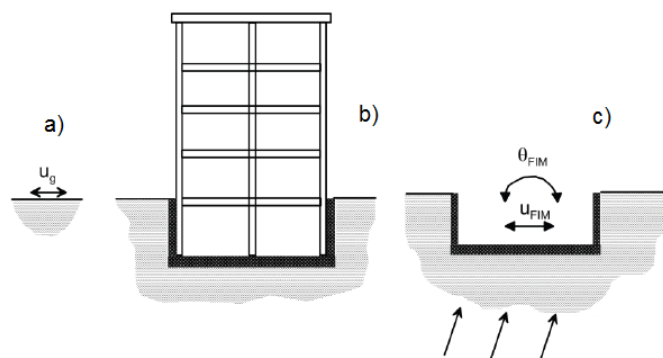


Figura 1 Efecto cinemático: a) Movimiento de campo libre, b) estructura enterrada y c) radiación de ondas. Tomado de NEHRP, 2012, p 1-6.

3.4.3. Efectos de flexibilidad en la fundación

Las deformaciones en los elementos de la fundación por cualquier sollicitación, ocurren como resultado de fuerzas y desplazamientos aplicados por la estructura y por el suelo al cimiento. Estas acciones representan la demanda para la cual los componentes de la cimentación deben ser diseñados y pueden ser significativas en fundaciones flexibles como losas y pilotes (NEHRP, 2012). Dichas deformaciones dependen del grado de rigidez de la cimentación. En el código actual (AIS, 2017) se tienen en cuenta los efectos inerciales y de flexibilidad del cimiento con un amortiguamiento constante para el diseño, sin embargo, los efectos cinemáticos no, los cuales podrían afectar edificaciones con cimientos enterrados.

3.5. Procedimientos para evaluación de ISE

3.5.1. Procedimiento simplificado

Indicado por ASCE 7-16 (2016) y adaptado por el Reglamento NSR-10 (AIS, 2017), su análisis parte de un oscilador simple o con varios grados de libertad bajo condición empotrada, donde a través de formulaciones de la dinámica estructural y datos experimentales se llega a expresiones para la condición flexible como se muestra en la Figura 2. Este método es muy general pues supone que las fundaciones son completamente rígidas y condensa todas las propiedades de flexibilidad en un solo punto, lo cual puede ser inapropiado para estructuras con cimientos de gran área.

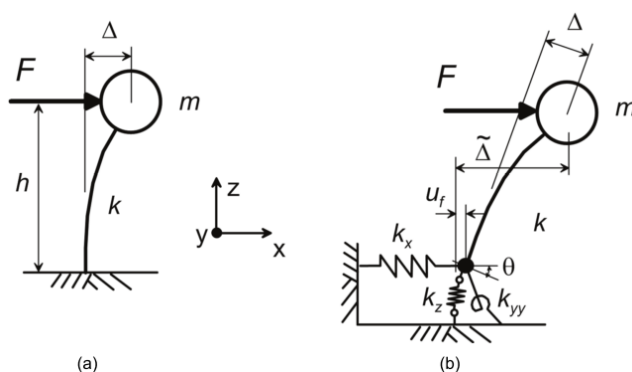


Figura 2 Estructura: a) condición empotrada y b) flexible. Tomado de NEHRP, 2012, p 2-2

3.5.2. Procedimiento modelando la flexibilidad

Se realiza la modelación matemática explícita incluyendo la flexibilidad y el amortiguamiento de los componentes individuales de la fundación y de la estructura, como también de los componentes geotécnicos del suelo (NEHRP, 2012). La rigidez del suelo es distribuida en toda el área de la fundación. Existen dos métodos para representar el problema: el directo y el de subestructura. Este procedimiento es más completo que el simplificado ya que permite analizar la flexibilidad de forma más elaborada y precisa.

3.5.2.1. Método directo

Se incluyen todos los elementos de la estructura, de la fundación, y el suelo se representa como un medio continuo. Se especifican condiciones de frontera y se implantan ecuaciones de compatibilidad en la interface entre la cimentación y el suelo. Todos los elementos se discretizan en puntos nodales finitos dependiendo del grado de aproximación (NEHRP, 2012). Este método es ideal para analizar la propagación de ondas sísmicas directamente sobre el sistema y evaluar los efectos cinemáticos, sin embargo, debido a su complejidad de implementación y demanda computacional es necesario realizar suposiciones que pueden limitar su precisión. (Véase la Figura 3)

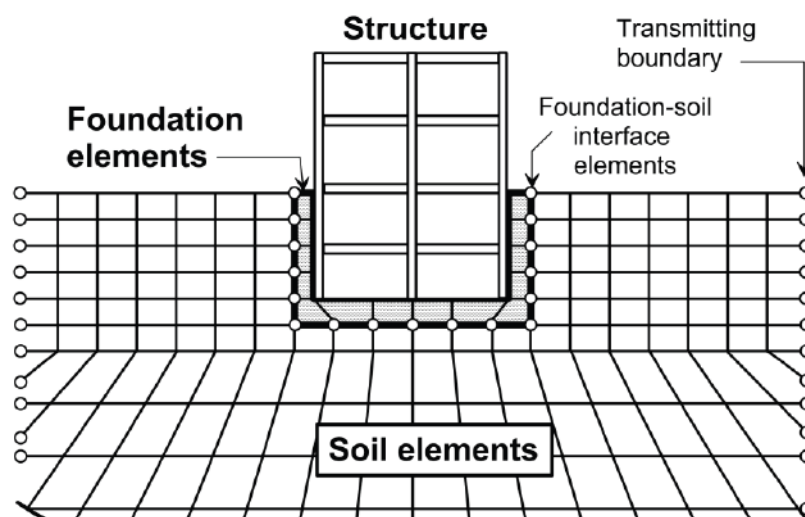


Figura 3 Método directo - Modelación de variables. Tomado de NEHRP, 2012, p 1-4.

3.5.2.2. Método de la subestructura

El análisis se divide en subsistemas independientes: la estructura, la cimentación y el suelo. La representación del suelo se hace mediante resortes y amortiguadores. Finalmente, se realiza la superposición de los subsistemas asumiendo un comportamiento lineal equivalente (NEHRP, 2012). Este método es más práctico que el directo debido a sus simplificaciones en el análisis y a un menor gasto computacional, conllevando a resultados aceptables que simulan bastante bien el comportamiento real de las estructuras, convirtiéndose en el más utilizado actualmente en el diseño. (Véase la Figura 4).

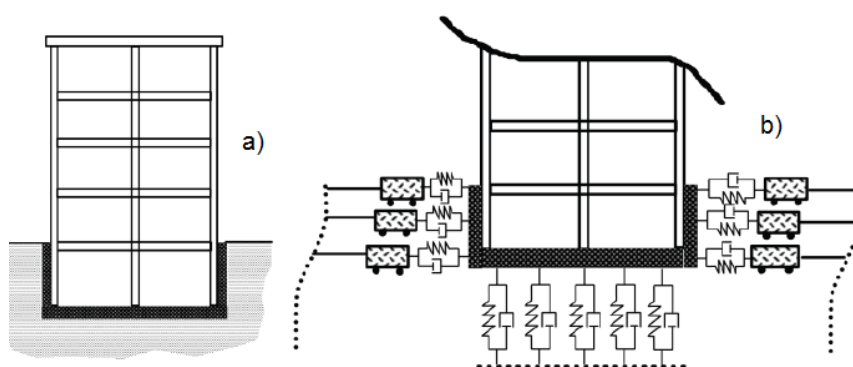


Figura 4 Subestructura: a) empotrado, b) resortes. Tomado de NEHRP, 2012, p 1-6.

3.6. Metodologías de análisis

La inherente complejidad en el comportamiento real del suelo ha generado el desarrollo de algunos modelos idealizados que permiten involucrar este factor en el análisis de las edificaciones. Las clásicas teorías de elasticidad y plasticidad son dos idealizaciones comúnmente empleadas en este tipo de problemas, que pueden incluir cargas estáticas o dinámicas, tanto en la estructura, fundación o en el suelo (Selvadurai, 1979), algunas son:

3.6.1. Modelo tipo Winkler

Se idealiza que la presión (P) que actúa en un punto de la interface fundación-suelo, es una función lineal de la deflexión (y) del terreno en el mismo punto ($P=K*y$), donde la constante K se denomina módulo de reacción del terreno (K_s). El comportamiento del modelo consiste en reemplazar el suelo por medio de un conjunto de resortes, igualmente espaciados,

actuando de manera desacoplada como se muestra en la Figura 5, donde la carga aplicada a una superficie de suelo produce asentamientos y esfuerzos únicamente bajo el área cargada y no fuera de esta (Delgado, 1998). Este método es el más simple para representar la ISE y el más utilizado comparado con otros modelos, ya que sus resultados simulan bastante bien la realidad del problema especialmente para fundaciones flexibles como las losas. Sin embargo, depende directamente de la evaluación del módulo de reacción y omite el suelo circundante del área en estudio lo que podría dejar incertidumbres en el diseño.

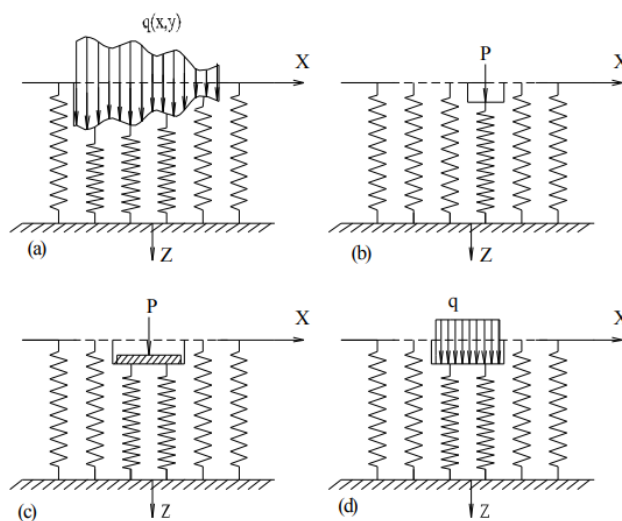


Figura 5 Modelo tipo Winkler: a) carga no uniforme, b) carga puntual, c) carga en cimiento rígido, d) carga distribuida en cimiento flexible. Tomado de Selvadurai, 1979, p 15.

El módulo de reacción del suelo (K_s) es simplemente una idealización matemática para estimar el comportamiento de un suelo de manera aproximada, con cierta racionalidad, que permite hacer predicciones con resultados aceptables para fines prácticos. Sin embargo, en ninguna circunstancia es una medida que permita describir en términos estrictos el comportamiento de una material tan complejo como el suelo, el cual es en realidad un continuo, generalmente ni homogéneo ni isotrópico (Delgado, 1998).

3.6.2. Modelo del semiespacio elástico

Supone que las cargas aplicadas a un suelo producen asentamientos tanto bajo la fundación como en el exterior del área cargada. El suelo es idealizado como un sólido continuo elástico tridimensional, donde se establecen ecuaciones para la deformación

debajo de un área discretizada en función de presiones sobre la misma área y todas las demás. Es frecuente utilizar métodos matriciales con procedimientos de solución iterativa para resolver el problema (Tsudik, 2013). El método puede mejorar el análisis tipo Winkler ya que tiene en cuenta las propiedades del suelo (E , ν) y no solamente el K_s , como también la consideración del suelo circundante, pero el tratamiento matemático es complejo.

3.6.3. Modelo de la capa elástica

Se determina una capa elástica que toma en cuenta únicamente la parte superior de suelo localizada debajo de la fundación, donde el suelo debajo de dicha capa no experimenta ningún asentamiento o se considera relativamente pequeño. El cálculo de la profundidad de la capa es un problema complejo y más aún, cuando la fundación esta soportada bajo un suelo estratificado de profundidad ilimitada (Tsudik, 2013). Este método puede representar mejor la profundidad del suelo en comparación con otros, no obstante, requiere del análisis computacional a través de formulaciones empíricas dependiendo del tipo de suelo, lo que impide en cierta forma generalizar sus hipótesis. (Véase la Figura 6).

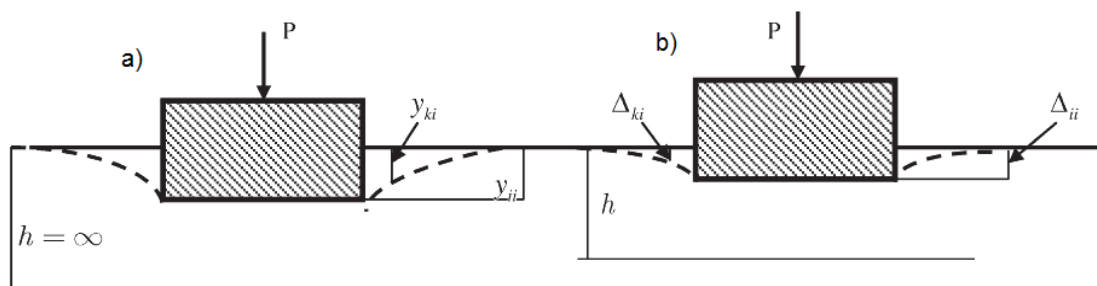


Figura 6 a) semiespacio elástico, b) capa elástica. Tomado de Tsudik, 2013, p 19.

3.6.4. Modelos dependientes del tiempo

El continuo elástico es dividido en nodos interconectados, donde se utilizan las suposiciones de los elementos finitos para representar la discretización de la interface fundación-suelo, estableciendo ecuaciones de movimiento mediante matrices. Las soluciones de estas ecuaciones se logran a través de transformaciones de amplitudes modales, ecuaciones de Laplace o transformaciones discretas de Fourier, generalmente trabajándose en el dominio de la frecuencia ya que se obtienen algunos beneficios de

condensación en las formulaciones (Wolf, 1985). Este método analítico puede ser muy preciso y dar buenos resultados, sin embargo, la complejidad en el análisis y condiciones de frontera son tan significativos que pueden conducir a errores en los resultados si no se tiene especial cuidado.

3.6.5. Modelo de dos parámetros

Se definen dos constantes elásticas independientes, una, el módulo de reacción del suelo y la otra, una membrana delgada bajo una tensión constante que elimina el desacoplamiento de los resortes tipo Winkler (Selvadurai, 1979). Este método puede representar mejor el comportamiento del suelo involucrando el área circundante de estudio; sin embargo, en todos los casos es necesario el empleo de ecuaciones diferenciales, tablas o gráficos, y suposiciones con respecto a la distribución de los esfuerzos para la solución del problema. (Véase la Figura 7).

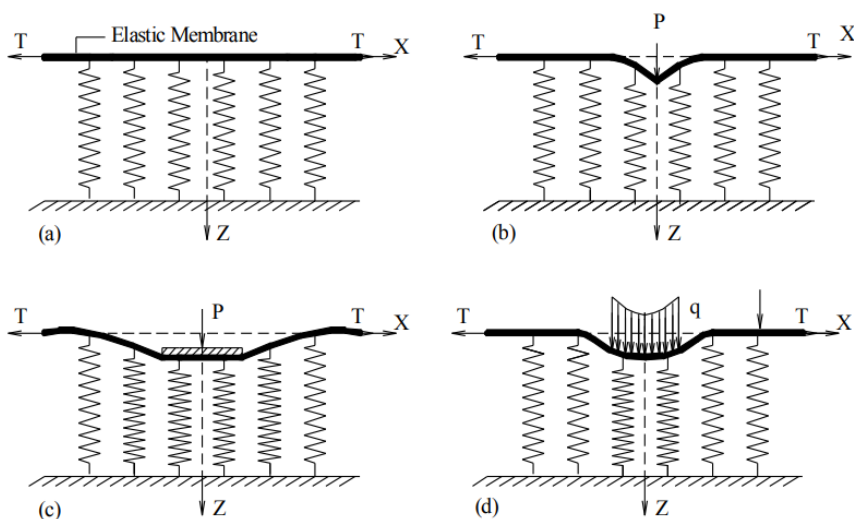


Figura 7 Modelo 2 parámetros: a) membrana elástica, b) carga puntual, c) carga en cimiento rígido, d) carga sobre cimiento flexible. Tomado de Selvadurai, 1979, p 28.

3.6.6. Modelo con elementos finitos

El sistema general se reemplaza por un número finito de elementos interconectados en un número finito de puntos nodales, discretizando todos los componentes: la estructura, la fundación y el suelo. Las fuerzas actuantes sobre la estructura real se reemplazan por

fuerzas concentradas estáticamente equivalentes aplicadas en los nodos del sistema de elementos finitos (Uribe, 2015). Este método representa mejor el comportamiento del problema, pero necesita de una demanda computacional alta dependiendo del grado de discretización que se utilice afectando a los resultados obtenidos.

3.6.7. Modelo inelástico

Es una técnica no lineal de análisis a través de la cual el comportamiento de los componentes estructurales o geotécnicos es representado por relaciones de fuerza-desplazamiento en el rango plástico (ATC 40, 1996). Existen diferentes enfoques del análisis no lineal con la ISE que pueden contemplar: fluencia solo en la estructura, fluencia solo en el suelo, separaciones o deslizamientos de la interface suelo-cimiento o fluencia en la fundación (NEHRP, 2012). El modelo más práctico y utilizado es el de la Viga sobre fundación no lineal tipo Winkler (BNWF), el cual tiene la habilidad para describir una gran variedad de problemas a través de resortes no lineales en la interface. El ASCE 41-17 (2017) establece 3 métodos para abordar el problema, uno rígido, un semirrígido y uno flexible, siendo este último el más apropiado para evaluar losas y pilotes de cimentación, como se muestra en la Figura 8.

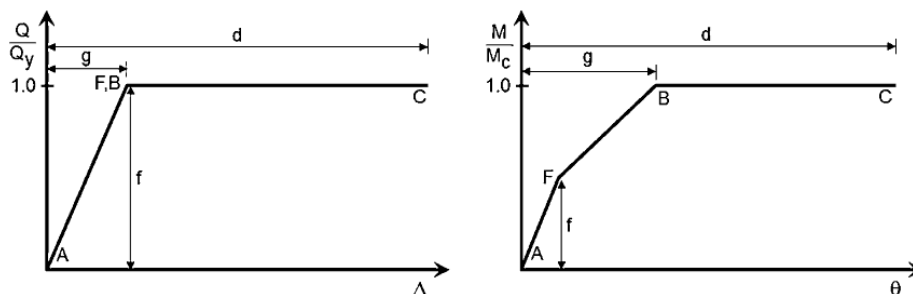


Figura 8 Modelos elasto-plásticos. Tomado de ASCE 41, 2017, p 90.

3.7. Investigaciones en ISE

Diversos investigadores han estudiado y evaluado los efectos e impactos de la interacción suelo-estructura sobre las edificaciones desde diferentes enfoques ya sea a través de osciladores analíticos, modelos matemáticos o modelos físicos, obteniendo resultados que resaltan la importancia de incluir este fenómeno en el diseño.

La pérdida de rigidez en una estructura al pasar de una condición empotrada a una flexible, produce un cambio en el periodo de vibración, que ha sido estudiado por la mayoría de los investigadores, encontrando siempre un aumento bajo la condición flexible, teniendo a los sistemas de pórticos como los más afectados (Avilés & Rocha, 2004), (Mylonakis & Gazetas, 2000), (Li, Lu, Ye, 2014), (Fernández & Gómez, 2015), (Nguyen, Fatahi & Hokmabadi, 2017), (Jayalekshmi & Chinmayi, 2018). De igual manera, Gullu & Pala (2014) analizaron los efectos sobre la resonancia, cuando dichos aumentos están muy cerca de los periodos del suelo y la respuesta se amplifica considerablemente.

Esta variación del periodo está relacionada con el aumento de los desplazamientos y derivas, que son proporcionales a la altura de la edificación. Puede observarse en varios estudios que esos incrementos sobrepasan en algunos casos los límites de deriva establecido por los códigos del 1.5%, con afectación a los elementos no estructurales (Abdel et al., 2014), (Hokmabadi & Fatahi, 2016), (Raychowdhury & Singh, 2012), (Shakib & Homaei, 2017). Igualmente, la variación en el periodo puede disminuir la demanda sísmica ya que la zona de periodos largos decrece en el espectro de diseño (Ghandil & Behnamfar, 2017). Estas reducciones varían con el método de análisis dinámico utilizado y con una disminución del módulo de reacción del suelo. Además, estos investigadores coinciden en que el mejor método de análisis dinámico es el cronológico en comparación con el espectral para evaluar la ISE.

El problema de los desplazamientos no solo influye en edificaciones aisladas, sino que afecta a las estructuras adyacentes cuando en zonas urbanas no se respeta los límites de separación entre ellas. Tal efecto conocido como golpeteo, ha demostrado que las estructuras contiguas con diferentes alturas pueden producir choques por aumento no esperado de los desplazamientos, amplificando la respuesta (Naserkhaki, Aziz, & Pourmohammad, 2012), (Madani, Behnamfar, & Tajmir, 2015), (Knappett, Madden, & Caucis, 2015).

Se ha evidenciado que la histéresis del suelo y la difracción de ondas en la fundación pueden afectar el amortiguamiento general del sistema, encontrándose una relación de proporcionalidad con la altura de la edificación (Cruz & Miranda, 2017), (Avilés & Rocha,

2004). De igual manera, la flexibilidad del suelo y su estratificación inducen rotaciones en la base que pueden ser importantes, dejando sobrecargas de compresión en algunas zonas de la estructura y levantamiento o tensión en otras. Se comprobó que el tipo de cimentación influye directamente en la respuesta, siendo las fundaciones en losas más sensibles que las de pilotes y teniendo al sistema de muros como el más afectado, en donde la rotación puede decrecer con el aumento en la profundidad de embebido del cimiento (Sotiriadis, Kostinakis, & Morfidis, 2017), (Hokmabadi & Fatahi, 2016).

Finalmente, estudios sobre la no linealidad en la estructura, mostraron una disminución en las curvas de capacidad y un aumento en el índice de daño, con cambios en los niveles de desempeño, lo que podría sobrestimar la ductilidad esperada inicialmente de los análisis (Givens, Mylonakis, & Stewart, 2016), (Jayalekshmi, & Chinmayi, 2018).

En la Escuela Colombiana de Ingeniería se han realizado varios estudios sobre la ISE. Modelos físicos como los de Viasus y López (2008), Fernández y Torres (2009), López (2012), González (2015) y Moreno (2016), muestran el impacto y la sensibilidad de las propiedades del suelo sobre las deformaciones del sistema, logrando demostrar que el modelo tipo Winkler bajo condiciones lineales y no lineales es el mejor método para evaluar la ISE. Por otra parte, estudios sobre modelos matemáticos como los de Torres (2001), Chavarro (2000), Salgado (2006) y Torres & Tovar (2006) muestran cambios significativos de la respuesta dinámica en edificaciones de concreto en cuanto a periodos de vibración, derivas y desplazamientos influidos por el tipo de cimentación.

Estos antecedentes concluyen que la ISE es un factor determinante en el comportamiento de una estructura sometida a fuerzas sísmicas, y por tanto es necesario incluir este fenómeno en el análisis y diseño de las edificaciones. El propósito de este proyecto es contribuir con la línea en investigación de la Escuela Colombiana de Ingeniería, aumentando el nivel de detalle en cuanto al diseño sísmico de edificaciones, mediante la implementación de técnicas de modelación en programas comerciales y utilizando indicadores de evaluación que permitan determinar de forma práctica el problema. De igual manera, se pretende contribuir al capítulo correspondiente en ISE del código Colombiano de Sismo Resistencia.

Capítulo 4. Metodología

4.1. Modelos matemáticos de diseño

Se realizan 3 modelos matemáticos de 3, 6 y 12 niveles (3P, 6P y 12P), en concreto reforzado, con altura entrepisos de 3.2 m, placa aérea aligerada con distribución de viguetas de 0.10 x 0.45 m espaciadas cada 1 m, y dimensiones en planta de 33 m x 20 m como se muestra en la Figura 9. El sistema estructural es combinado en las estructuras 6P y 12P, y de pórticos en la 3P, con uso para oficinas. El diseño estructural se realizó de acuerdo con el Reglamento NSR-10 (AIS, 2017), utilizando un análisis modal espectral empotrado en la base, mediante el programa ETABS (CSI, 2019). Las dimensiones de los elementos estructurales varían según la edificación pero comprenden intervalos en: vigas de 0.30 a 0.40 m x 0.45 m, columnas de 0.40 a 0.50 m x 0.60 a 1.20 m y muros de 0.20 a 0.25 m de ancho. En Materiales, se tiene una resistencia del concreto (F'_c) de 21MPa para las estructuras de 3P y 6P en todos sus elementos, y para la 12P de 28MPa en muros y columnas, 21MPa para placas aéreas y 35MPa para cimentación. En todos los casos se utilizó una resistencia del acero (F_y) de 420 MPa.

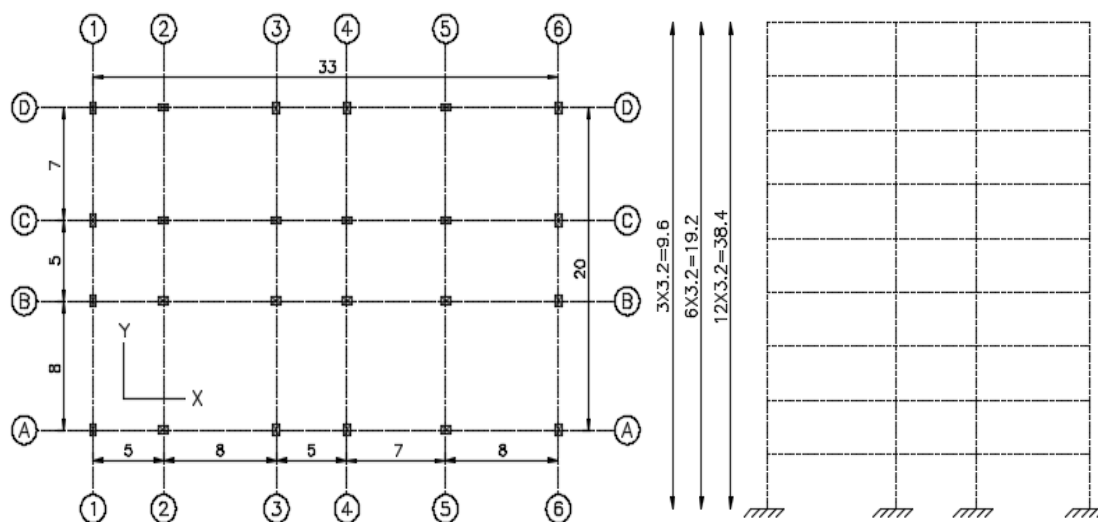


Figura 9 Esquema general de modelos idealizados

Las cimentaciones para las estructuras 6P y 12P, se diseñaron realizando un modelo matemático, aplicando el procedimiento de la subestructura mediante la metodología de Winkler, con una discretización máxima en los elementos de 50x50 cm, empleando el módulo de reacción del suelo K2 (Consúltense el ANEXO 13, ANEXO 32, ANEXO 53). Para la estructura 3P, se diseñó la cimentación independiente del modelo. En resumen se tiene:

- Edificio 3 pisos (3P): Zapatas aisladas con vigas de amarre de 0.50 x 0.60 m.
- Edificio 6 pisos (6P): Cimientos o zarpas corridas con vigas T invertidas de 0.60 x 1.20 m, con altura para la losa inferior de 0.30 m (Véase la Figura 10).
- Edificio 12 pisos (12P): Losa aligerada con voladizos, con vigas de 0.60 a 0.80 x 1.70 m de altura, losa inferior de 0.20 m y losa superior de 0.10 m.

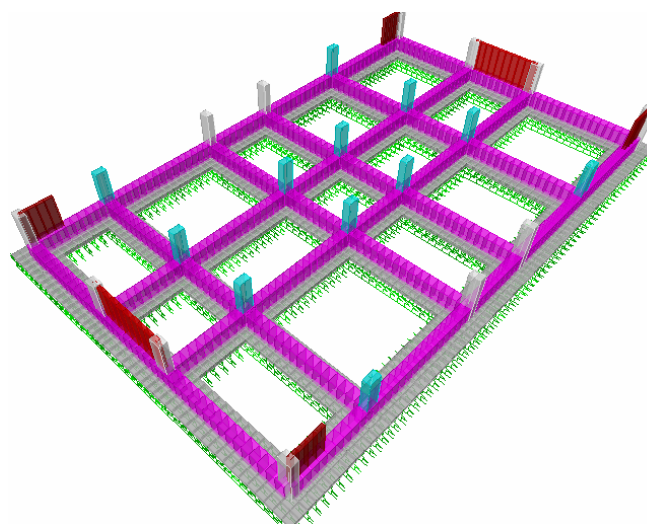


Figura 10 3D cimentación estructura 6P

Información complementaria referente al diseño estructural de acuerdo con AIS (2017), y elaboración de los modelos puede ser consultada en los siguientes anexos:

- Avalúos de carga y diseño losas aéreas: ANEXO 4, ANEXO 5.
- Planos estructurales: ANEXO 1, ANEXO 2, ANEXO 3.
- Revisión de excentricidad en cimentación: ANEXO 11, ANEXO 30, ANEXO 51.
- Diseño elementos de cimentación: ANEXO 10, ANEXO 29, ANEXO 50.
- Refuerzo de elementos estructurales: ANEXO 12, ANEXO 31, ANEXO 52.

4.2. Análisis de la demanda sísmica

El proyecto está localizado en el campus de la Escuela Colombiana de Ingeniería, y conforme a la microzonificación sísmica de Bogotá (Decreto 523, 2010) le corresponde el suelo Lacustre 200, con parámetros de $A_a=0.15$, $A_v=0.20$, $F_a=1.20$, $F_v=3.50$, $T_o=0.39$ s, $T_c=1.87$ s, $T_L=4.0$ s, y con intervalo de periodos para revisión por resonancia de 2.5 a 3.5s. Con esta información se construyen los espectros de diseño como se muestra en la Figura 11 para los modelos matemáticos. (Consúltense el ANEXO 7, ANEXO 26, ANEXO 47).

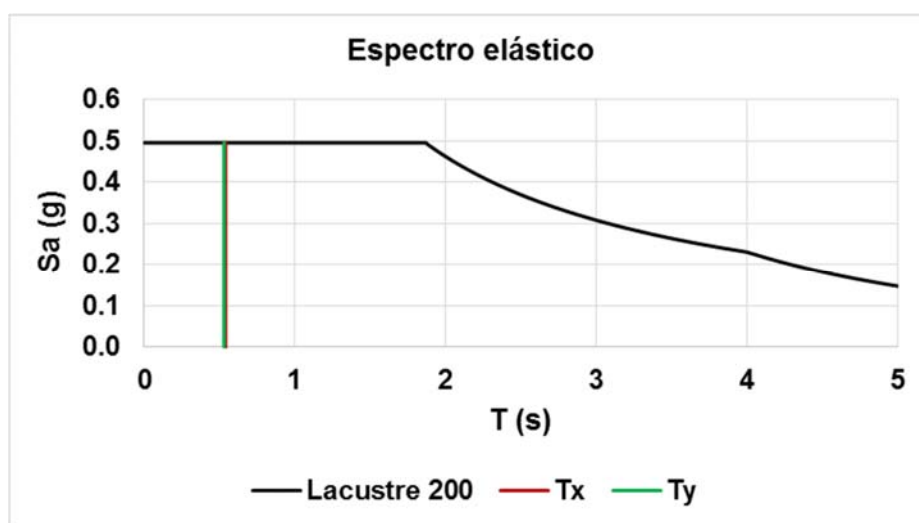


Figura 11 Espectro de microzonificación – 6P

La demanda aplicada a los modelos se realizó mediante las metodologías de fuerza horizontal equivalente, análisis modal espectral y análisis modal cronológico, este último con base en las recomendaciones del Reglamento NSR-10 (AIS, 2017) y ASCE 7-16 (2016). Se definieron 3 modos de vibración por piso y únicamente se analizaron los movimientos horizontales del terreno.

4.2.1. Fuerza horizontal equivalente (FHE)

Se realiza el análisis con base en AIS (2017) capítulo A.4, con el fin de revisar y comparar los resultados con los otros análisis sísmicos. Se calcula el periodo de vibración (T) de las estructuras a partir de las propiedades del sistema de resistencia sísmica (masa y rigidez),

con los principios de la dinámica estructural, utilizando un modelo matemático linealmente elástico. Se halla el límite máximo del periodo ($C_u T_a$) que depende de las condiciones de sitio (A_v, F_v). Finalmente, se calcula el cortante sísmico (V_s) y su distribución en altura dependiente de la masa (m), y aceleración de diseño (S_a). Con esta información se construyen las tablas de FHE para los modelos como la mostrada en la Tabla 2, teniendo en cuenta que el método utiliza únicamente el primer o fundamental modo de vibración. (Consúltense el ANEXO 9, ANEXO 28, ANEXO 49).

Tabla 2 Análisis de FHE dirección X - 6P

1. Dirección X base empotrada:

$$T_x = 0.54 \text{ s} \quad S_{ax} = 0.495 \text{ g} \quad V_{sx} = 14458 \text{ kN}$$

$$K_x = 1.02 \quad W_{est} = 29208 \text{ kN}$$

Nivel	H _i (m)	H _x (m)	W _x (kN)	W _x *(H _x) ^{k_x}	C _{v_x}	Fix (kN)
CUB	3.2	19.2	3638	74098	0.223	3231
P6	3.2	16.0	5114	86491	0.261	3772
P5	3.2	12.8	5114	68885	0.208	3004
P4	3.2	9.6	5114	51367	0.155	2240
P3	3.2	6.4	5114	33968	0.102	1481
P2	3.2	3.2	5114	16750	0.051	730
$\Sigma =$			29208	331559	1.00	14458

4.2.2. Análisis modal espectral (MS)

Se realiza el análisis con base en AIS (2017) capítulo A.5, utilizando un modelo tridimensional con diafragma rígido, teniendo en cuenta para la respuesta modal la totalidad de los modos de vibración de la estructura. Aquí se empleó el método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados para la combinación modal. Se realiza el ajuste de los resultados de la respuesta total no menor a los de FHE únicamente para los modelos iniciales de diseño estructural con base empotrada, revisando para estas estructuras regulares un cortante en la base no menor del 80%. En cuanto a las condiciones flexibles establecidas para los modelos, no se aplicaron los ajustes del cortante mencionados precisamente para observar las diferencias entre las respuestas.

4.2.3. Análisis modal cronológico (MC)

Se realiza este procedimiento de evaluación contra el tiempo, empleando 7 registros de acelerogramas compatibles con la amenaza, para fuentes locales, regionales y de subducción, tomados de Strong Motion Center (SMC, 2019), y del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2019), de acuerdo a la Tabla 3. (Consúltese el ANEXO 68).

Tabla 3 Registros para análisis cronológico

Fuente	Sismo	Estación	Ms	PGA (g)	Componente Horizontal
Local	Coyote Lake	Gilroy-1	5.7	0.119	320
Regional	Loma Prieta	Yerbabuena	7.1	0.079	90
Regional	Northridge	MT Baldy	6.8	0.073	90
Regional	Northridge	Deer Canyon	6.8	0.071	90
Regional	Kobe	Okayama	6.8	0.081	0
Subducción	México	Cerro de piedra	8.1	0.025	0
Subducción	Quetame	SGC	5.7	0.038	NS

Estos registros cuentan con 3 componentes, dos horizontales perpendiculares y una vertical. En este proyecto las estructuras no tienen una orientación específica con respecto a la localización donde se produce el registro y por tanto los efectos de intensidad paralela o perpendicular a la falla no se tienen en cuenta. Con base en lo anterior, se aplicó el PGA (peak ground acceleration) mayor de las componentes horizontales para ambas direcciones en los modelos de manera independiente. Los datos finales de los registros son procesados en el programa SeismoMatch (SeismoSoft, 2019) con corrección de línea base para obtener los diagramas de aceleración contra el tiempo y los espectros de respuesta (Véase la Figura 12 y Figura 13).

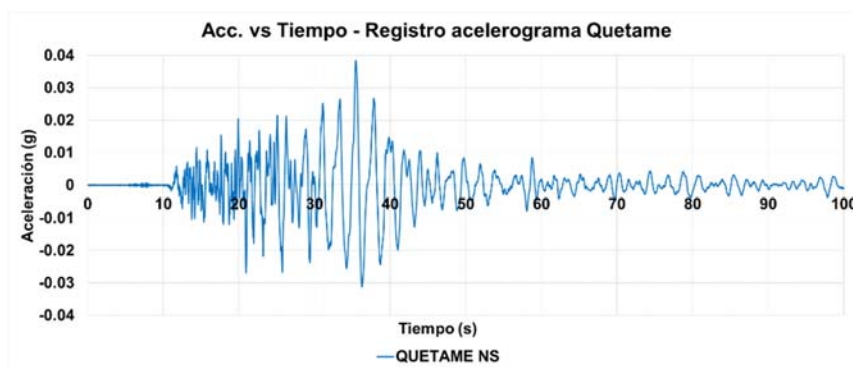


Figura 12 Registro acelerograma Quetame con corrección de línea base. Datos procesados de SGC, 2019.

Posteriormente, los espectros de respuesta procesados son escalados al nivel de amenaza del espectro de diseño para un rango de periodos específico, con base en las recomendaciones de dos metodologías: AIS (2017) y ASCE 7-16 (2016). El rango de periodos es para asegurar el incremento del periodo fundamental en el rango inelástico.

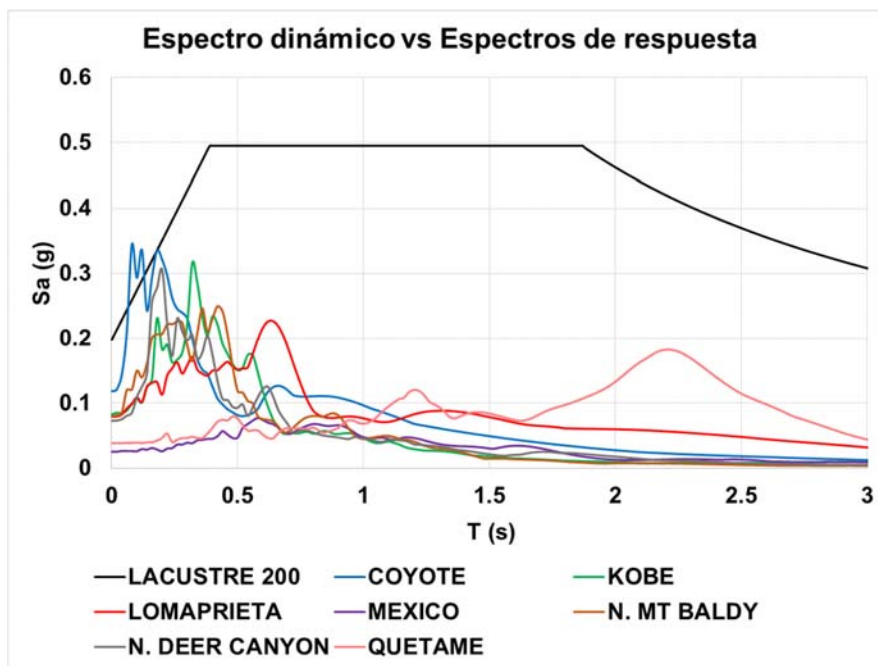


Figura 13 Demanda sísmica vs espectros de respuesta registros

4.2.3.1. Escalamiento espectral AIS (2017)

Para este análisis se utilizaron 3 registros: Quetame, Lomaprieta y México, realizando un escalamiento uniforme como se observa en la Figura 14 y Figura 15 para la estructura 6P; de acuerdo a lo siguiente: (Consúltense el ANEXO 16, ANEXO 35, ANEXO 56).

- Condición 1: Los espectros de respuesta no pueden tener individualmente ordenadas espectrales en el rango de periodos entre $0.8T$ y $1.2T$ menores que el 80% del espectro de diseño.
- Condición 2: El promedio de todos los registros no puede tener ordenadas espectrales menores que el espectro de diseño en el rango entre $0.2T$ y $1.5T$.

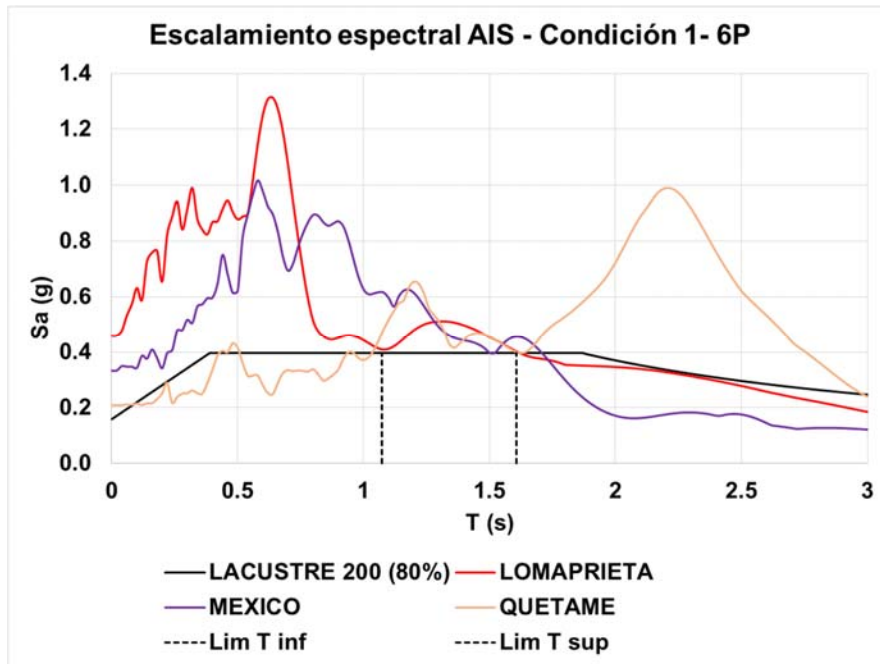


Figura 14 Escalamiento AIS condición 1 – 6P

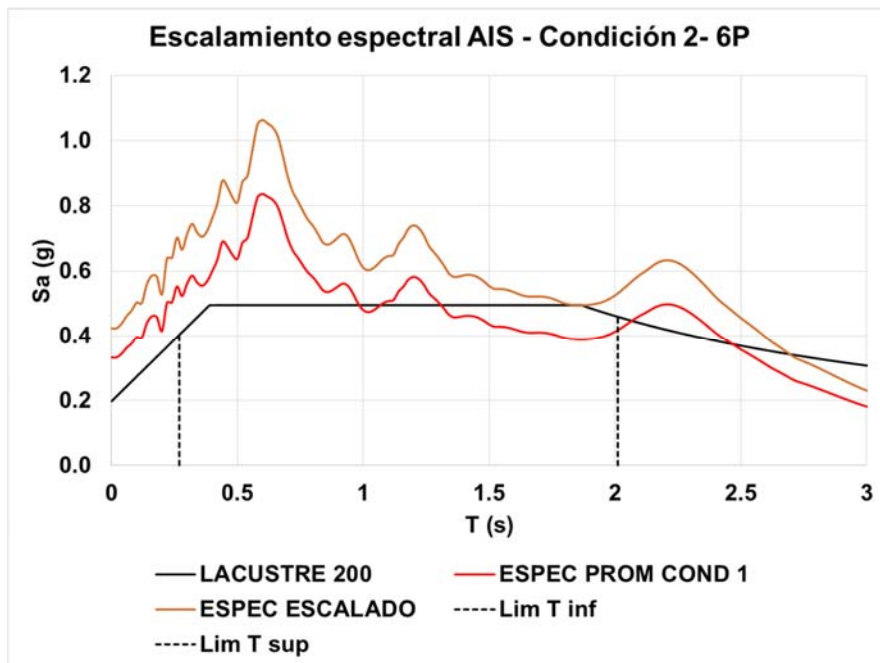


Figura 15 Escalamiento AIS condición 2 – 6P

4.2.3.2. Escalamiento espectral ASCE 7-16 (2016)

Para este análisis se utilizaron todos los 7 registros realizando un escalamiento no uniforme, como se observa en la Figura 16 para la estructura 6P, en el programa SeismoMatch (SeismoSoft, 2019), de acuerdo a lo siguiente: (Consúltense el ANEXO 15, ANEXO 34, ANEXO 55).

- Condición 1: Los espectros de respuesta no pueden tener individualmente ordenadas espectrales en el rango de periodos entre $0.8T$ y $1.2T$ menores que el espectro de diseño.
- Condición 2: El promedio de todos los registros no pueden tener ordenadas espectrales por encima o por debajo con una diferencia de hasta el 10% respecto al espectro de diseño en el rango entre $0.8T$ y $1.2T$.

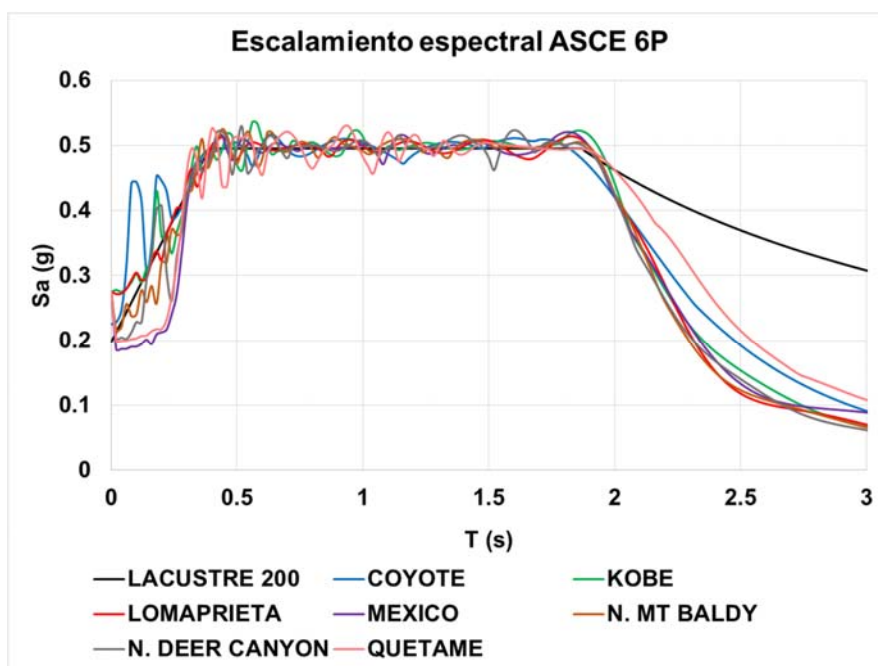


Figura 16 Escalamiento ASCE - 6P

Una vez escalados los registros de acuerdo con las metodologías, se procede a aplicar en los modelos los acelerogramas ajustados. El análisis de la respuesta sísmica se efectúa para cada uno de los registros, donde la respuesta total del método para cada estructura, se obtiene como el promedio de todas las respuestas individuales.

4.3. Evaluación rigidez suelo-cimiento

4.3.1. Ensayo de placa y análisis de muestras

Se realiza un ensayo de carga sobre el suelo mediante una placa circular de acero de diámetro 30 cm y 2.54 cm de espesor, con base en el informe técnico de Ballén *et al.* (2017). Se toman lecturas de carga (kg) y desplazamiento (mm) sobre 3 deformímetros localizados en distintos puntos sobre la placa como se muestra en la Figura 17. Las lecturas se realizan cada cierto intervalo de tiempo para asegurar la estabilidad del suelo. Posteriormente, se construye el diagrama carga-desplazamiento con una envolvente trilineal aproximada mostrando la tendencia de los datos. Con el fin de representar en los modelos matemáticos los resultados obtenidos, se procede a realizar una bilinealización de la envolvente y de esta forma obtener un comportamiento elasto-plástico del suelo, a través del programa MATLAB (MathWorks, 2019).

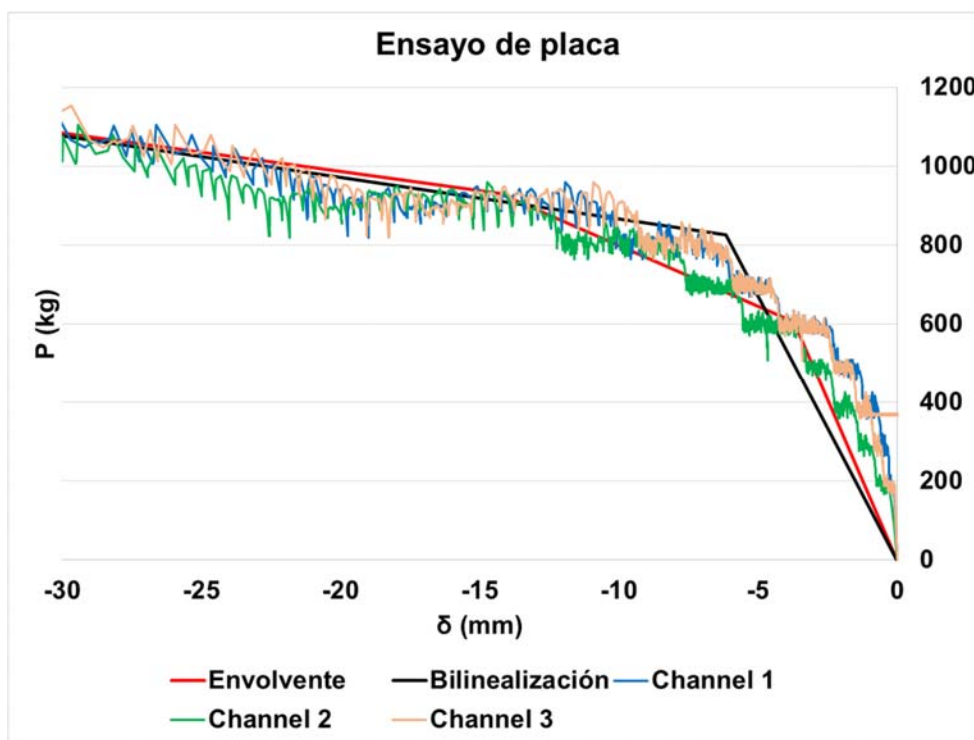


Figura 17 Resultados ensayo de placa, P vs δ . Tomado de Ballén y Contreras, 2019.

Los resultados de la bilinealización se presentan en la Tabla 4, donde: el desplazamiento inicial es $\delta_y = 6.2$ mm, desplazamiento de post-fluencia $\delta_u = 39.6$ mm, carga inicial $P_y =$

826 kg, carga de post-fluencia $P_u = 1177$ kg, rigidez inicial $k_{s1} = 18587$ kN/m³, y la rigidez de post-fluencia $k_{s2} = 4126$ kN/m³.

Tabla 4 Comparación de resultados curva trilineal vs bilinealización

Envolvente trilineal					Bilinealización				
δ (mm)	P (kg)	σ (kg/cm ²)	k_s (kg/cm ³)	k_s (kN/m ³)	δ (mm)	P (kg)	σ (kg/cm ²)	k_s (kg/cm ³)	k_s (kN/m ³)
0	0	0			0	0	0		
3.7	605	0.86	2.31	22685	6.2	826	1.17	1.89	18587
14.3	931	1.32	0.92	9042	39.6	1177	1.66	0.42	4126
39.6	1177	1.66	0.42	4126					

Área placa = 0.0707 m²

En una segunda etapa, se realiza un ensayo triaxial no consolidado no drenado (UU) sobre 3 muestras del suelo en estudio. Únicamente se tuvieron en cuenta las muestras 1 y 2 para el análisis ya que la muestra 3 sufrió alteraciones durante el ensayo de laboratorio y sus datos fueron descartados. Los análisis de las muestras 1 y 2 se presentan en la Tabla 5, Tabla 6, Figura 18 y Figura 19. Los registros de laboratorio se pueden consultar en el ANEXO 6.

Tabla 5 Análisis ensayo (UU) muestra 1

1. Análisis de datos muestra 1:

$$\begin{aligned} D_o &= 3.50 \text{ cm} && \text{Diámetro inicial} \\ H_o &= 8.63 \text{ cm} && \text{Altura inicial} \\ A_o &= 9.62 \text{ cm}^2 && \text{Área inicial} \\ V_o &= 83.03 \text{ cm}^3 && \text{Volumen inicial} \end{aligned}$$

$$\xi_{\text{axial}} = \frac{\delta}{H_o} \quad A_c = \frac{A_o}{1 - \xi_{\text{axial}}}$$

$$\xi_{\text{lateral}} = \frac{D_c - D_o}{D_o}$$

D_c, A_c = Diámetro y área corregida

δ (mm)	Carga (kg)	ξ axial %	A_c (cm ²)	D_c (cm)	ξ lateral %	σ kN/m ²	ν	E kN/m ²
0.24	-0.12	0.278	9.65	3.50	0.139	-1.22	0.501	-439
0.45	0.69	0.521	9.67	3.51	0.262	7.00	0.502	1342
0.54	2.30	0.626	9.68	3.51	0.314	23.30	0.502	3724
0.74	3.90	0.857	9.70	3.52	0.432	39.42	0.503	4598
0.92	4.71	1.066	9.72	3.52	0.537	47.51	0.504	4457
1.15	5.51	1.333	9.75	3.52	0.673	55.43	0.505	4160

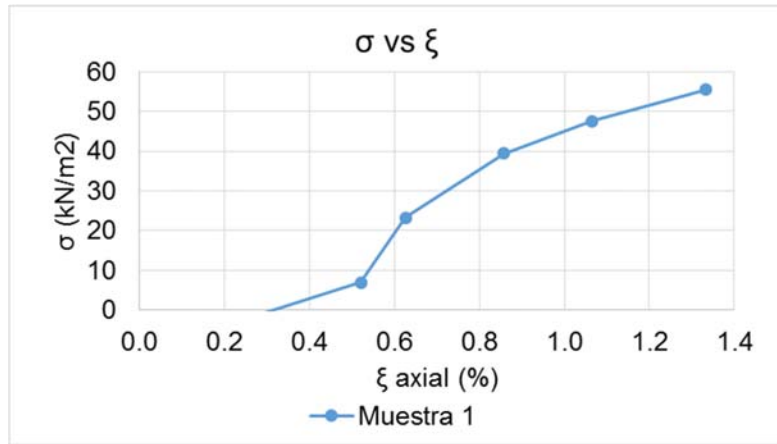


Figura 18 Curva esfuerzo vs deformación muestra 1

Tabla 6 Análisis ensayo (UU) muestra 2

2. Análisis de datos muestra 2:

$D_o = 3.50 \text{ cm}$ Diámetro inicial
 $H_o = 8.43 \text{ cm}$ Altura inicial
 $A_o = 9.62 \text{ cm}^2$ Área inicial
 $V_o = 81.11 \text{ cm}^3$ Volumen inicial

$$\xi_{\text{axial}} = \frac{\delta}{H_o} \quad A_c = \frac{A_o}{1 - \xi_{\text{axial}}}$$

$$\xi_{\text{lateral}} = \frac{D_c - D_o}{D_o}$$

$D_c, A_c =$ Diámetro y área corregida

δ (mm)	Carga (kg)	ξ axial %	A_c (cm ²)	D_c (cm)	ξ lateral %	σ kN/m ²	ν	E kN/m ²
0.00	-0.92	0.001	9.62	3.50	0.001	-9.38	0.500	-790776
0.22	-0.12	0.261	9.65	3.50	0.131	-1.22	0.501	-468
0.47	0.69	0.558	9.68	3.51	0.280	7.00	0.502	1255
0.55	1.49	0.652	9.68	3.51	0.328	15.09	0.502	2313
0.74	5.51	0.878	9.71	3.52	0.442	55.69	0.503	6344
1.23	7.92	1.459	9.76	3.53	0.738	79.58	0.506	5454
1.23	9.13	1.459	9.76	3.53	0.738	91.73	0.506	6287
2.30	9.93	2.728	9.89	3.55	1.393	98.49	0.510	3610
2.85	10.33	3.381	9.96	3.56	1.734	101.77	0.513	3010
3.40	10.97	4.033	10.03	3.57	2.080	107.34	0.516	2661
3.96	11.13	4.698	10.10	3.59	2.435	108.15	0.518	2302
4.51	11.54	5.350	10.16	3.60	2.787	111.37	0.521	2082
5.08	11.54	6.026	10.24	3.61	3.156	110.57	0.524	1835
5.62	11.78	6.667	10.31	3.62	3.510	112.11	0.526	1682
6.17	11.94	7.319	10.38	3.64	3.874	112.83	0.529	1542
6.75	11.94	8.007	10.46	3.65	4.261	112.00	0.532	1399
7.30	11.94	8.660	10.53	3.66	4.633	111.20	0.535	1284

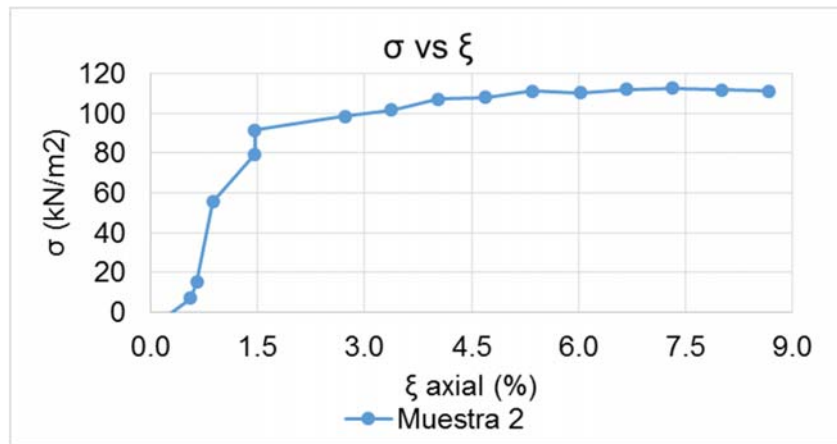


Figura 19 Curva esfuerzo vs deformación muestra 2

Con esta información se obtuvo el módulo de elasticidad (E_s), como el promedio de las porciones elásticas de las curvas, así:

Muestra 1

ξ axial = 1.066 %

σ = 47.5 kN/m²

E = 4457 kN/m²

Muestra 2

ξ axial = 0.878 %

σ = 55.7 kN/m²

E = 6344 kN/m²

E_s = 5400 kN/m² Promedio

V = 0.5 Poisson no consolidado no drenado solo para condición instantánea

Posteriormente, se obtiene la resistencia al corte no drenada (C_u) y la capacidad portante (σ_{adm}) del suelo, de acuerdo con los procedimientos elaborados por Ballén y Contreras (2019), cuyos valores fueron: C_u = 5.1 t/m² y σ_{ult} = 30.52 t/m². Se aplica un factor de seguridad para la capacidad portante de 3, y por tanto, σ_{adm} = 10.17 t/m². También, se clasifico el suelo como arcilloso de alta plasticidad.

La relación de Poisson (ν) no se tomó del ensayo triaxial UU con valor de 0.5, ya que este tipo de ensayo representa una condición para cargas instantáneas a corto plazo (Delgado, 2013). En cambio, para representar una condición más real de carga a largo plazo con consolidación sobre el suelo, se optó por tomar este parámetro de estudios para suelos lacustres del norte de Bogotá, con valor promedio de 0.33 (Delgado, 1998). Se estima un asentamiento esperado de 3 cm ($\bar{\delta}_{esp}$), tomado de estudios de suelos para edificios cercanos construidos en la zona (Espinosa y Restrepo, 2015).

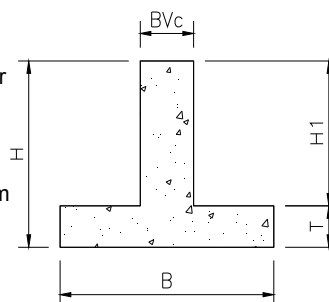
4.3.2. Evaluación rigidez del cimiento

La rigidez de las fundaciones se evalúa mediante el factor de amortiguación $\beta \cdot L$ de Hetenyi (1979), donde para todas las formulaciones tanto para el cimiento como para el suelo, E_c , I_c , I_{xx} , I_{yy} , A_z y B , son el módulo de elasticidad, la inercia a flexión (x o y), área y ancho efectivo del cimiento. K_s , es el módulo de reacción del suelo, y K_z , K_{xx} , K_{yy} , son constantes de los resortes verticales o rotacionales en la dirección de estudio. En la Figura 20 se muestra el análisis para la estructura 6P, para las demás se puede consultar el ANEXO 13, ANEXO 32 y ANEXO 53.

$$\beta \cdot L = \sqrt[4]{\frac{B \cdot K_s}{4 \cdot E_c \cdot I_c}} \quad (1)$$

1. Datos de entrada:

H =	1.20 m	Altura cimiento
T =	0.30 m	Espesor losa inferior
B =	2.00 m	Ancho efectivo cim
H1 =	0.90 m	Altura libre
BVc =	0.60 m	Ancho de la viga
L =	8.00 m	Longitud efectiva cim
F'c =	21 MPa	Resistencia cim
E _c =	21538 MPa	(4700 * √f'c)



2. Centroide y momento de inercia:

Sección	Área (m ²)	Y (m)	AY (m ³)	I (m ⁴)	(Y-Y _{cen}) ² (m ²)	I total (m ⁴)
1 (BVc*H1)	0.54	0.75	0.405	0.03645	0.09972	0.0903
2 (B*T)	0.60	0.15	0.09	0.00450	0.08078	0.0530
Σ=	1.14		0.495			0.1433

Y_{centr} = 0.43 m I sección = 0.1433 m⁴

3. Factor de amortiguación del sistema cimiento-suelo (Hetenyi, 1979) :

K _s = 3327 kN/m ³	$\beta = \sqrt[4]{\frac{B \cdot K_s}{4 \cdot E_c \cdot I_c}}$
β = 0.152	
β · L = 1.219	

Figura 20 Análisis rigidez del cimiento - 6P

Los límites para el factor de amortiguación se fijan en: menores a $\pi/4$ para cimientos rígidos y mayores a $\pi/2$ para cimientos flexibles. Como resultado los cimientos de las estructuras 6P y 12P se clasificaron como flexibles (rigidez intermedia), y el de la estructura 3P como rígido. (Consúltese la Tabla 12 en análisis de resultados).

4.3.3. Módulos de reacción

El módulo de reacción del suelo se analiza por 3 enfoques (K1, K2 y K3). Los 3 criterios (K1, K2 y K3) se aplican para los cimientos de rigidez intermedia en las estructuras 6P y 12P, usando modelos tipo Winkler con resortes verticales distribuidos en toda el área de la fundación. Dicha distribución de resortes conduce implícitamente a tener también una rigidez rotacional en el sistema. Para la estructura 3P clasificada como rígida, los módulos K1 y K3 se analizaron aplicando el método elástico, y para K2 se aplicó el método rígido de ASCE 41-17 (2017), contemplando en ambos casos la rigidez vertical y rotacional concentrada. El efecto de las rigideces horizontales del suelo se deja para futuras investigaciones, por lo cual fue necesario ajustar los grados de libertad en la base de los modelos para la compatibilidad y estabilidad de los mismos.

4.3.3.1. Módulo K1

Es un método aproximado, donde el módulo de reacción (K_s), es la relación entre el esfuerzo admisible (capacidad portante - σ_{adm}) y el asentamiento esperado del suelo (δ_{esp}):

$$K_s = \frac{\sigma_{adm}}{\delta_{esp}} \quad (2)$$

4.3.3.2. Módulo K2 – rigidez intermedia

Los módulos se calculan a partir de propiedades del suelo como: módulo de elasticidad (E_s), relación de Poisson (ν), modulo a cortante (G), y resistencia al corte no drenada (C_u). Se analiza el módulo de reacción por medio de tres enfoques:

- ASCE 41-17 (2017): Se tiene en cuenta las propiedades geométricas del cimiento, donde B es el ancho efectivo.

$$K_s = \frac{1.3 G}{B (1-\nu)} \quad (3); \quad \text{con} \quad G = \frac{E_s}{2 (1+\nu)} \quad (4)$$

- A.S. Vesic, 1961: Se tiene en cuenta las propiedades geométricas y la inercia a flexión del cimiento (I_c).

$$K_s = \frac{0.65}{B} * \sqrt[12]{\frac{E_s * B^4}{E_c * I_c}} * \left(\frac{E_s}{1-\nu^2} \right) \quad (5)$$

- Delgado, 1998: Se tiene en cuenta las propiedades geométricas y la inercia a flexión del cimiento, donde (B_p) es el ancho de la placa del ensayo, (C_e) factor empírico de acuerdo con estudios de sitio, ($1/C_f$) factor de forma dependiente de las dimensiones de la placa del ensayo, y (E_o) módulo edométrico del suelo. Las expresiones siguientes utilizadas por Delgado (1998), corresponden únicamente a estudios sobre arcillas limosas de origen sedimentario lacustre de la sabana de Bogotá, para otras condiciones de suelo es necesario comprobar los resultados mediante estudios particulares de sitio.

$$K_s = k_{s1} \left(0.65 * C_f * \sqrt[12]{\frac{E_s * B^4}{E_c * I_c}} \right) \frac{B_p}{B} \quad (6)$$

Donde:

$$E_o = C_e * C_u \quad (7); \quad k_{s1} = \frac{E_o}{B_p} * \frac{1}{C_f} * \left(\frac{(1-2\nu)}{(1-\nu)^2} \right) \quad (8); \quad E_s = E_o * \left(\frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \right) \quad (9)$$

4.3.3.3. Módulo K3 – ensayo de placa

Con la bilinealización obtenida de la curva carga-desplazamiento del ensayo (véase la Figura 17), se determinan dos módulos de reacción. El primero correspondiente a la porción inicial (k_{s1}) y el segundo a la porción de post-fluencia de la curva (k_{s2}). Estos módulos se corrigen mediante las expresiones siguientes para alcanzar una condición real de cimentación con base en lo descrito por Delgado (1998). (Consúltense análisis de cimientos en ANEXO 13, ANEXO 32, ANEXO 53).

$$K_{se} = k_{s1} \left(0.65 \cdot C_f \cdot \sqrt[12]{\frac{E_s \cdot B^4}{E_c \cdot I_c}} \right) \frac{B_p}{B} \quad \text{Inicial} \quad (10)$$

$$K_{si} = k_{s2} \left(0.65 \cdot C_f \cdot \sqrt[12]{\frac{E_s \cdot B^4}{E_c \cdot I_c}} \right) \frac{B_p}{B} \quad \text{Post - fluencia} \quad (11)$$

4.3.3.4. Método elástico

Se utiliza para calcular las constantes de los resortes vertical y rotacional dependiendo de las características geométricas del cimiento. (Véase análisis para 3P en ANEXO 14).

$$K_z = K_s \cdot A_z \quad (12)$$

$$K_{xx} = K_s \cdot I_{xx} \quad (13)$$

$$K_{yy} = K_s \cdot I_{yy} \quad (14)$$

4.3.3.5. Módulo K2 – Método rígido

Se calcula las constantes de los resortes vertical y rotacional siguiendo las expresiones recomendadas del método rígido en ASCE 41-17 (2017) mostradas en la Figura 21 y Figura 22, con su corrección por profundidad del cimiento. (Consúltese ANEXO 14).

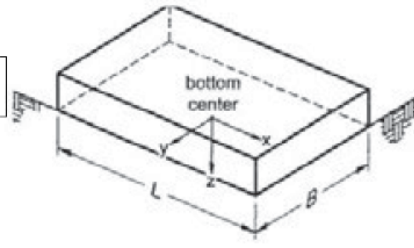
Degree of Freedom	Stiffness of Foundation at Surface	Note
Translation along x-axis	$K_{x,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 1.2 \right]$	 <p>Orient axes such that $L > B$. If $L = B$, use x-axis equations for both x-axis and y-axis.</p>
Translation along y-axis	$K_{y,sur} = \frac{GB}{2-\nu} \left[3.4 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.65} + 0.4 \frac{L}{B} + 0.8 \right]$	
Translation along z-axis	$K_{z,sur} = \frac{GB}{1-\nu} \left[1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.8 \right]$	
Rocking about x-axis	$K_{xx,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.1 \right]$	
Rocking about y-axis	$K_{yy,sur} = \frac{GB^3}{1-\nu} \left[0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right]$	
Torsion about z-axis	$K_{zz,sur} = GB^3 \left[0.53 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.45} + 0.51 \right]$	

Figura 21 Soluciones elásticas para restricciones con resortes en cimientos rígidos - rigidez geométrica del cimiento. Tomado de ASCE 41, 2017, p 88.

Degree of Freedom	Correction Factor for Embedment	
Translation along x-axis	$\beta_x = \left(1 + 0.21\sqrt{\frac{D}{B}}\right) \cdot \left[1 + 1.6\left(\frac{hd(B+L)}{BL^2}\right)^{0.4}\right]$	<p>$d = \text{height of effective sidewall contact (may be less than total foundation height)}$</p>
Translation along y-axis	$\beta_y = \left(1 + 0.21\sqrt{\frac{D}{L}}\right) \cdot \left[1 + 1.6\left(\frac{hd(B+L)}{LB^2}\right)^{0.4}\right]$	
Translation along z-axis	$\beta_z = \left[1 + \frac{1}{21}\frac{D}{B}\left(2 + 2.6\frac{B}{L}\right)\right] \cdot \left[1 + 0.32\left(\frac{d(B+L)}{BL}\right)^{\frac{2}{5}}\right]$	
Rocking about x-axis	$\beta_{\alpha_x} = 1 + 2.5\frac{d}{B} \left[1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D}\right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}}\right]$	
Rocking about y-axis	$\beta_{\alpha_y} = 1 + 1.4\left(\frac{d}{L}\right)^{0.6} \left[1.5 + 3.7\left(\frac{d}{L}\right)^{1.9} \left(\frac{d}{D}\right)^{-0.6}\right]$	
Torsion about z-axis	$\beta_{\alpha_z} = 1 + 2.6\left(1 + \frac{B}{L}\right)\left(\frac{d}{B}\right)^{0.9}$	

Figura 22 Soluciones elásticas para restricciones con resortes en cimientos rígidos - factor de corrección por profundidad de embebedo. Tomado de ASCE 41, 2017, p 88.

4.3.4. Distribución de rigideces

Para la estructura 3P se colocó la rigidez de forma concentrada sobre cada zapata independientemente. Para las estructuras 6P y 12P se aplicó las recomendaciones de distribución de rigideces por áreas según Bowles (1997) y Coduto (2001). Lo anterior teniendo en cuenta que las presiones del suelo sobre el cimiento generalmente no son uniformes y se tiene una mayor rigidez cerca a los extremos de la fundación en todo su perímetro, como se muestra en la Figura 23. (Consúltese el ANEXO 33 y ANEXO 54).

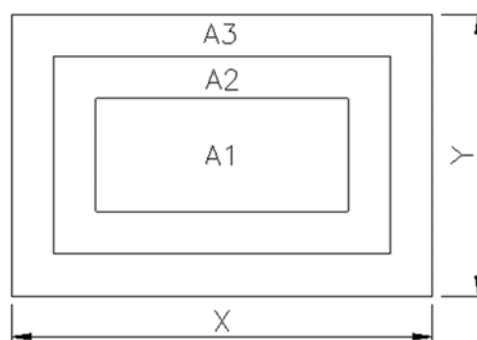


Figura 23 Método de distribución de rigideces por áreas

En el método de rigideces por áreas se divide en 3 partes el área total de la fundación. El área central A1 tendrá aproximadamente la mitad del área total (AT) y las restantes (A2, A3) la cuarta parte. Posteriormente, los módulos de reacción de cada área (KA1, KA2 y KA3) aumentan desde el centro hacia el exterior de acuerdo a las siguientes expresiones, donde la suma de las constantes verticales para los resortes individuales (Ai*KAi) serán igual al área total de cimentación por su módulo de reacción del suelo (Ks).

$$A1 = \frac{AT}{2} \approx A2 + A3 ; \quad (15)$$

$$KA1 = KA1; \quad (16) \quad KA2 = 1.5 * KA1; \quad (17) \quad KA3 = 2 * KA1 \quad (18)$$

$$A1 * KA1 + A2 * 1.5 * KA1 + A3 * 2 * KA1 = AT * Ks \quad (19)$$

La hipótesis fundamental para el suelo será considerar que el material es homogéneo, isotrópico, linealmente elástico en toda su profundidad y por consiguiente el proyecto se conducirá exclusivamente al análisis de la estructura y no del medio de suelo.

4.4. Análisis no lineal

Se realiza un análisis no lineal estático de plastificación progresiva (push-over) aplicando el procedimiento en ASCE 41-17 (2017), mediante el programa SAP 2000 (CSI, 2019). La hipótesis fundamental es considerar que únicamente la estructura tendrá un comportamiento no lineal mientras que el suelo y la cimentación permanecen en rango elástico. En el caso del módulo K3 del ensayo de placa se tuvo en cuenta para las constantes de los resortes verticales su posición inicial o de post-fluencia según su deformación.

4.4.1. Modelos matemáticos no lineales

Inicialmente se modelan todos los elementos estructurales como elementos tipo “*Frame*”. En cuanto a los muros de las edificaciones 6P y 12P, se aplicó el “Método del pórtico equivalente” para la conversión de los elementos (Mattacchione, 1991). En este método, el muro es reemplazado por un elemento tipo “*Frame*” con la misma sección e inercia del elemento original; sin embargo, para ajustar las deformaciones por cortante, es necesario

aumentar la rigidez de las porciones de las vigas localizadas dentro del muro donde se forma el pórtico equivalente en cada nivel de piso, véase la Figura 24. Estas vigas especiales podrán rotar pero no podrán flexionarse y por tanto no tendrán ninguna rótula plástica. En el caso ideal tendrán áreas y momentos de inercia infinitos; sin embargo, esto podría ocasionar problemas en el ensamblaje de las matrices de rigidez del programa de cálculo. Por tanto, se aplican las expresiones siguientes recomendadas por Mattacchione (1991), donde: I_e y A_e son la inercia y área equivalentes para la viga especial de rigidez, que dependen de los factores equivalentes (F_{ae} , F_{ie}), y de la inercia y área de la viga conectora entre elementos adyacentes (I_f , A_f). Las distancias tanto de la viga de rigidez como de la viga conectora se denotan como e y f . (Consúltese el ANEXO 44 y ANEXO 65).

$$F_{ie} = 300 \left(\frac{e}{f}\right) + 300 \left(\frac{e}{f}\right)^2 + 100 \left(\frac{e}{f}\right)^3 \quad (20)$$

$$F_{ae} = 100 \left(\frac{e}{f}\right) \quad (21); \quad A_e = A_f * F_{ae} \quad (22); \quad I_e = I_f * F_{ie} \quad (23)$$

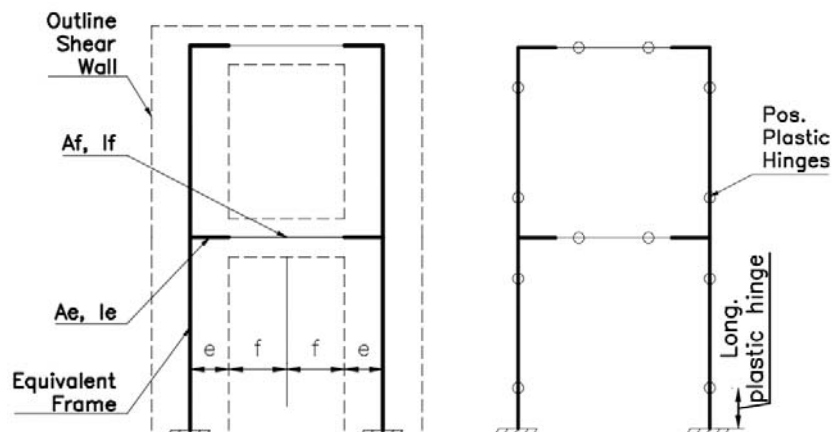


Figura 24 Método del pórtico equivalente. Tomado de Mattacchione, 1991, p 66.

Posteriormente, se procede a la fisuración de los elementos estructurales (vigas, columnas y muros equivalentes) para representar las condiciones reales de comportamiento, de acuerdo con la Tabla 7. Finalmente, se aplican las siguientes combinaciones de carga, analizando la condición más crítica, con el fin de obtener las fuerzas internas en los elementos para la elaboración de los diagramas momento-curvatura. Aquí se aplica una demanda sísmica reducida bajo un análisis modal espectral.

- Comb 1: D+0.25L+Sx+0.3Sy
- Comb 2: D+0.25L+Sy+0.3Sx
- Comb 3: 0.9D+Sx+0.3Sy
- Comb 4: 0.9D+Sy+0.3Sx

Tabla 7 Valores de rigidez efectiva para secciones fisuradas. Tomado de ASCE 41, 2017.

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed ^a	$0.3E_cEI_g$	$0.4E_cEA_w$	—
Beams—prestressed ^a	E_cEI_g	$0.4E_cEA_w$	—
Columns with compression caused by design gravity loads $\geq 0.5A_gf'_{cE}$ ^b	$0.7E_cEI_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g
Columns with compression caused by design gravity loads $\leq 0.1A_gf'_{cE}$ or with tension ^b	$0.3E_cEI_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g (compression) E_sEA_s (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.2.1	—	E_cEA_g
Flat slabs—nonprestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cEA_g$	—
Flat slabs—prestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cEA_g$	—
Walls—cracked ^c	$0.35E_cEA_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g (compression) E_sEA_s (tension)

4.4.2. Diagramas momento-curvatura (M-Φ)

Con base en las cantidades de refuerzo procedentes de los diseños estructurales y de las fuerzas internas con los modelos fisurados, se realizan los diagramas momento-curvatura a través del programa XTRACT (TRC, 2016), (Figura 25), teniendo en cuenta el modelo de Kent y Park para el concreto confinado y el modelo de Mander para el concreto confinado.

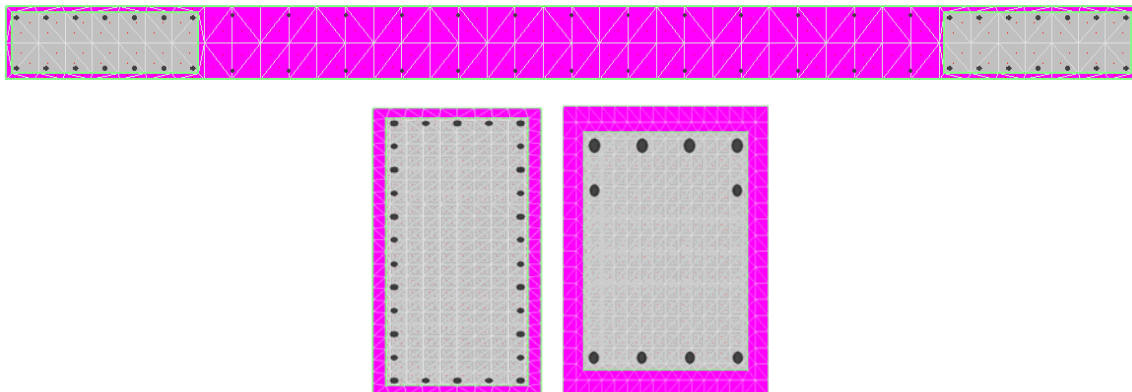


Figura 25 Elementos discretizados: muros, columnas y vigas para M vs Φ, XTRACT.

Las curvas de los elementos se aproximan a curvas bilineales (3 puntos) en MATLAB (MathWorks, 2019). Aquí se tendrá una curvatura (Φ_y) y momento de fluencia (M_y), como también una curvatura (Φ_u) y momento (M_u) últimos de falla.

4.4.3. Rótulas plásticas

Se utiliza el método de las rótulas plásticas propuesto por Priestley et al. (2007), en el cual se usa una aproximación simplificada para mejorar el comportamiento fuerza-desplazamiento de los elementos estructurales a partir de las relaciones momento-curvatura. Lo anterior con el fin de que los resultados experimentales se acerquen a las predicciones analíticas, dando solución a problemas como el no tener en cuenta las deformaciones de anclaje en los elementos, ignorar las deformaciones por cortante, posibilidad en las secciones de no permanecer planas durante toda la flexión y en algunos casos tener respuestas momento-curvatura negativas por el desprendimiento del recubrimiento del concreto (Priestley et al., 2007).

En este método se utiliza una longitud de plastificación (L_p) en la cual tanto las deformaciones como la curvatura están asociadas al valor del momento máximo en el elemento. Además, esta distancia incorpora la longitud embebida de deformación (L_{sp}) que asegura el comportamiento dentro de la longitud de desarrollo de las barras de refuerzo que se anclan al elemento de soporte. La longitud L_c es aquella tomada desde la sección crítica de máximo momento hasta el punto de contra flexión en el elemento. Finalmente, k será la relación entre la resistencia última y de fluencia para el acero de refuerzo que determinará en mayor medida la longitud de plastificación final, de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$k = 0.2 * \left(\frac{f_u}{f_y} - 1 \right) \leq 0.08 \quad (24)$$

$$L_{sp} = 0.022 * db * f_y \quad (25)$$

$$L_p = k * L_c + L_{sp} \Rightarrow 2 * L_{sp} \quad (26)$$

Para cada elemento (viga, columna, muro) se determinan los criterios de aceptación asociados a cada objetivo de comportamiento (Θ_{rot} : IO ocupación inmediata, LS

preservación de la vida, CP prevención del colapso), de acuerdo con los requisitos del documento ASCE 41-17 (ASCE, 2017), véase la Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10. Finalmente, se realiza la conversión en curvatura (Θ_{curv}) de las rotaciones para alimentar el modelo matemático con las expresiones siguientes: (Consúltense el ANEXO 24, ANEXO 45, y ANEXO 66).

$$\phi_{curv}(IO, LS, CP) = \frac{\theta_{rot}(ASCE)}{L_p(Elemento)} \quad (27)$$

$$\phi_{curv SAP}(IO, LS, CP) = \frac{\phi_{curv}(IO, LS, CP)}{\phi_y} \quad (28)$$

Tabla 8 Modelación de parámetros y criterios de aceptación para procedimiento no lineal en vigas de concreto reforzado. Tomado de ASCE 41-17, 2017, p 150.

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

Tabla 9 Modelación de parámetros y criterios de aceptación para procedimiento no lineal en columnas de concreto reforzado no circulares con estribos en espiral o ganchos sísmicos. Tomado de ASCE 41-17, 2017, p 151.

Modeling Parameters	Acceptance Criteria		
	Plastic Rotation Angle (radians)		
	Performance Level		
Plastic Rotation Angles, <i>a</i> and <i>b</i> (radians) Residual Strength Ratio, <i>c</i>	IO	LS	CP
Columns not controlled by inadequate development or splicing along the clear height ^a			
$a = \left(0.042 - 0.043 \frac{N_{UD}}{A_g f_{cE}} + 0.63 \rho_t - 0.023 \frac{V_{yE}}{V_{CoiOE}} \right) \geq 0.0$ ≤ 0.005	0.15 <i>a</i>	0.5 <i>b</i> ^b	0.7 <i>b</i> ^b
For $\frac{N_{UD}}{A_g f_{cE}} \leq 0.5$ $\left\{ \begin{array}{l} b = \frac{0.5}{5 + \frac{N_{UD}}{0.8 A_g f_{cE}}} - 0.01 \geq a^a \\ c = 0.24 - 0.4 \frac{N_{UD}}{A_g f_{cE}} \geq 0.0 \end{array} \right.$			
Columns controlled by inadequate development or splicing along the clear height ^c			
$a = \left(\frac{1}{8} \frac{\rho_t f_{yE}}{\rho_t f_{yE}} \right) \geq 0.0$ $\leq 0.025^d$	0.0	0.5 <i>b</i>	0.7 <i>b</i>
$b = \left(0.012 - 0.085 \frac{N_{UD}}{A_g f_{cE}} + 12 \rho_t^e \right) \geq 0.0$ ≤ 0.06			
$c = 0.15 + 36 \rho_t \leq 0.4$			

Tabla 10 Modelación de parámetros y criterios de aceptación para procedimiento no lineal en muros de concreto reforzado asociado a componentes controlados por flexión. Tomado de ASCE 41-17, 2017, p 169.

Conditions	Plastic Hinge Rotation (radians)		Residual Strength Ratio	Acceptable Plastic Hinge Rotation ^a (radians)		
	<i>a</i>	<i>b</i>		Performance Level		
			<i>c</i>	IO	LS	CP
i. Structural walls and wall segments						
$\frac{(A_g - A'_g) f_{yE} + P}{t_w l_w f_{cE}}$	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_{cE}}}$	Confined Boundary ^b				
≤ 0.1	≤ 4	Yes	0.015	0.020	0.75	0.005 0.015 0.020
≤ 0.1	≥ 6	Yes	0.010	0.015	0.40	0.004 0.010 0.015
≥ 0.25	≤ 4	Yes	0.009	0.012	0.60	0.003 0.009 0.012
≥ 0.25	≥ 6	Yes	0.005	0.010	0.30	0.0015 0.005 0.010
≤ 0.1	≤ 4	No	0.008	0.015	0.60	0.002 0.008 0.015
≤ 0.1	≥ 6	No	0.006	0.010	0.30	0.002 0.006 0.010
≥ 0.25	≤ 4	No	0.003	0.005	0.25	0.001 0.003 0.005
≥ 0.25	≥ 6	No	0.002	0.004	0.20	0.001 0.002 0.004
ii. Structural wall coupling beams ^c						
Longitudinal reinforcement and transverse reinforcement ^d	$\frac{V}{t_w l_w \sqrt{f_{cE}}}$		<i>d</i>	<i>e</i>	<i>c</i>	
Nonprestressed longitudinal reinforcement with conforming transverse reinforcement	≤ 3		0.025	0.050	0.75	0.010 0.025 0.050
Nonprestressed longitudinal reinforcement with nonconforming transverse reinforcement	≥ 6		0.020	0.040	0.50	0.005 0.020 0.040
Diagonal reinforcement	NA		0.030	0.050	0.80	0.006 0.030 0.050

4.4.4. Análisis y construcción del modelo

Se elaboran y asignan las rótulas plásticas en los elementos del modelo como se muestra en la Figura 26, con base en los criterios de aceptación y diagramas momento-curvatura ($M-\Phi$). Se construye la curva de resistencia, donde tanto el momento como la curvatura estarán normalizados con respecto a la condición de fluencia, esto es: M_u/M_y , Φ_u/Φ_y .

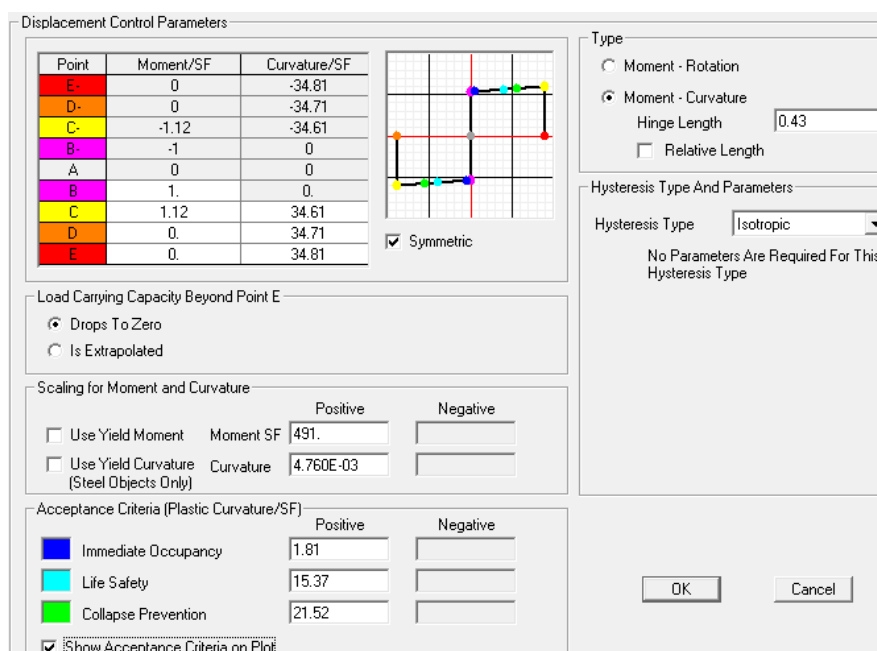


Figura 26 Alimentación rótulas plásticas modelo SAP2000

Donde A es la condición inicial proporcional elástica, B el inicio de la fluencia, C el comienzo de la degradación de resistencia y D la pérdida final de resistencia.

4.4.5. Curvas y espectros de capacidad

Se realiza el análisis no lineal estático directamente sobre el modelo matemático. Las estructuras se someten a cargas horizontales incrementales que siguen el perfil de la forma modal del modo fundamental, independientemente en cada dirección (realizado únicamente en la dirección positiva de los ejes). Se tienen en cuenta los efectos P- Δ directamente sobre el modelo. Las curvas de capacidad obtenidas, representadas por el cortante en la base y el desplazamiento de techo (V_b vs δ), son comparadas con el espectro de demanda sísmica

(S_a vs T), con el fin evaluar la capacidad y ductilidad en las estructuras. Para realizar la comparación, ambas curvas deben ser convertidas al formato ADRS (Acceleration displacement response spectra), en donde se expresa tanto la capacidad como la demanda en términos de aceleraciones (S_a) y desplazamientos (S_d) espectrales, como se muestra en la Figura 27 y Figura 28. (Consúltese el ANEXO 69).

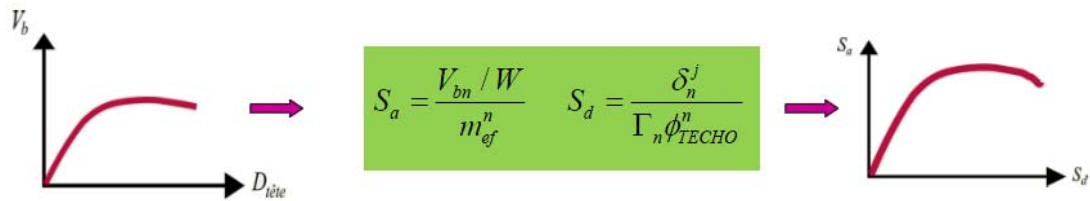


Figura 27 Conversión a formato ADRS curva de capacidad. Tomado de Jerez, 2017.

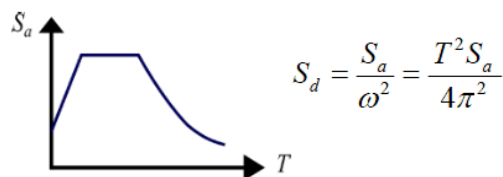


Figura 28 Conversión a formato ADRS espectro de demanda. Tomado de Jerez, 2017.

Finalmente, la ductilidad (μ) se analiza mediante el método del espectro de capacidad (CSM), donde se estiman puntos de comportamiento con base en el principio de los desplazamientos iguales (Figura 29). Los puntos de comportamiento son calculados como la deformación última de las estructuras bajo el sismo de diseño (FEMA 440, 2005).

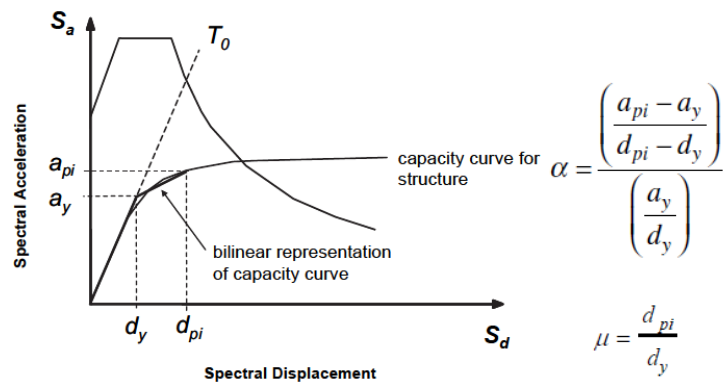


Figura 29 Representación bilinear espectro de capacidad. Tomado de FEMA, 2005, p 6-7.

Capítulo 5. Análisis de resultados

Este proyecto evaluó la ISE en edificios de concreto reforzado, sobre cimentaciones superficiales en suelos blandos. Se elaboraron 3 modelos idealizados (3P, 6P, 12P), los cuales se diseñaron mediante el análisis modal espectral con base empotrada. Se calculó la demanda sísmica con las metodologías de fuerza horizontal equivalente, análisis modal espectral y modal cronológico realizando los escalamientos respectivos siguiendo los lineamientos del Reglamento NSR-10 (2017) y del documento ASCE 7-16 (2016). Se seleccionaron diferentes metodologías para evaluar la rigidez suelo-cimiento, con el fin de crear condiciones flexibles en la base. El módulo de reacción del suelo fue analizado mediante enfoques aproximados, utilizando propiedades del suelo, y a través de los resultados de un ensayo de placa. Se realizan diferentes modelos tanto de condiciones empotradas como flexibles y se elabora el análisis comparativo a través de indicadores de evaluación como: periodos de vibración, derivas, desplazamientos, fuerzas internas, rotación y cortante sísmico. Finalmente, se complementan los modelos analizados con parámetros y procedimientos de análisis no lineal, con el fin de comparar las curvas de capacidad y ductilidad. A continuación se muestra el análisis de los resultados obtenidos.

5.1. Análisis de la rigidez suelo-cimiento

En la Tabla 11, se encuentra el resumen de los módulos de reacción (K_s) obtenidos al emplear las 3 diferentes metodologías de análisis (K_1 , K_2 , K_3). Con el método K_1 se obtuvieron valores constantes de K_s principalmente porque no se tiene en cuenta los efectos del cimiento sobre el suelo. Dichos valores fueron poco conservadores en la mayoría de los casos con respecto a los otros métodos, ya que un valor mayor de K_s genera menores solicitaciones en la estructura y en los elementos de cimentación. Los valores de K_2 mostraron los mejores resultados, ya que incluyen los efectos de la cimentación y propiedades directas del suelo como el módulo de elasticidad, resistencia al corte y relación de Poisson. Sin embargo, no hay que perder de vista que el método por ASCE solo tiene en cuenta la geometría del cimiento y no su inercia, como si sucede con los modelos de

Vesic y Delgado, con lo cual se podría perder precisión en la rigidez si la inercia a flexión de la fundación se vuelve importante, como se refleja en la estructura 12P.

Tabla 11 Resumen módulos de reacción del suelo (Ks)

KS - Módulo de reacción vertical del suelo (kN / m ³)									
Mod	Tipo Cim	H cim (m)	K1 Concentrado o distribuido	K2				K3	
				Concentrado	Distribuido			Distribuido	
				ASCE	ASCE	Vesic	Delgado	Inicial	Post fluencia
3P	Z1	0.30	3327	4268	1969	1951	1677	1436	319
	Z2	0.30	3327	3483	1641	1701	1463	1252	278
	Z3	0.35	3327	2970	1407	1458	1254	1074	238
	Z4	0.40	3327	2779	1313	1339	1152	986	219
	Z5	0.45	3327	2524	1194	1211	1041	891	198
	Z6	0.55	3327	2194	1037	1036	891	763	169
6P	Zarpas	1.20	3327	-	1969	1462	1257	1076	239
12P	Losa	1.70	3327	-	3939	2144	1843	1578	350

Los valores de K3 en su porción inicial elástica fueron los más conservadores, observándose una muy buena correlación con los datos obtenidos por el método de Delgado. También, se evidencia una disminución notable de la rigidez en la región post-fluencia, que junto con unas deformaciones pequeñas vistas en el ensayo físico (ver Figura 17), resultan en un gran impacto sobre la respuesta sísmica de las estructuras, ya que las deformaciones del suelo se encuentran en esta región.

Tabla 12 Resumen factores de amortiguación en cimientos

β^*L - Factor de amortiguación cimiento									
Mod	Tipo Cim	H cim (m)	K1 Concentrado o distribuido	K2				K3	
				Concentrado	Distribuido			Distribuido	
				ASCE	ASCE	Vesic	Delgado	Inicial	Post fluencia
3P	Z1	0.30	0.579	0.616	0.508	0.507	0.488	0.469	0.322
	Z2	0.30	0.724	0.755	0.607	0.612	0.590	0.567	0.389
	Z3	0.35	0.774	0.752	0.624	0.630	0.606	0.583	0.400
	Z4	0.40	0.758	0.725	0.601	0.604	0.582	0.560	0.384
	Z5	0.45	0.774	0.723	0.599	0.602	0.579	0.557	0.383
	Z6	0.55	0.781	0.704	0.584	0.584	0.562	0.541	0.371
6P	Zarpas	1.20	1.220	-	1.069	0.993	0.956	0.919	0.631
12P	Losa	1.70	0.808	-	0.843	0.724	0.697	0.670	0.460

Limites β^*L : rígido < ($\pi/4=0.785$); intermedio = ($3\pi/8=1.178$); flexible > ($\pi/2=1.571$)

La Tabla 12 muestra los resultados del factor de amortiguación del cimiento que depende del módulo de reacción. Donde las zapatas de la estructura 3P se han clasificado como rígidas, los cimientos corridos de 6P y la losa aligera de 12P como de rigidez intermedia, lo que justifica la distribución de rigidez inicial (concentrado o distribuido). Como la formulación del ASCE (K2) es una simplificación de las expresiones de Vesic y Delgado, con resultados aceptables, y por estar en un código de diseño normativo, se adopta como el módulo de reacción recomendado teniendo en cuenta las observaciones antes descritas.

5.2. Periodos de vibración

La Tabla 13 presenta el resumen de los periodos fundamentales de vibración, donde para todos los indicadores de evaluación se ha presentado un porcentaje de variación máximo (% Var máx., véase el Capítulo 8) que relaciona el cambio de la condición flexible (K1, K2, K3) sobre la condición empotrada (EM), permitiendo identificar el aumento o disminución del impacto de la ISE.

Tabla 13 Resumen periodos de vibración

Modelo	Periodo de vibración (s)						% Var máx.		
	Modo	Dir	EM	K1	K2	K3	K1	K2	K3
3P	1	X	0.60	0.81	0.74	1.30	35	23	117
	2	Y	0.54	0.73	0.66	1.05	35	22	94
	3	Z	0.50	0.68	0.62	0.81	37	24	62
6P	1	X	0.77	1.04	1.12	1.98	36	47	158
	2	Y	0.53	1.03	1.07	1.52	96	104	189
	3	Z	0.39	0.72	0.74	0.82	85	91	112
12P	1	X	1.12	1.58	1.56	2.74	41	39	145
	2	Y	1.05	1.56	1.53	2.27	49	46	116
	3	Z	0.88	1.17	1.17	1.28	33	32	46

Los resultados muestran un aumento en los periodos para todos los casos de las condiciones flexibles. Esto se esperaba ya que el periodo de vibración es inversamente proporcional a la rigidez del sistema, y esta disminuyó. Nótese que existe un aumento significativo en la condición K3, debido a que las deformaciones del suelo en los análisis de cargas en cimentación, se encuentran en la porción de post-fluencia. Los porcentajes de variación mostraron un mayor impacto en los periodos de la estructura 6P, debido a la

rigidez de la cimentación como lo expresan los factores de amortiguación del cimiento en la Tabla 12. (Ver distribución de modos superiores en ANEXO 8, ANEXO 27, ANEXO 48).

5.3. Derivas

La Tabla 14 muestra el resumen de las derivas máximas de piso, para cada condición de rigidez en la base, junto con su método de análisis sísmico. Esta información es soportada por la Figura 30 y Figura 31 que detallan dichas distribuciones de derivas en altura.

Tabla 14 Resumen derivas máximas de piso

Mod	Método	Deriva (%)								% Var máx.					
		EM		K1		K2		K3		K1		K2		K3	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
3P	FHE	0.76	1.07	1.35	1.80	1.00	1.35	2.82	4.38	77	68	31	26	269	309
	MS	0.69	0.98	1.28	1.71	0.93	1.25	2.62	3.94	86	75	35	28	281	303
	MC-ASCE	0.64	0.83	1.18	1.51	0.85	1.08	2.48	3.61	85	81	33	30	289	332
	MC-AIS	0.76	1.13	1.35	1.63	1.11	1.22	2.56	4.06	77	44	46	8	236	259
6P	FHE	0.86	0.47	1.34	1.42	1.44	1.63	2.77	4.68	56	203	68	247	222	895
	MS	0.67	0.37	1.13	1.20	1.21	1.36	2.29	3.58	69	223	82	268	242	868
	MC-ASCE	0.66	0.33	1.10	1.10	1.17	1.25	2.22	3.36	67	237	78	283	237	926
	MC-AIS	1.02	0.58	1.34	1.36	1.50	1.65	2.45	3.81	31	133	47	183	141	553
12P	FHE	1.11	1.13	1.78	1.96	1.74	1.90	3.42	5.15	61	74	57	68	209	357
	MS	0.80	0.84	1.37	1.49	1.33	1.45	2.16	2.66	72	78	67	72	171	217
	MC-ASCE	0.76	0.72	1.32	1.34	1.28	1.30	2.09	2.57	74	84	69	80	176	254
	MC-AIS	0.97	0.89	1.38	1.42	1.36	1.38	5.27	4.08	43	60	40	55	444	360

Los resultados mostraron siempre un incremento de las derivas con una disminución de la rigidez del suelo (condiciones flexibles), siguiendo con la tendencia de mayor afectación a la estructura 6P con cimientos corridos. En el sentido Y se obtuvieron los mayores valores ya que este eje tiene la menor rigidez. Sin embargo, nótese en la estructura 6P, que según planos estructurales (ANEXO 2), tiene 2 muros de 5 m de longitud en el sentido Y, que controlan la deriva, en condición empotrada, teniendo valores menores de deriva que el sentido X. Por lo cual, se esperaría que al aplicar las condiciones flexibles los resultados mayores fueran en X, pero esto no sucedió. Lo anterior se debe a que al aplicar los casos flexibles, estos muros tan fuertes pierden gran parte de su rigidez, de tal forma que el sistema combinado paso a comportarse como un sistema de “pórtico”. La Figura 30 y Figura 31 muestran claramente la afectación de los elementos del piso 2, generándose una especie de articulación que aumenta la respuesta mientras los pisos superiores mantienen

alguna forma rígida. Para el modelo 12P por ejemplo, en la dirección Y, bajo la condición K2 modal espectral, se tiene un aumento del 72% de la máxima deriva en los pisos superiores, mientras que el piso 2 experimenta un aumento de 485%.

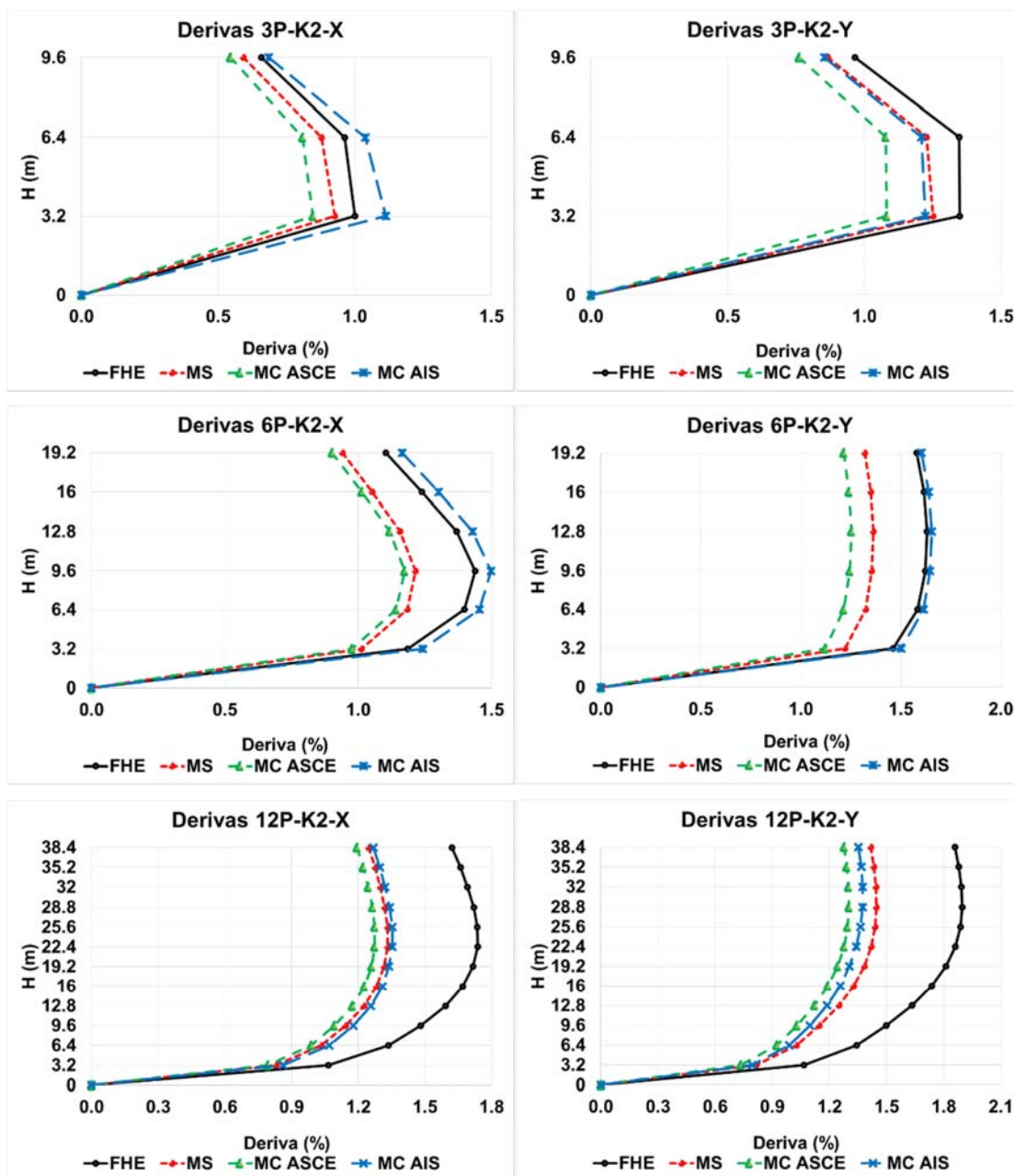


Figura 30 Derivas vs metodologías de análisis sísmico

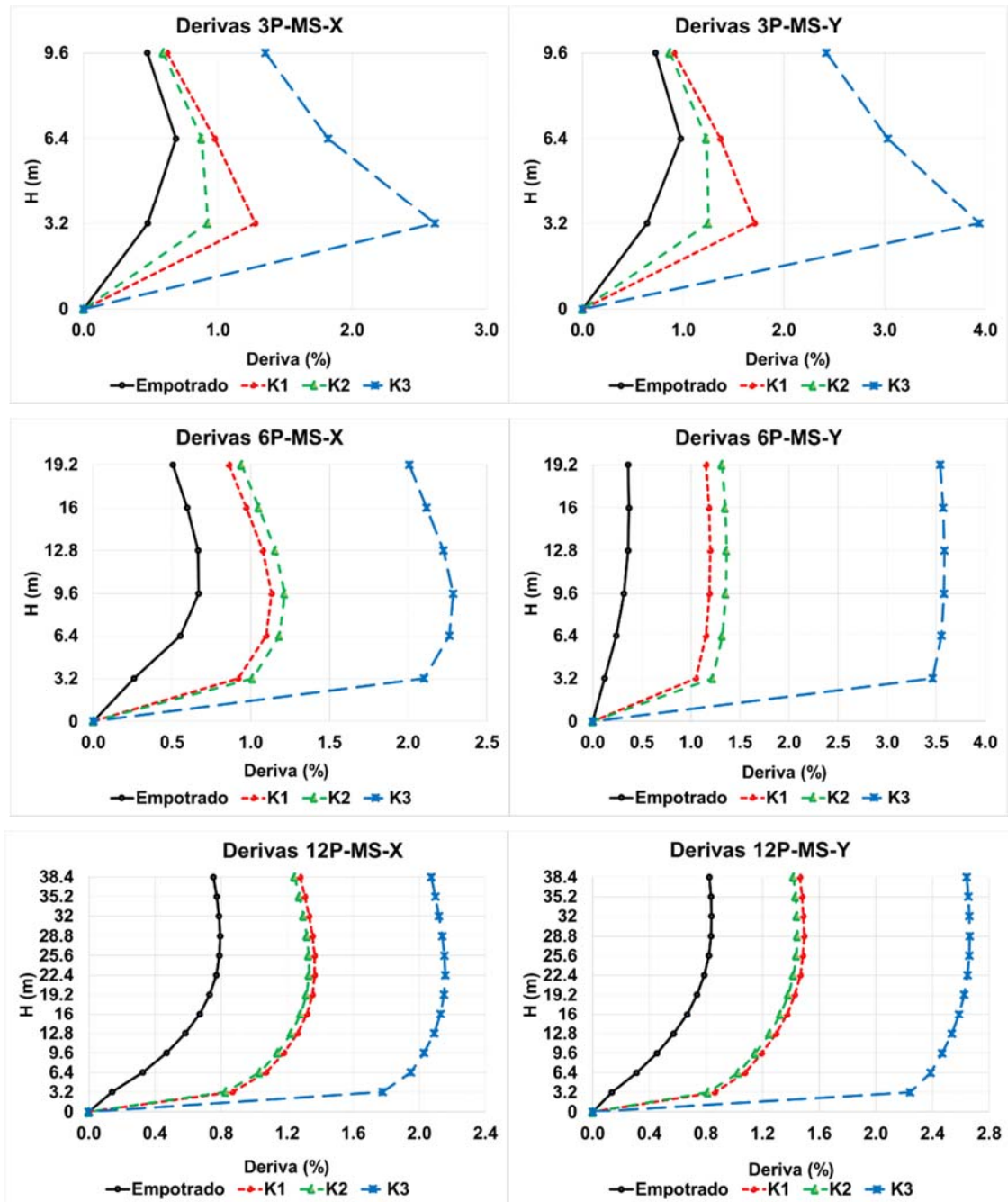


Figura 31 Derivas vs condición empotrada o flexible de la base

En la Figura 30 se observa la influencia de los métodos de análisis sísmico sobre las derivas. Se aprecia que el método de la fuerza horizontal equivalente no produce una buena estimación de la respuesta en estructuras de cierta altura ya que solo tiene en cuenta el

primer modo de vibración, dejando de lado los modos superiores, como se ve en la 12P. Aunque los resultados más conservadores se obtuvieron por el modal cronológico AIS, se debe tener especial cuidado ya que el escalamiento uniforme utilizado implica una alta sensibilidad a cambios en los periodos de vibración, especialmente cerca de picos en el espectro de respuesta. Se observa también, que los análisis modal espectral y modal cronológico ASCE tienen una buena correlación, esto se debe, principalmente a los límites tanto inferior como superior que establece el escalamiento por ASCE de los espectros de respuesta y por tanto el cronológico tiende de alguna manera a ser un modal espectral modificado. De igual manera, el método por ASCE asegura de manera directa que los registros de acelerogramas utilizados cumplan con los criterios de magnitud, mecanismo de ruptura, distancia a la falla y demás. En cuanto a la Figura 31, se observan mayores valores de deriva en la condición K3 debido a su alta flexibilidad. (Consultar ANEXO 17, ANEXO 36 y ANEXO 57).

Debido a que el método modal espectral es el más utilizado en la práctica para análisis sísmico, y que genera resultados confiables, se escogerá para comentar los resultados de los indicadores restantes. De igual manera, se evaluará la dirección Y junto con el módulo de reacción K2 como se ha mencionado en otros apartes.

5.4. Desplazamientos

Tabla 15 Resumen de desplazamientos máximos

Mod	Método	Desplazamientos (cm)								% Var máx.					
		EM		K1		K2		K3		K1		K2		K3	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
3P	FHE	5.8	8.2	9.9	13.7	8.4	11.7	20.3	33.8	70	67	44	43	248	312
	MS	5.2	7.5	9.2	12.7	7.7	10.7	18.5	30.0	76	71	47	43	256	303
	MC-ASCE	4.8	6.4	8.5	11.4	7.0	9.3	17.7	27.9	76	80	45	47	265	339
	MC-AIS	5.8	8.7	9.7	12.1	9.1	10.5	18.2	31.4	67	40	57	21	213	263
6P	FHE	13.3	7.3	23.1	26.7	25.0	30.7	50.5	89.2	74	268	89	323	281	1129
	MS	10.3	5.7	19.6	22.5	21.2	25.6	41.8	68.4	89	297	105	354	304	1110
	MC-ASCE	10.1	5.0	18.9	20.7	20.4	23.6	40.5	64.0	87	311	102	368	301	1171
	MC-AIS	15.7	9.0	23.0	25.5	26.1	31.2	44.9	72.6	46	183	66	246	185	706
12P	FHE	34.0	33.7	62.9	67.9	61.1	65.5	126.2	190.6	85	101	80	94	271	465
	MS	24.3	25.0	48.4	51.7	47.0	50.0	79.7	98.6	99	107	94	100	228	294
	MC-ASCE	23.1	21.5	46.5	46.2	44.9	44.9	77.1	95.0	101	115	95	109	234	343
	MC-AIS	29.5	26.1	48.7	49.0	47.6	47.3	194.2	149.9	65	88	62	82	559	475

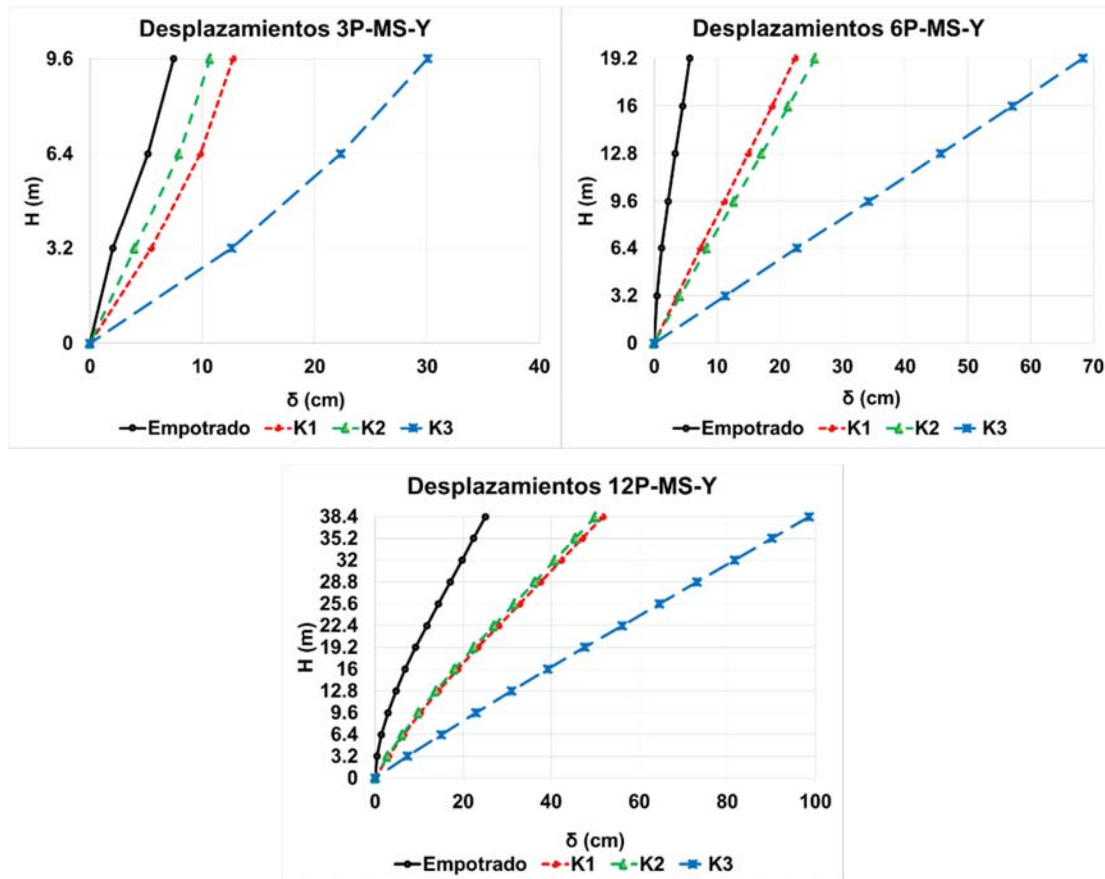


Figura 32 Desplazamientos vs condición empotrada o flexible de la base

De manera análoga a las derivas, la Tabla 15 y Figura 32 muestran los desplazamientos en función de las condiciones en la base, donde una rigidez muy baja del suelo puede generar desplazamientos excesivamente altos; nótese para K3 que su comportamiento es casi lineal en la 6P y 12P por la gran pérdida de rigidez. (Ver ANEXO 19, ANEXO 38 y ANEXO 59).

5.5. Cortante sísmico (V_{bs})

Como se aprecia en la Tabla 16 y Figura 33, en la mayoría de los casos el cortante sísmico aumentó y por tanto las fuerzas sobre los elementos estructurales también. Sin embargo, en la estructura 12P, el módulo K3 tuvo los menores valores de cortante, ya que el periodo de vibración aumentó y su posición en el espectro de diseño hizo que la aceleración pico efectiva disminuyera. No obstante, la disminución en esta demanda no compensó el gran

aumento de la flexibilidad en el sistema y por eso aumentó la respuesta significativamente. Estas disminuciones de cortante también se observan en el modal cronológico por AIS.

Tabla 16 Resumen cortante sísmico

		Cortante sísmico (kN)								% Var máx.					
Mod	Método	EM		K1		K2		K3		K1		K2		K3	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
3P	FHE	6212	6212	6212	6212	6212	6212	6212	6212	-	-	-	-	-	-
	MS	5221	5105	5654	5606	5509	5474	5688	5593	8.3	9.8	5.5	7.2	9.0	9.6
	MC-ASCE	5306	5098	5659	5703	5436	5451	5629	5514	6.7	11.9	2.5	6.9	6.1	8.2
	MC-AIS	6595	7066	6549	6175	7229	6300	5890	6216	-0.7	-12.6	9.6	-10.8	-10.7	-12.0
6P	FHE	14458	14458	14458	14458	14458	14458	14458	14458	-	-	-	-	-	-
	MS	10962	10678	12050	12034	12057	12038	12010	11344	9.9	12.7	10.0	12.7	9.6	6.2
	MC-ASCE	11498	11310	11992	12062	11852	12019	11958	10677	4.3	6.6	3.1	6.3	4.0	-5.6
	MC-AIS	17873	20262	14985	15399	15471	16669	13618	12973	-16.2	-24.0	-13.4	-17.7	-23.8	-36.0
12P	FHE	35022	35022	35022	35022	35022	35022	35022	35022	-	-	-	-	-	-
	MS	24578	24255	27346	27210	27309	27167	23157	19639	11.3	12.2	11.1	12.0	-5.8	-19.0
	MC-ASCE	23914	23350	27179	26766	27038	26796	22355	18329	13.7	14.6	13.1	14.8	-6.5	-21.5
	MC-AIS	33140	31000	31013	30806	31196	31515	58749	33687	-6.4	-0.6	-5.9	1.7	77.3	8.7

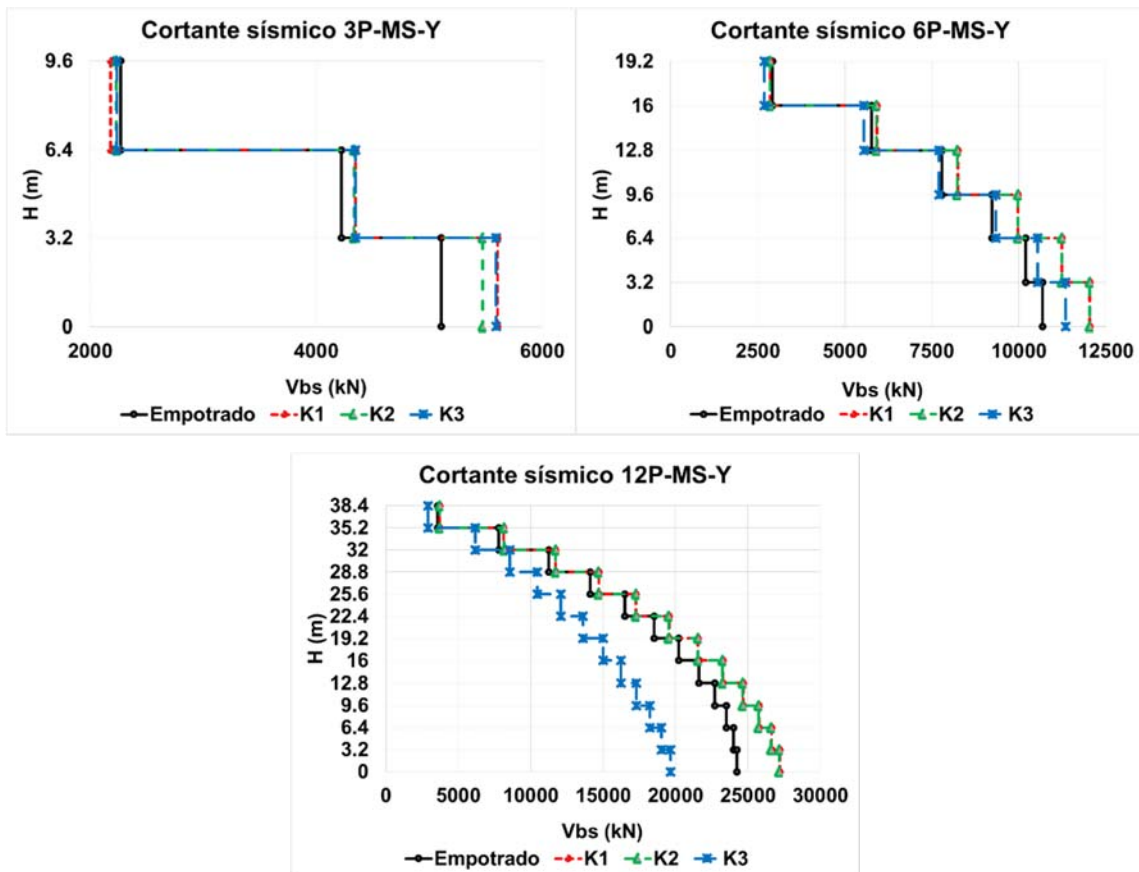


Figura 33 Cortante sísmico vs condición empotrada o flexible de la base

5.6. Rotación en la base

La Tabla 17 y Figura 34, muestran valores de rotación pequeños para los cimientos rígidos en comparación con los de rigidez intermedia. Se evidencia un aumento significativo con la condición K3 en las estructuras 6P y 12P, y podría decirse que no es posible para una estructura real llegar hasta estos límites de giro ya que antes la estructura habría alcanzado el estado de falla. En la práctica actual para edificaciones un giro normal aproximadamente esta alrededor de 1/10 de grado (0.00175 rad), incluso menos, y los resultados están por encima de 1 radian. Lo anterior se debió a que el modelo de análisis bilineal en el programa de cálculo no cuenta con límites de deformación para la región de post-fluencia y por tanto cualquier aumento en las fuerzas sísmicas conducirá al aumento de las rotaciones y desplazamientos de manera lineal.

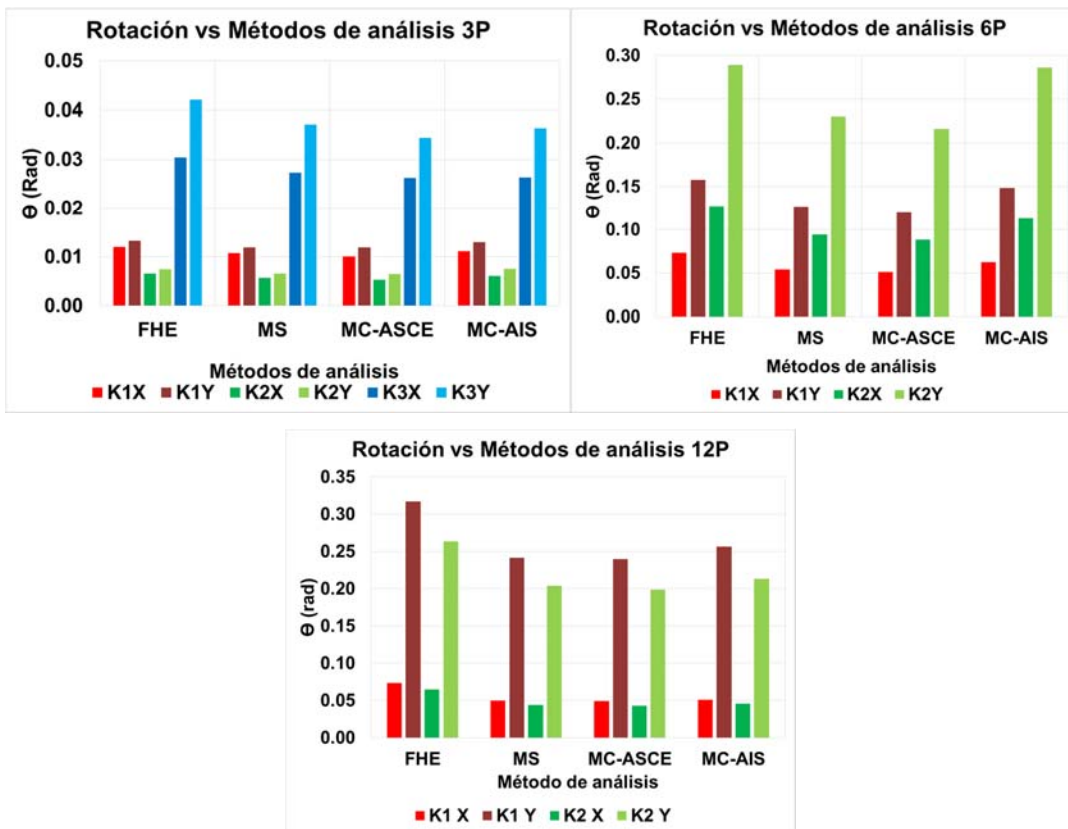


Figura 34 Rotaciones vs módulos de reacción

Tabla 17 Resumen rotaciones en la base

Rotación (rad)							
Mod	Método	K1		K2		K3	
		X	Y	X	Y	X	Y
3P	FHE	0.0120	0.0133	0.0065	0.0075	0.0304	0.0420
	MS	0.0108	0.0119	0.0057	0.0066	0.0273	0.0371
	MC-ASCE	0.0101	0.0119	0.0053	0.0064	0.0262	0.0344
	MC-AIS	0.0111	0.0130	0.0061	0.0076	0.0263	0.0364
6P	FHE	0.0730	0.1578	0.1274	0.2888	0.9412	1.2668
	MS	0.0542	0.1269	0.0943	0.2304	0.8238	1.1607
	MC-ASCE	0.0508	0.1199	0.0884	0.2165	0.8074	1.1390
	MC-AIS	0.0625	0.1486	0.1132	0.2863	0.8557	1.0804
12P	FHE	0.0732	0.3169	0.0648	0.2636	0.9839	1.2822
	MS	0.0496	0.2417	0.0437	0.2037	0.7320	1.0639
	MC-ASCE	0.0494	0.2395	0.0427	0.1987	0.7210	1.0513
	MC-AIS	0.0511	0.2566	0.0455	0.2129	1.0008	1.1898

5.7. Fuerzas internas en elementos

Se evalúan las fuerzas internas en algunos de los elementos más críticos sobre las estructuras. La Tabla 18, Tabla 19 y Figura 35, muestran los momentos y cortantes sobre la columna de la intersección de los ejes B-5. La Tabla 20, Tabla 21, Figura 36 y Figura 37 relacionan las fuerzas internas sobre la viga VG09 en la estructura 12P, ubicada en el eje 5 del piso 2 y piso 9. Finalmente, la Tabla 22 y Figura 38 muestran las fuerzas internas sobre la viga de cimentación VC09 en sentido Y de la estructura 6P. (Consultar ANEXO 21, ANEXO 22, ANEXO 40, ANEXO 41, ANEXO 42, ANEXO 61, ANEXO 62, ANEXO 63).

Tabla 18 Resumen de momentos en columna intersección ejes B-5

Fuerzas internas - Momentos columna B5 (kN.m)										% Var máx.					
Mod	Método	EM		K1		K2		K3		K1		K2		K3	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
3P	FHE	809	568	683	683	828	701	204	509	-16	20	2	23	-75	-10
	MS	706	516	640	656	759	659	822	577	-9	27	7	28	16	12
	MC-ASCE	687	460	612	597	724	589	767	519	-11	30	5	28	12	13
	MC-AIS	844	627	714	634	961	680	779	596	-15	1	14	8	-8	-5
6P	FHE	778	288	2378	726	2537	727	2907	709	206	152	226	152	274	146
	MS	593	252	2069	623	2221	622	2561	549	249	147	274	147	332	118
	MC-ASCE	589	233	1856	530	1998	526	2420	509	215	127	239	126	311	119
	MC-AIS	951	333	2281	700	2572	803	2652	688	140	111	170	141	179	107
12P	FHE	2483	606	13026	1555	12616	1569	16176	1411	425	157	408	159	551	133
	MS	1760	484	10605	1265	10243	1275	11570	734	503	162	482	164	558	52
	MC-ASCE	1655	422	10142	1176	9706	1180	10969	664	513	179	486	179	563	57
	MC-AIS	2182	498	10810	1312	10479	1318	24294	1423	395	163	380	165	1013	186

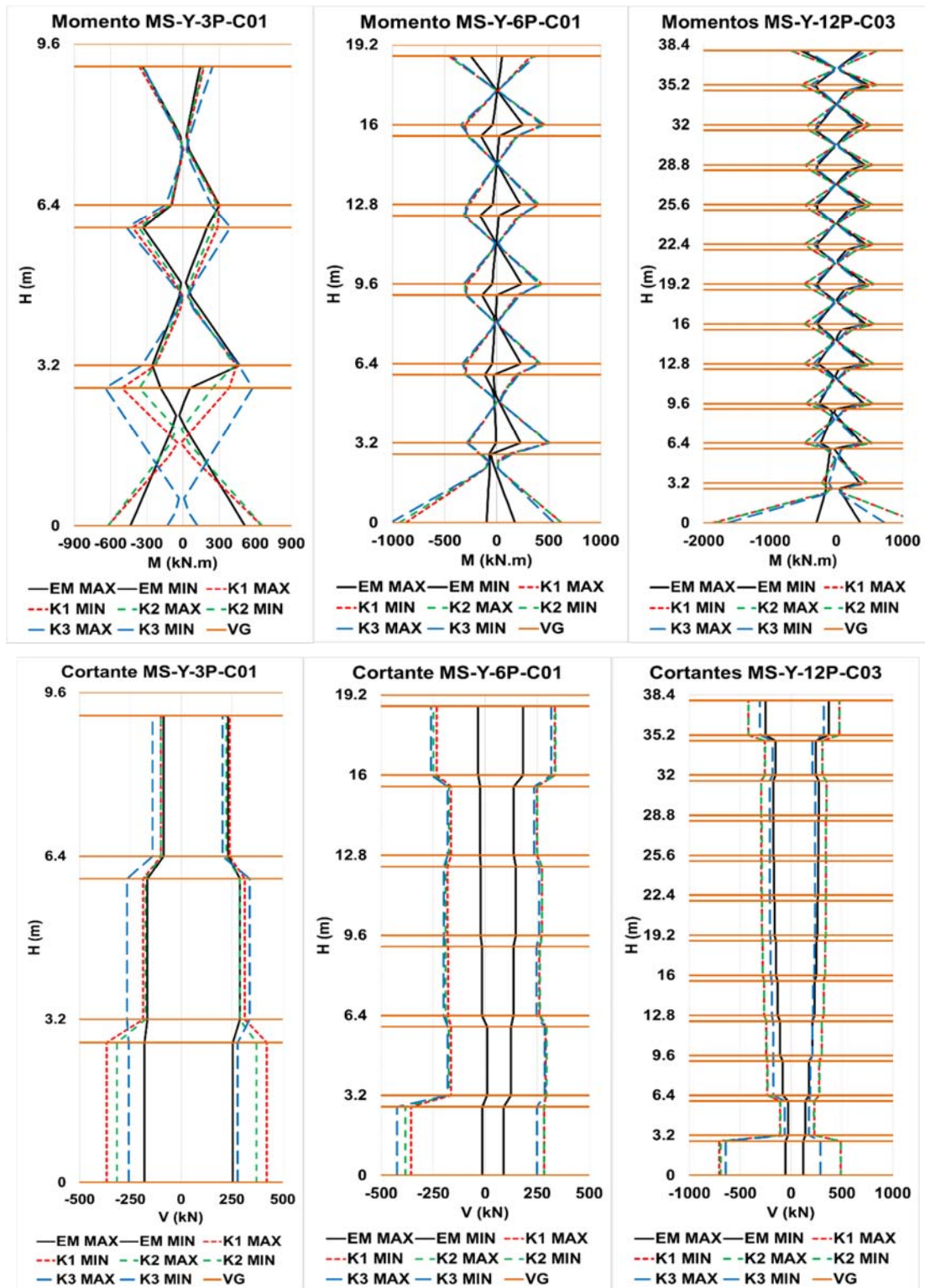


Figura 35 Fuerzas internas en columna intersección ejes B-5 (3P, 6P, 12P)

Tabla 19 Resumen de cortantes en columna intersección ejes B-5

Fuerzas internas - Cortantes columna B5 (kN)										% Var máx.					
Mod	Método	EM		K1		K2		K3		K1		K2		K3	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
3P	FHE	311	312	417	436	402	391	360	369	34	40	29	25	16	18
	MS	270	290	395	422	371	370	341	337	46	45	37	28	26	16
	MC-ASCE	265	264	377	385	354	332	312	299	42	46	33	26	18	13
	MC-AIS	327	337	442	410	475	381	339	315	35	22	45	13	3	-7
6P	FHE	272	209	888	382	956	387	1115	390	227	83	252	85	311	87
	MS	209	182	777	335	843	337	990	316	273	84	304	85	374	74
	MC-ASCE	198	168	694	300	755	301	931	297	250	78	281	79	369	76
	MC-AIS	332	242	856	362	973	400	1021	342	158	50	193	65	208	41
12P	FHE	403	466	4185	590	4035	596	5336	570	938	27	901	28	1223	22
	MS	296	371	3449	487	3317	491	3879	321	1066	31	1021	32	1211	-13
	MC-ASCE	277	323	3292	458	3137	458	3671	305	1088	42	1032	42	1225	-6
	MC-AIS	386	382	3509	509	3387	513	8002	593	808	33	776	34	1970	55

Tabla 20 Resumen de momentos en viga VG09 eje 5

Fuerzas internas - Momentos viga VG09-Y (kN.m)										% Var máx.					
Mod	Método	EM		K1		K2		K3		K1		K2		K3	
		P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ
3P	FHE	-372	-360	-556	-401	-463	-380	-730	-539	50	12	25	6	96	50
	MS	-354	-338	-529	-371	-434	-352	-715	-558	49	10	23	4	102	65
	MC-ASCE	-314	-300	-495	-347	-396	-327	-666	-525	57	16	26	9	112	75
	MC-AIS	-414	-395	-525	-359	-446	-361	-739	-580	27	-9	8	-8	79	47
6P	FHE	-122	-191	-470	-494	-499	-520	-558	-571	285	158	309	172	357	199
	MS	-109	-161	-410	-431	-437	-453	-495	-494	278	167	302	181	355	207
	MC-ASCE	-101	-148	-391	-409	-421	-434	-470	-469	288	176	318	193	367	217
	MC-AIS	-161	-246	-461	-485	-518	-537	-498	-502	186	97	221	118	209	104
12P	FHE	-152	-470	-507	-689	-499	-683	-562	-730	233	47	228	45	269	55
	MS	-119	-354	-415	-551	-407	-546	-382	-457	247	56	241	54	220	29
	MC-ASCE	-111	-321	-399	-523	-391	-515	-381	-453	261	63	253	61	245	41
	MC-AIS	-127	-387	-421	-552	-414	-552	-526	-666	231	43	226	43	314	72

PΔ = piso de máxima deriva 3P=P3; 6P=P4; 12P=P9

Analizando la columna, se observa un menor porcentaje de variación en la estructura 3P con cimientos rígidos en comparación con las estructuras de cimentación de rigidez intermedia, aun cuando se esperaría que al tener un sistema principalmente de pórtico se obtuvieran allí las mayores variaciones por su flexibilidad que en los sistemas con muros (6P y 12P). Se evidencia una relación entre el porcentaje de variación y la altura de la edificación presentándose los mayores valores en la estructura 12P, lo que no sucede en las vigas. Los diagramas de cortante y momento muestran claramente un aumento significativo sobre los elementos de piso 2 en todos los casos de las condiciones flexibles.

Tabla 21 Resumen de cortantes en viga VG09 eje 5

Fuerzas internas - Cortantes viga VG09-Y (kN)										% Var máx.					
Mod	Método	EM		K1		K2		K3		K1		K2		K3	
		P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ	P2	PΔ
3P	FHE	173	170	254	189	214	173	284	195	46	11	24	2	64	15
	MS	159	157	242	176	201	161	265	179	52	12	27	2	66	14
	MC-ASCE	143	142	223	164	183	147	234	165	55	15	28	4	63	16
	MC-AIS	189	184	233	166	207	164	244	181	23	-9	9	-10	29	-2
6P	FHE	67	99	193	211	198	216	208	226	186	114	194	119	209	128
	MS	58	83	166	182	169	185	168	180	185	119	191	123	188	117
	MC-ASCE	57	76	148	162	152	165	163	169	161	114	168	118	186	123
	MC-AIS	79	115	179	196	200	218	191	200	128	70	155	89	143	74
12P	FHE	84	226	197	295	197	295	198	295	134	31	133	31	135	31
	MS	68	175	156	232	156	232	141	167	128	33	128	33	106	-5
	MC-ASCE	60	151	148	215	147	213	138	162	145	43	143	41	129	7
	MC-AIS	71	179	159	230	158	233	182	250	124	29	123	30	157	40

PΔ = piso de máxima deriva 3P=P3; 6P=P4; 12P=P9

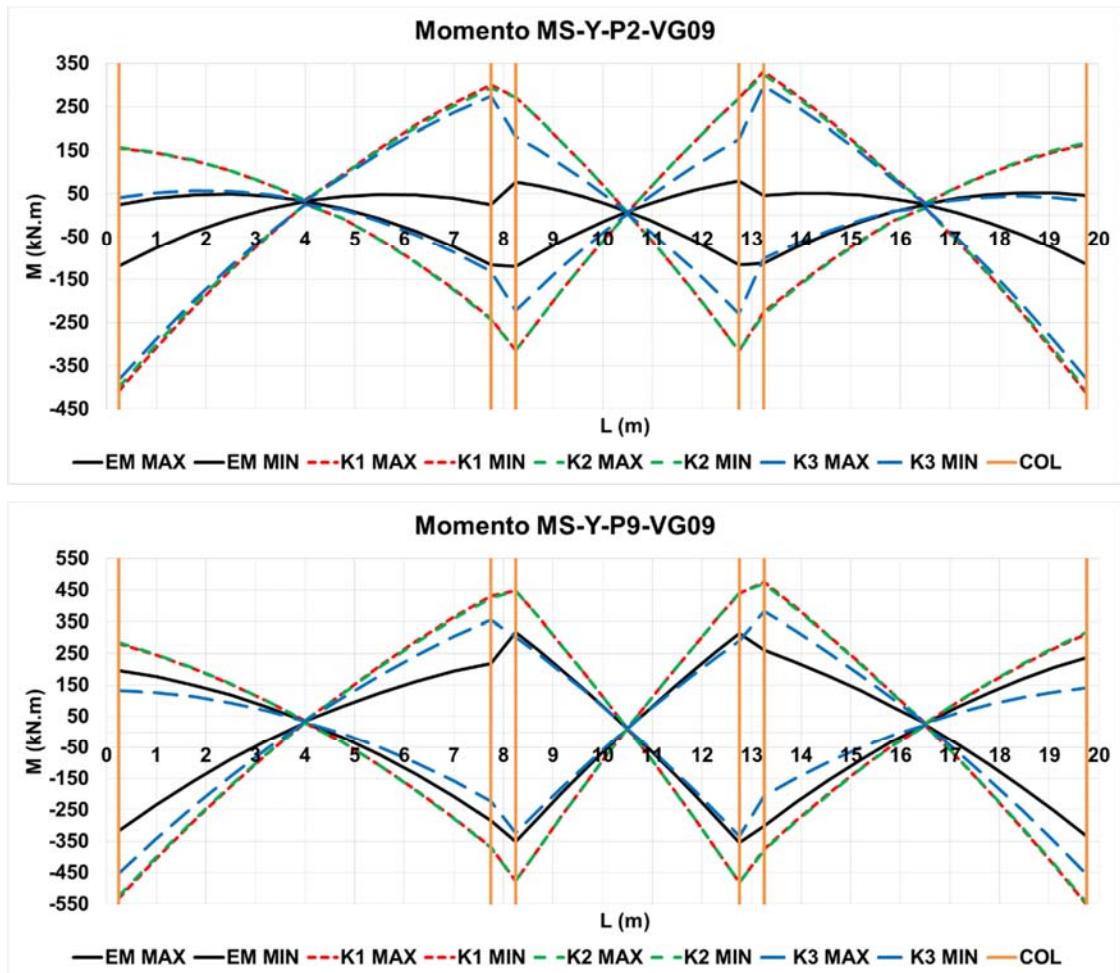


Figura 36 Momentos máximos en viga VG09 eje 5, piso 2 y piso 9 – 12P

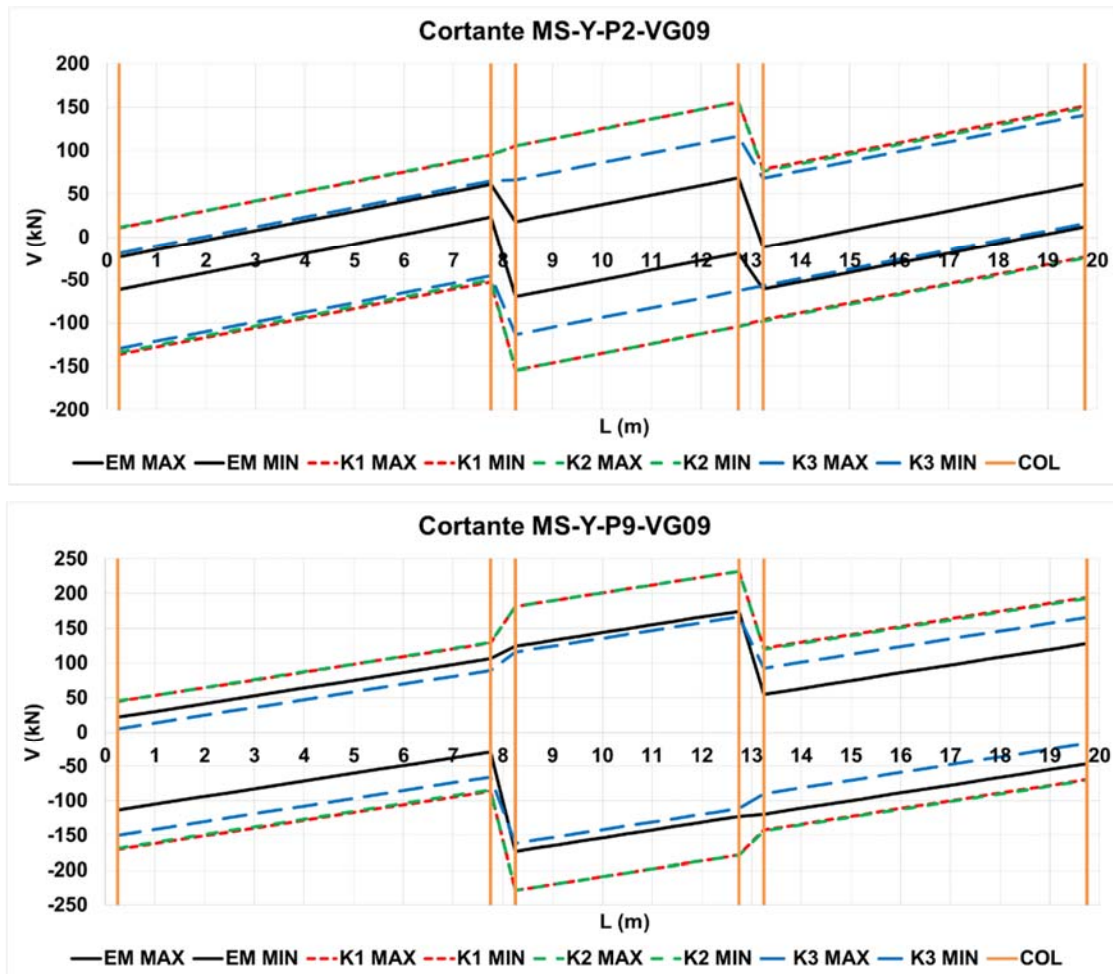


Figura 37 Cortantes máximos en viga VG09 eje 5, piso 2 y piso 9 – 12P

En la Figura 36 y Figura 37 se observa el gran impacto sobre las solicitaciones de las vigas en el piso 2. Nótese como el área de la envolvente por el análisis empotrado (EM) es muy diferente para el piso 2 que para el piso con mayor deriva (P9). Aun cuando este último experimenta los mayores valores de solicitación, el mayor porcentaje de variación se presenta en el piso 2. De esta forma, aplicando una condición K2, bajo un modal espectral para la viga analizada en sentido Y, se tendrá un aumento de momento en el piso de mayor deriva de 54%, mientras que en el piso 2 aumentara al 241%.

Tabla 22 Resumen fuerzas internas en viga de cimentación VC09 eje 5

Mod	Método	Momentos VC09 (kN.m)						Cortantes VC09 (kN)					
		K1		K2		K3		K1		K2		K3	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
6P	FHE	3375	2339	3533	2559	3655	2991	1002	868	1019	900	1047	969
	MS	2886	2998	3008	3345	3108	4031	983	814	983	841	994	885
	MC-ASCE	2745	2875	2892	3198	3034	3888	959	785	955	809	975	869
	MC-AIS	3194	3177	3514	3635	3274	4001	1025	845	1041	906	1008	920
12P	FHE	17008	6097	16596	5875	19724	7681	3689	1509	3713	1460	4492	1816
	MS	14279	6822	14086	6535	14007	7870	5985	1624	5918	1609	5658	1387
	MC-ASCE	14077	6670	13875	6393	13568	7810	5870	1474	5783	1455	5476	1300
	MC-AIS	14400	6779	14318	6518	28657	10337	6061	1538	6003	1524	10060	1712

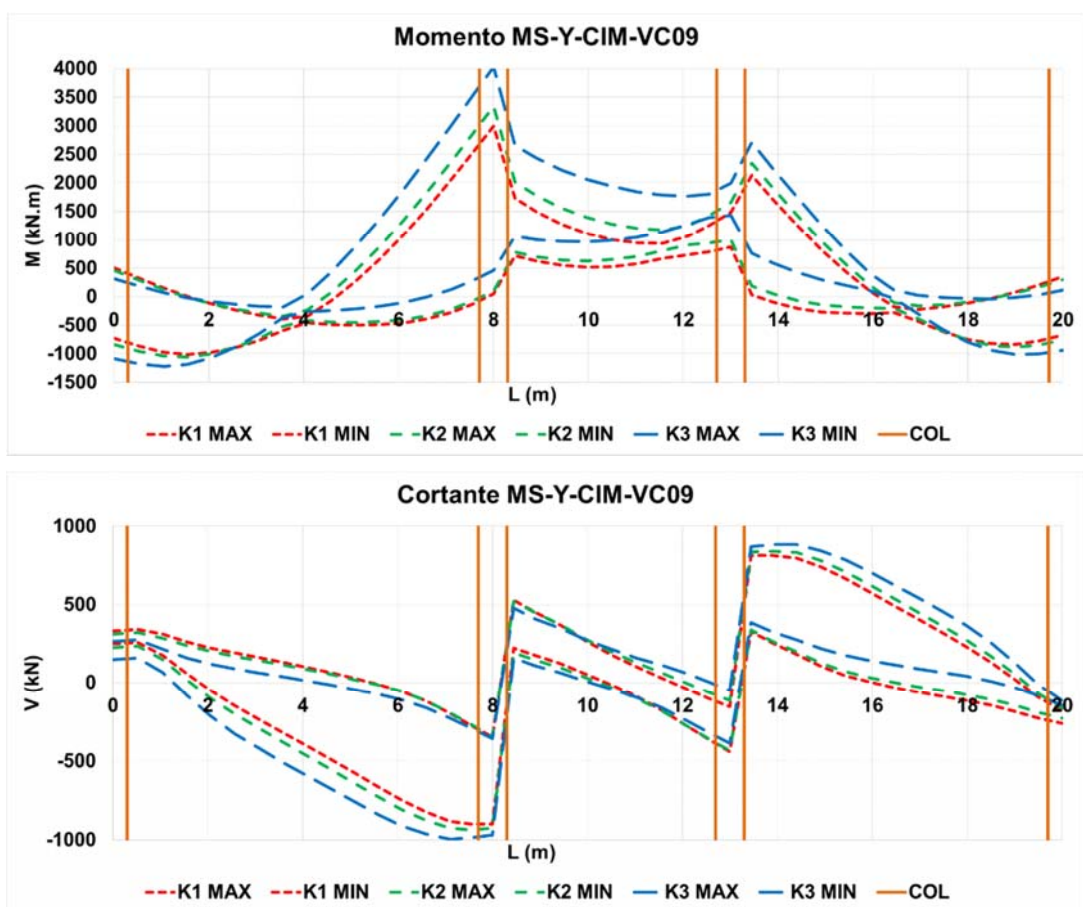


Figura 38 Fuerzas internas en viga de cimentación VC09 eje 5 - 6P

En cuanto a los elementos en cimentación, se observa un aumento en las solicitaciones tanto de momento como de cortante siempre con una disminución de la rigidez del suelo. Nótese como en la Figura 38 para la estructura 6P, el valor de las solicitaciones coincide con los valores de la rigidez del suelo, siendo $K1 > K2 > K3$.

5.8. Análisis no lineal

La Tabla 23 y Figura 39 muestran los resultados al aplicar el método de plastificación progresiva (push-over) para la obtención de la capacidad y el método del espectro de capacidad para obtener los puntos de comportamiento y ductilidad. Inicialmente, los resultados mostraron ductilidades en las estructuras muy por debajo de las esperadas de acuerdo con el sistema estructural del Reglamento, asociadas a un coeficiente de disipación de energía R de 5, indicando que las cantidades allí prescritas pueden sobreestimar el comportamiento de las mismas en el rango inelástico.

Tabla 23 Parámetros de capacidad y ductilidad esperada

Mod	Dato	Parámetros de capacidad								% Var máx.						
		Empotrado		K1		K2		K3		K1		K2		K3		
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
3P	δ max (m)	0.38	0.38	0.38	0.28	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	-	-	-	-	-	-
	Vsb max (kN)	5163	7038	5230	6208	5230	6985	3451	3648	1	-12	1	-1	-33	-48	
	dpi (m)	0.14	0.10	0.25	0.19	0.17	0.15	0.38	0.38	75	80	23	45	167	267	
	dy (m)	0.05	0.05	0.09	0.09	0.07	0.07	0.14	0.18	71	90	39	48	175	308	
	dp (m)	0.10	0.07	0.17	0.13	0.12	0.10	0.33	0.32	74	79	24	44	242	344	
	μ	2.70	2.31	2.76	2.19	2.39	2.26	2.62	2.08	2	-5	-11	-2	-3	-10	
	α	0.13	0.25	0.08	0.25	0.13	0.26	0.12	0.20	-38	0	0	4	-8	-20	
Δ max (%)	1.56	1.44	2.68	2.54	1.84	1.81	4.86	5.27	72	76	18	26	212	266		
6P	δ max (m)	0.28	0.20	0.52	0.52	0.54	0.70	0.67	0.69	-	-	-	-	-	-	
	Vsb max (kN)	9969	21050	9836	20974	9640	23634	8750	9785	-1	0	-3	12	-12	-54	
	dpi (m)	0.20	0.09	0.37	0.21	0.38	0.24	0.60	0.59	86	132	92	164	198	537	
	dy (m)	0.11	0.07	0.14	0.14	0.14	0.17	0.28	0.44	32	116	31	148	161	561	
	dp (m)	0.175	0.061	0.270	0.136	0.287	0.157	0.410	0.440	54	123	64	157	134	621	
	μ	1.89	1.38	2.67	1.48	2.76	1.46	2.15	1.33	41	7	47	6	14	-4	
	α	0.29	0.68	0.21	0.63	0.22	0.63	0.31	0.76	-28	-7	-24	-7	7	12	
Δ max (%)	1.60	0.56	2.21	1.14	2.37	1.29	2.63	2.80	38	104	48	130	64	400		
12P	δ max (m)	0.90	0.74	0.93	1.07	0.92	1.04	1.12	1.54	-	-	-	-	-	-	
	Vsb max (kN)	38525	53280	24046	47139	24592	47266	18410	26138	-38	-12	-36	-11	-52	-51	
	dpi (m)	0.60	0.28	0.62	0.41	0.62	0.39	0.80	0.90	4	48	3	42	33	227	
	dy (m)	0.21	0.20	0.22	0.30	0.24	0.29	0.33	0.71	5	51	13	49	58	263	
	dp (m)	0.410	0.182	0.480	0.270	0.470	0.260	0.610	0.600	17	48	15	43	49	230	
	μ	2.86	1.41	2.84	1.38	2.63	1.35	2.40	1.27	-1	-2	-8	-4	-16	-10	
	α	0.54	0.70	0.50	0.75	0.50	0.74	0.56	0.92	-7	7	-7	6	4	31	
Δ max (%)	2.01	1.01	2.10	1.25	2.09	1.22	2.38	2.30	4	24	4	21	18	128		

μ = Ductilidad por desplazamiento esperada
 α = Rigidez post-elástica
dpi = Desplazamiento último de la estructura
dy = Desplazamiento de fluencia

δ max = Desplazamiento inicial estimado de análisis
Vsb max = Cortante asociado al desplazamiento inicial
 Δ max = Deriva máxima de análisis
dp = Punto de comportamiento

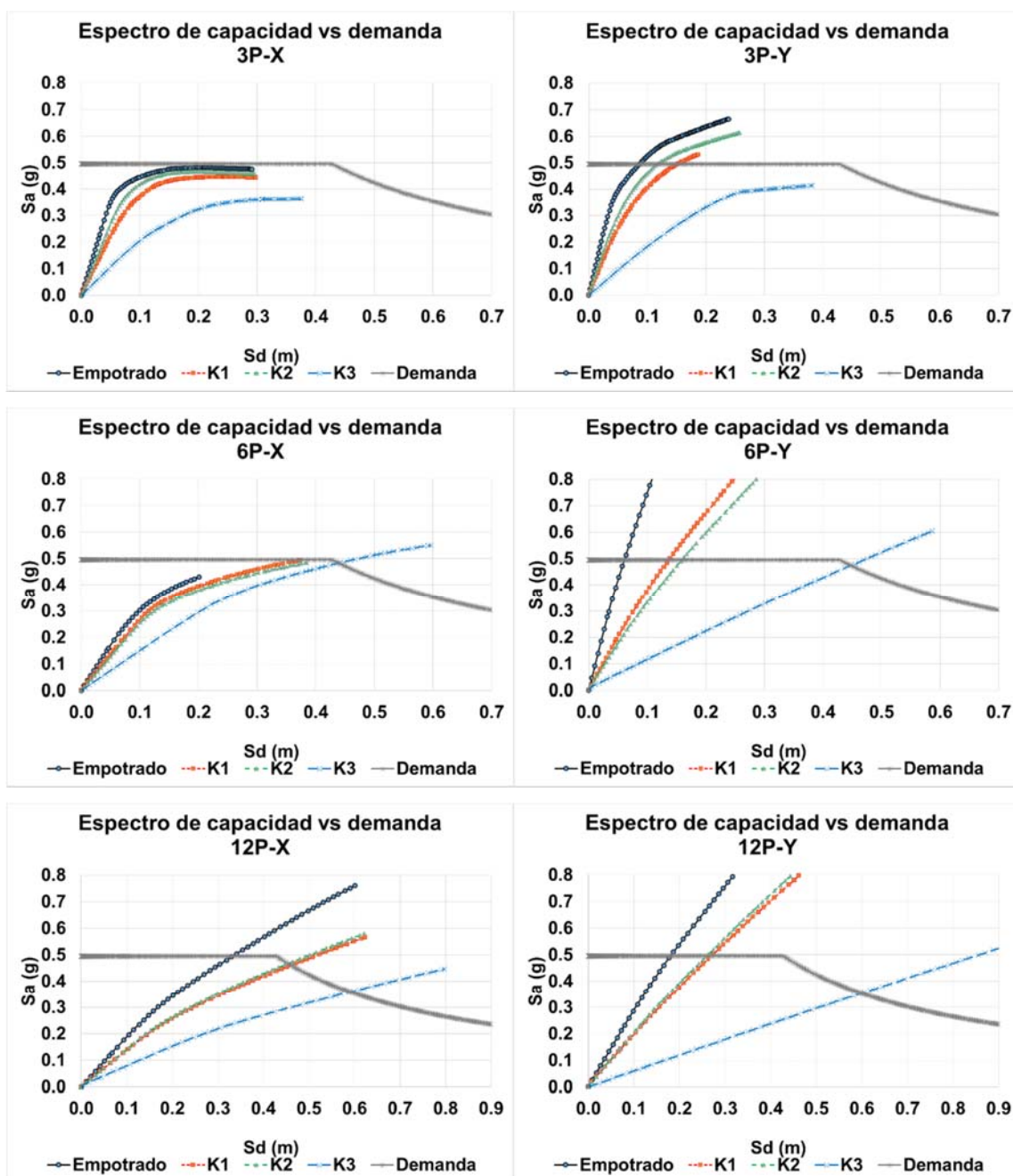


Figura 39 Espectros de capacidad vs espectros de demanda

Siguiendo con la ductilidad, al aplicar las condiciones flexibles en la base, las estructuras 3P y 12P mostraron una reducción aproximada del 8%, mientras que la 6P mostró aumentos

diferentes en las dos direcciones. Se evidencia un desbalance de las ductilidades sobre las direcciones de análisis, dejando valores menores en el sentido Y, especialmente en las estructuras 6P y 12P. Esto se debe a que en dicha dirección existen muros de gran longitud (5 m) que tomaron la mayor parte del cortante sísmico, afectando en gran medida los diagramas momento-curvatura y posteriormente contribuyendo con el mecanismo de falla.

En la Figura 39 se observa que las condiciones flexibles en todos los casos causaron una disminución de los espectros de capacidad, por la pérdida de rigidez en el sistema, y por ende causaron un aumento en los puntos de comportamiento, es decir, de los desplazamientos máximos que pueden asimilar las estructuras bajo la demanda impuesta, lo cual conlleva a que la ductilidad disminuyera para las estructuras con cimientos rígidos (3P) o cercanos a rígido (12P, ver factores de amortiguación), pero aumentara en la estructura 6P con cimiento cercano a flexible. Nótese como en la gráfica se pueden identificar las estructuras con baja ductilidad cuando el espectro de capacidad tiende a ser una línea recta como sucede con el K3 de la 12P-Y ($u=1.27$). De la misma forma se puede observar el mecanismo de columna fuerte-viga débil en aquellas curvas que tienen una rigidez inicial constante como se observa en la estructura 3P-X.

Los resultados de los puntos de comportamiento confirman lo mencionado en el aparte de las rotaciones y desplazamientos excesivos evidenciados con el método K3, en donde si observamos la Tabla 15 se presenta para la estructura 12P-Y, un desplazamiento máximo de 191 cm para el análisis lineal, sin embargo la estructura solo puede llegar a 60 cm de deformación produciendo la falla conforme a la demanda sísmica impuesta (Tabla 23). La Figura 40 muestra la comparación entre las derivas del análisis elástico y las obtenidas por el método no lineal (NL). Se observa un aumento de la deriva NL en la dirección X de las estructuras con valores cercanos al 2%, mientras que en la dirección Y especialmente en las estructuras 6P y 12P la deriva NL disminuyó. Esto se debe a que el valor del punto de comportamiento está por debajo de los desplazamientos máximos elásticos, conllevando a que las estructuras se comporten casi que de manera elástica.

En cuanto a los niveles de desempeño, se pudo observar (véanse la Figura 41 a Figura 49) que las condiciones flexibles redistribuyen las fuerzas internas, en algunos casos, liberando carga sobre los elementos, pero en otros más críticos sobrecargándolos. Nótese cómo en

la estructura 3P por ejemplo la viga de piso 2 mantiene niveles de desempeño hasta de ocupación inmediata (IO). Sin embargo, al aplicar la condición K1 algunas rótulas empiezan a exceder el límite para preservación de la vida (LS) y más aún cuando se tiene una condición K3 una de las rótulas ya está en prevención del colapso (CP).

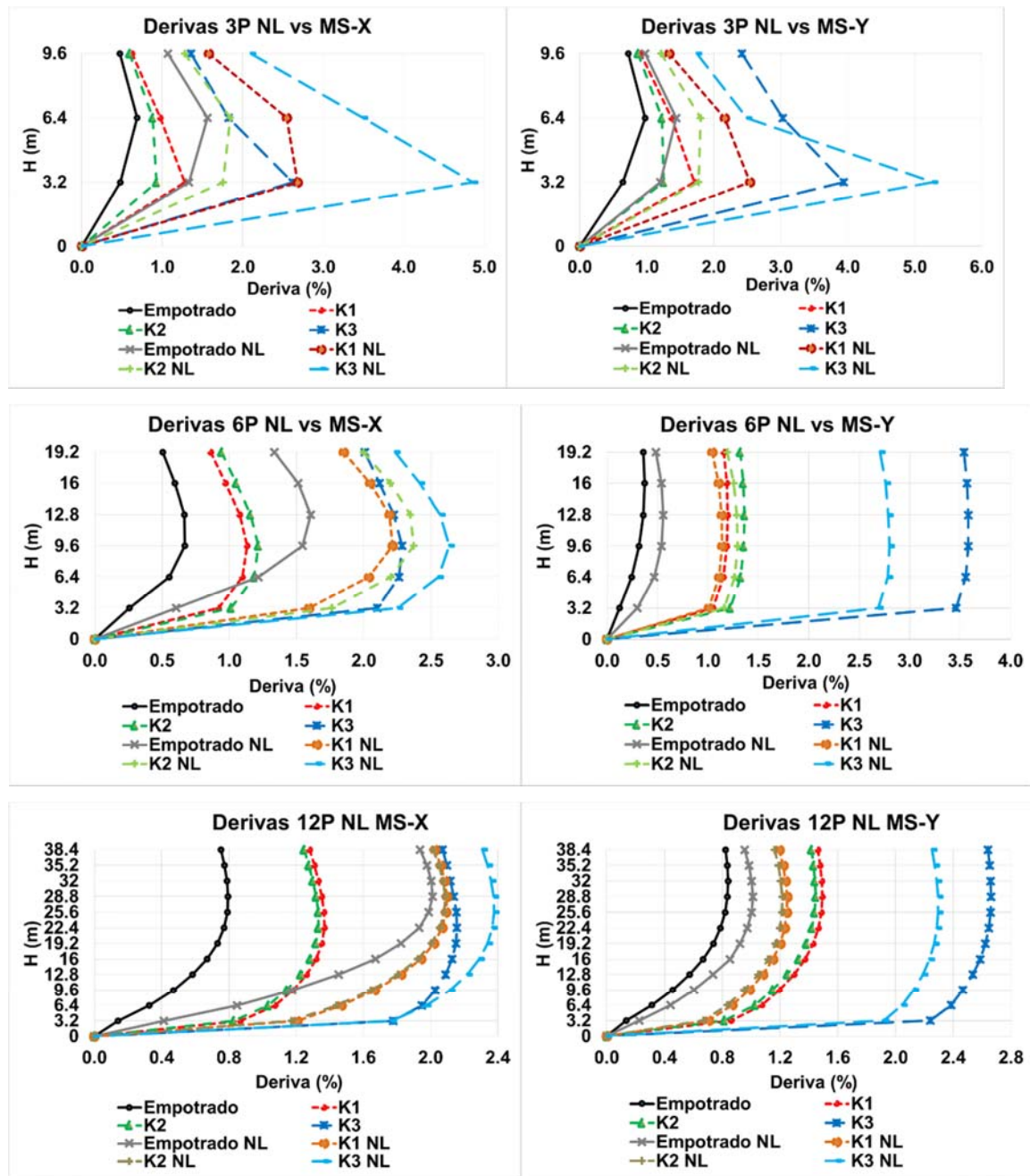


Figura 40 Derivas máximas análisis no lineal

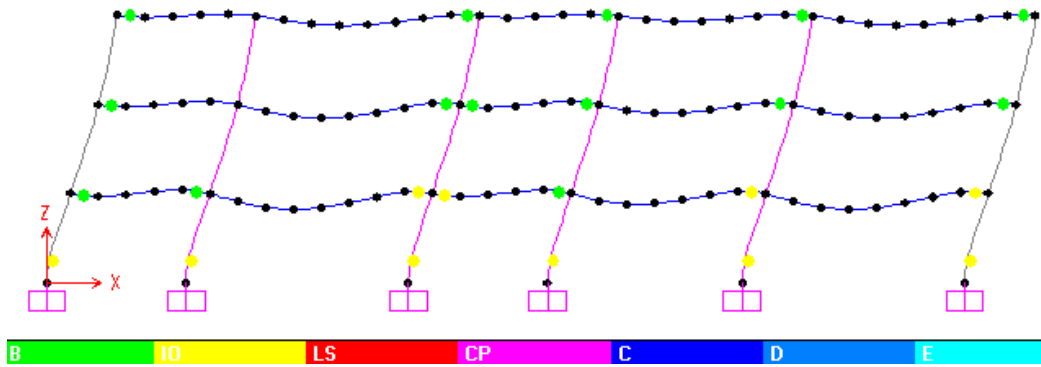


Figura 41 Punto de comportamiento empotrado, $dp=0.10$ m, 3P-X

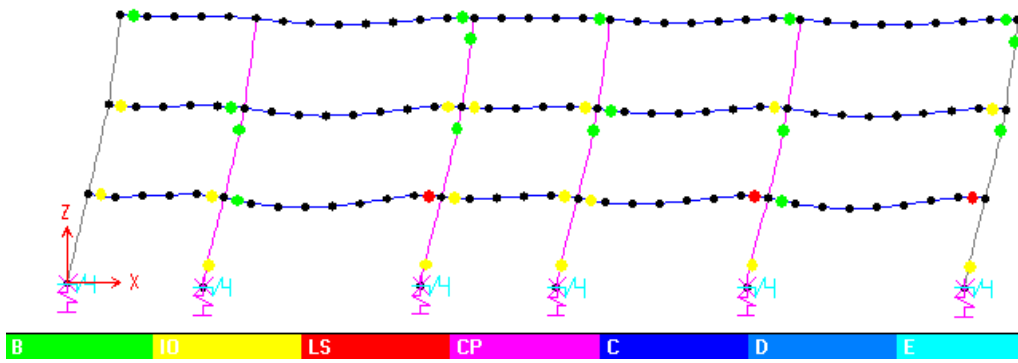


Figura 42 Punto de comportamiento K1, $dp=0.17$ m, 3P-X

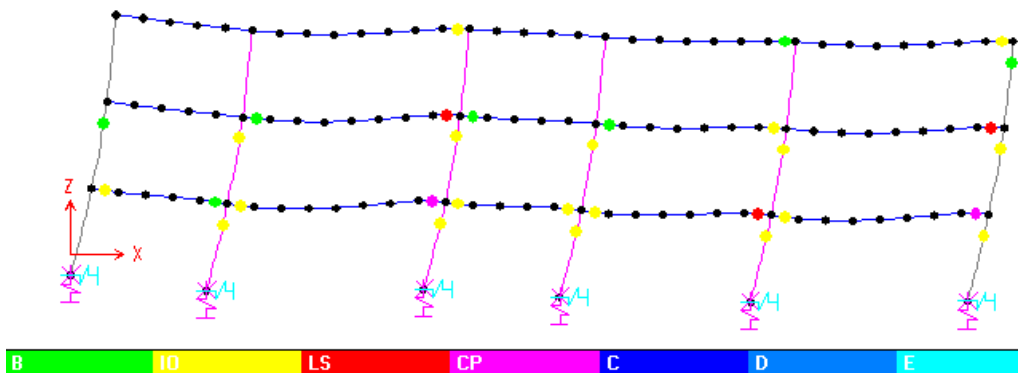


Figura 43 Punto de comportamiento K3, $dp=0.33$ m, 3P-X

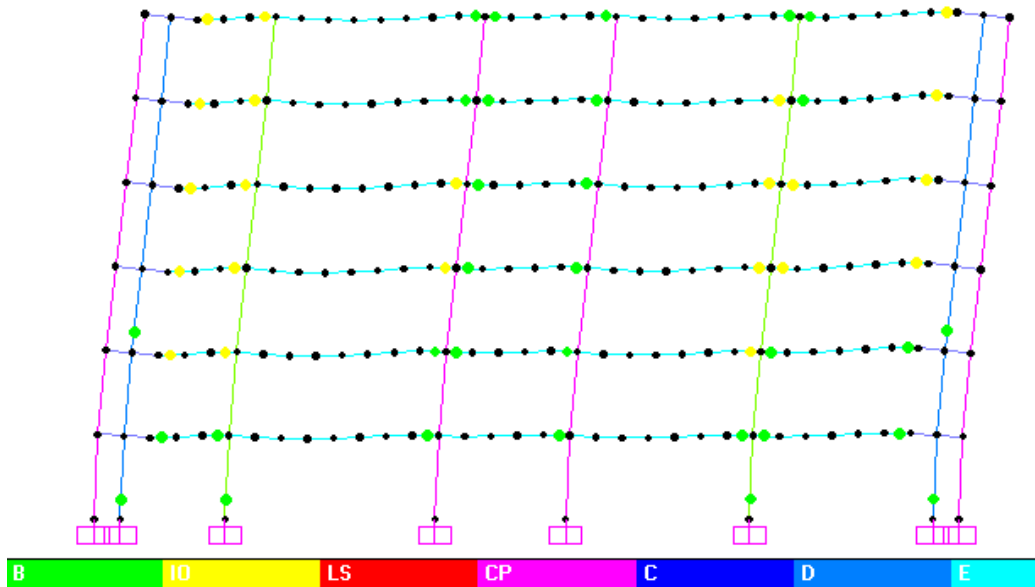


Figura 44 Punto de comportamiento empotrado, $dp=0.175$ m, 6P-X

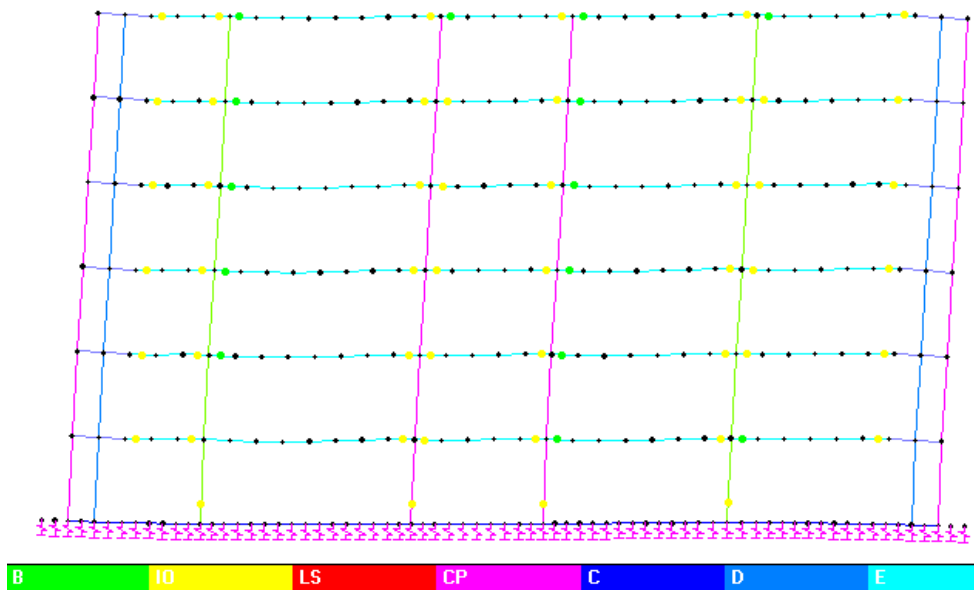


Figura 45 Punto de comportamiento K1, $dp=0.27$ m, 6P-X

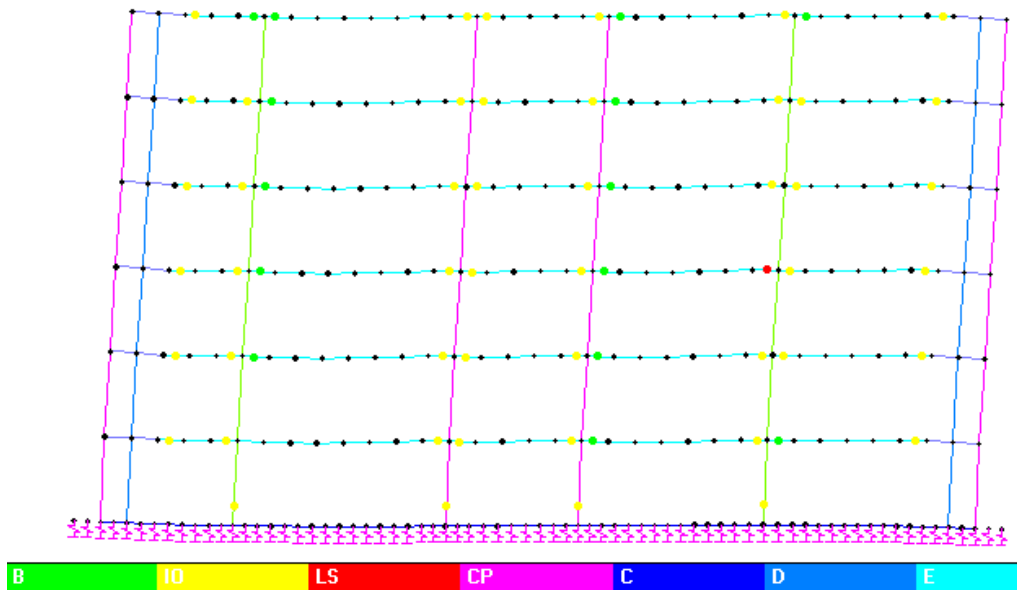


Figura 46 Punto de comportamiento K2, $dp=0.285$ m, 6P-X

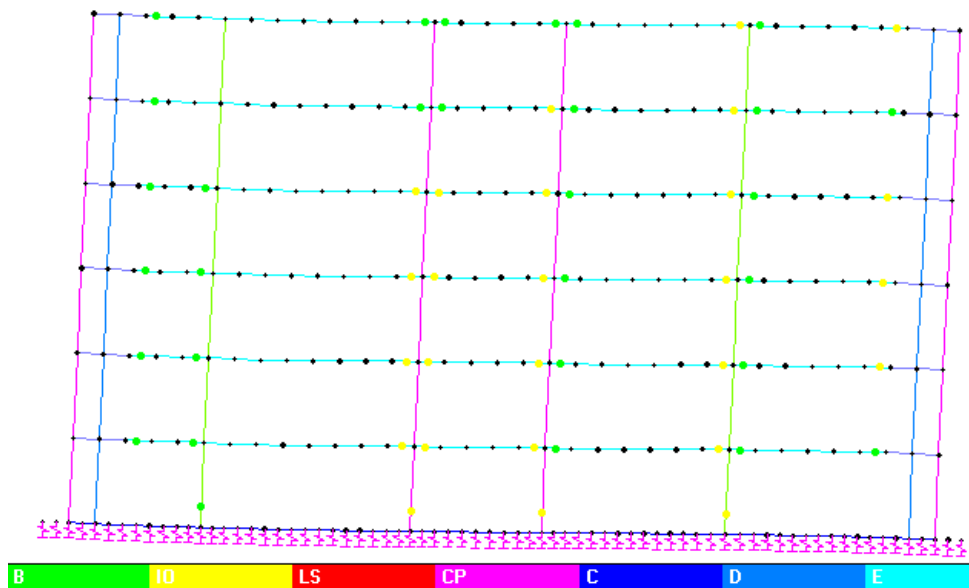


Figura 47 Punto de comportamiento K3, $dp=0.41$ m, 6P-X

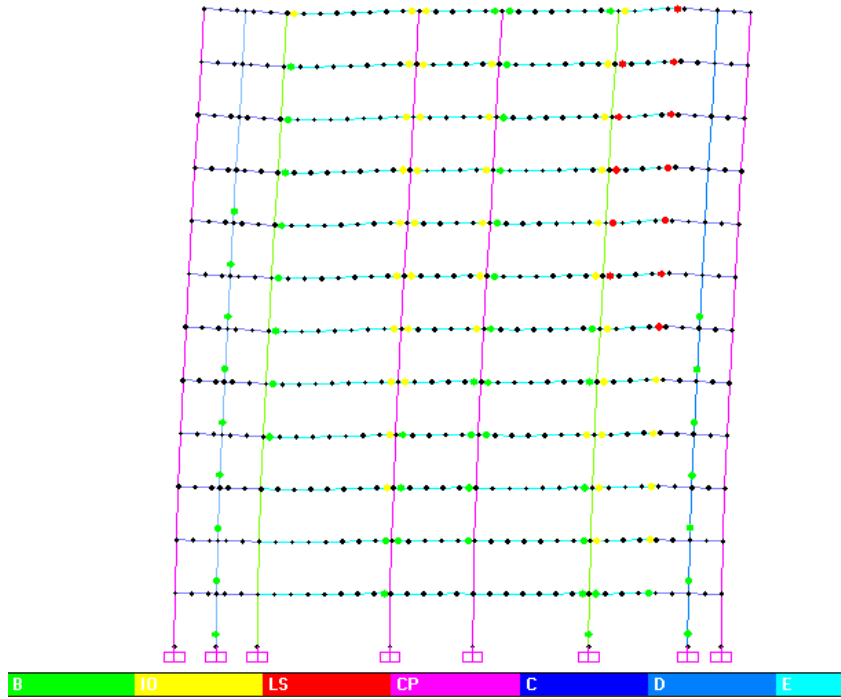


Figura 48 Punto de comportamiento empotrado, $d_p=0.41$ m, 12P-X

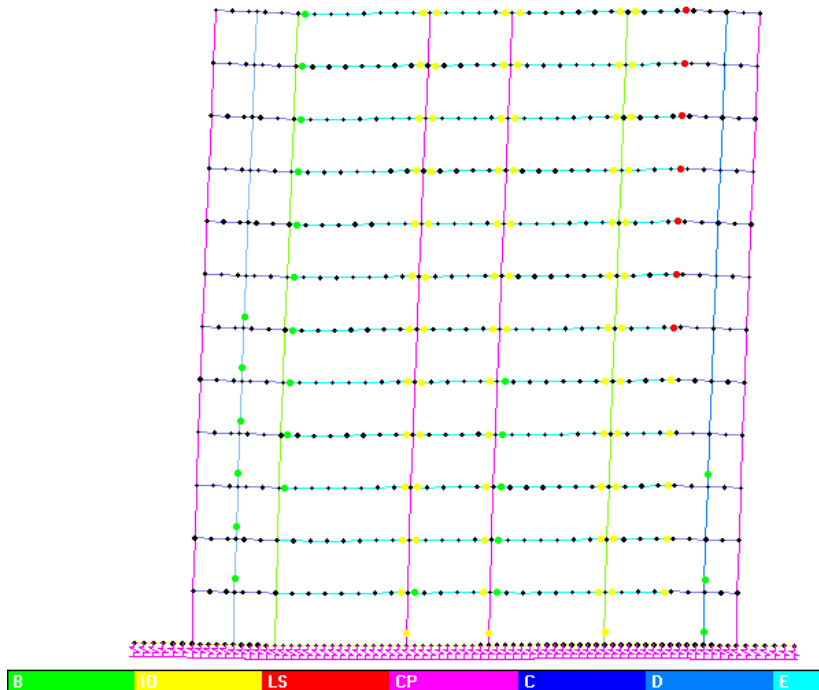


Figura 49 Punto de comportamiento K2, $d_p=0.47$ m, 12P-X

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

La interacción suelo-estructura afecta significativamente la respuesta sísmica de las edificaciones, especialmente sobre los elementos estructurales del primer nivel de piso. Inicialmente con una pérdida de rigidez en el sistema, aumenta el periodo natural de vibración; a partir de allí, se desencadenan variaciones en los parámetros de respuesta que actúan generalmente en detrimento de la estructura original con base empotrada.

El módulo de reacción (K_s) es un parámetro muy sensible que depende de las propiedades del suelo utilizadas, pero de manera significativa depende de la geometría y tipo de cimentación. Su valor disminuirá cuantos más parámetros se consideren en su análisis, acercándose a la condición real del suelo. Analizando los métodos de rigidez, podemos decir que el módulo K_1 es una buena medida para estimar el comportamiento inicial de las estructuras sometidas a ISE, pero en ningún caso debe tomarse como valor final de diseño. De igual manera, el módulo K_3 podría emplearse a manera de comprobación de los resultados obtenidos ya que este procedimiento puede ser sensible a variables como la instrumentación, tiempos de consolidación, grado de saturación en el suelo especialmente en arcillas, limitaciones en la profundidad de análisis, distribución no lineal de presiones de contacto suelo-placa vinculada con fenómenos locales de plastificación del suelo, y en consecuencia, no se debería tomar el módulo de reacción a partir del ensayo de placa. Por tal razón, se recomendaría utilizar las expresiones del K_2 en ASCE 41-17 siempre que la inercia a flexión de los cimientos sea poco importante, en caso contrario, las mejores alternativas se encontrarán con las expresiones de Vesic y Delgado.

Los resultados mostraron unos mayores impactos de la ISE sobre las edificaciones con cimentación de rigidez intermedia a flexible, especialmente en los cimientos corridos del modelo de 6 pisos. Quedando comprobado que el grado de rigidez de un cimiento con respecto al suelo también es un factor importante en la respuesta sísmica y no solamente el módulo de reacción.

Aun cuando el análisis no lineal de plastificación progresiva es un método aproximado que cuenta con la respuesta del modo fundamental, se pudo observar que al aplicar las condiciones flexibles en la base, las estructuras disminuyeron su capacidad, lo que generó un aumento en los desplazamientos asociados a los puntos de comportamiento que conllevaron en la mayoría de los casos a una disminución en la demanda de ductilidad del sistema. De igual manera, el análisis por desempeño evidenció afectaciones en los niveles de comportamiento de algunos elementos estructurales por la acción de la ISE, y que no cumplieron con el requerimiento inicialmente establecido para preservación de la vida (LS).

Con base en las 3 estructuras analizadas y teniendo en cuenta el módulo K2 como la mejor opción para la evaluación de la rigidez suelo-cimiento, se encontraron modificaciones importantes en la respuesta sísmica con respecto a la condición con base empotrada. En cuanto a los indicadores más representativos, se obtuvieron aumentos en las derivas de hasta un 70% en promedio en las estructuras mayores a 6P y de un 35% para la 3P. En sollicitaciones, se pudo observar un mayor impacto sobre los elementos del piso 2 con aumentos en vigas que alcanzan el 78% en la dirección de mayor rigidez (columnas hasta un 500%) y de 250% en la de menor rigidez (columnas hasta un 150%), esto para las estructuras mayores a 6P, donde la estructura 3P presentó aumentos alrededor del 30% tanto en vigas como en columnas.

De acuerdo con lo anterior, los requisitos normativos establecidos por el Reglamento NSR-10 y por el código ASCE 41-17 en cuanto a la aplicación de la ISE en el diseño de las estructuras pueden no ser suficientes para la evaluación sísmica de una edificación, es decir, pueden dejar por fuera estructuras en las que la ISE incrementa significativamente las demandas. Se encontró, por ejemplo, que los aumentos en los periodos de vibración causados por la condición flexible (Ej. K2) no necesariamente ocasionaron un aumento de las aceleraciones espectrales (véase la Tabla 13) localizándose por debajo de la región de periodos cortos (T_c), y aun así se obtuvieron diferencias importantes en la respuesta con respecto a la condición empotrada. De igual manera, se evidenció que aun cuando el tipo de suelo es importante para la aplicación de la ISE, también lo es la selección del tipo de cimentación, siendo las fundaciones corridas las más afectadas por este fenómeno.

Como contribución al Reglamento de Construcción Sismo Resistente NSR-10, se recomienda la aplicación de la ISE en edificaciones cuya cimentación sea clasificada como flexible o de rigidez intermedia siguiendo los parámetros de Hetenyi (1979), e incluyendo las formulaciones establecidas por el código ASCE 41-17 (Módulo K2) para la evaluación de la rigidez suelo-cimiento, siempre que a juicio del ingeniero estructural considere que no exista una influencia importante en la inercia a flexión de la cimentación; en caso contrario, se deberán revisar otras expresiones como las de Vesic y Delgado expuestas en este trabajo.

Con el fin de continuar con la línea de investigación en ISE y para futuros proyectos se recomienda lo siguiente:

- Incluir la rigidez horizontal del suelo tanto para los cimientos rígidos como para los flexibles con su respectiva afectación en profundidad, implicando en los análisis los coeficientes activos o pasivos del terreno.
- Explorar metodologías diferentes para la obtención del módulo de reacción y rigidez de los cimientos, con el fin de hacer análisis comparativos y escoger las mejores alternativas.
- Realizar una cantidad de ensayos de placa específica que sea consistente con el área del terreno analizada para las estructuras, utilizando para la evaluación de las propiedades del suelo diferentes alternativas de consolidación y drenaje.
- Limitar en el programa de cálculo las deformaciones máximas del suelo obtenidas de los ensayos de placa con las curvas bilineales.
- Analizar diferentes tipos de cimentación para las estructuras, como aquellas en profundidad realizadas mediante pilotes.
- Incluir en los análisis sísmicos los efectos de la no linealidad de la cimentación.
- Utilizar programas diferentes al XTRACT para el cálculo de los diagramas momento-curvatura con el fin de determinar eficiencias en los análisis.
- Mejorar los análisis de plastificación progresiva, mediante la adición de la respuesta de los modos superiores (análisis multimodal), con análisis tanto en la dirección positiva como negativa de los ejes para obtener la condición crítica.

- Incluir las posibles variaciones en el amortiguamiento de la estructura por la acción de la histéresis del suelo.
- Utilizar opciones diferentes al método del pórtico equivalente para la representación no lineal de los muros como las de elementos finitos por franjas.
- Incluir la metodología de análisis no lineal dinámico con ISE.
- Realizar estudios posteriores que evalúen el efecto de los incrementos en la respuesta sísmica de las estructuras al aplicar la ISE, con respecto a las cuantías de refuerzo y volúmenes de concreto requeridos para cumplir con el reglamento.
- Realizar estudios posteriores donde se contemple desde un principio la ISE y se realice tanto el diseño estructural con base en el Reglamento NSR-10 como el análisis no lineal con base en ASCE 41-17, con el fin de comparar las nuevas curvas de capacidad y ductilidad obtenidas contra la condición empotrada.

Capítulo 7. Bibliografía

- Abdel Raheem, S. E., Ahmed, M. M., & Alazrak, T. M. A. (2014). Soil-raft foundation-structure interaction effects on seismic performance of multi-story MRF buildings. *Engineering Structures and Technologies*, 6(2), 43–61.
- AIS. (2017) Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-17*. Bogotá D.C.: La asociación.
- ASCE/SEI 41-17. (2017) American Society of Civil Engineers. *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Building*. Reston, USA: The Society.
- ASCE/SEI 7-16. (2016) American Society of Civil Engineers. *Minimum design loads for building and other structures*. Reston, USA: The Society.
- ATC 40. (1996) Applied Technology Council. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building*. California: The Society.
- Avilés, J., & Pérez-Rocha, L. (2004). Bases para las nuevas disposiciones reglamentarias sobre interacción dinámica suelo-estructura. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 71, 1-36.
- Ballén, I., Contreras, C. & González, C. (2017). Interacción suelo estructura – Proyecto de grado del pregrado en Ing. Civil. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia
- Bazán, E., & Meli, R. (1999). Introducción a la sismología y a la ingeniería sísmica. *Diseño Sísmico de Edificios (pp. 15-16)*. México: Limusa.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation analysis and design*. Singapore: McGraw-Hill.
- Coduto, P. D. (2001). *Foundation Design – Principles and practices*. New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc.
- Cruz, C., & Miranda, E. (2017). Evaluation of soil-structure interaction effects on the damping ratios of buildings subjected to earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 100, 183–195.
- Chavarro, C. A. (2000). *Influencia de la rigidez del suelo en el diseño estructural de soluciones de cimentación con placa*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- Chavarro, C. A. (2000). *Influencia de la rigidez del suelo en el diseño estructural de soluciones de cimentación con placa*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.

- CSI. (2019) Computers & Structures, Inc. *ETABS – Integrated analysis, design and drafting of building systems*. (N° de versión 9.7.2). California, USA.
- CSI. (2019) Computers & Structures, Inc. *SAP 2000 – Integrated structural analysis and design*. (N° de versión 14.2.4). California, USA.
- Decreto 523. Microzonificación sísmica de Bogotá (2010). Bogotá D.C.:Colombia.
- Delgado, M. (1998). *Notas Interacción suelo estructura*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Delgado, M. (2013). *Ingeniería de fundaciones - Fundamentos e introducción al análisis geotécnico*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- E y R Espinosa y Restrepo S.A. (2015). Estudio de suelos. Edificios de laboratorio Alejandro Sandino EYR-S 14043. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- FEMA 440. (2005). *Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*. California: Applied Technology Council.
- Fernández-sola, L., & Gómez, S. (2015). Efecto de la relación de esbeltez en la influencia de la interacción dinámica suelo estructura en la respuesta dinámica de dos estructuras. *Conferencia llevado a cabo en XX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Mexico*.
- Fernandez, R., & Torres, C. (2009). *Análisis de modelos físicos de zapatas aisladas sobre resortes para estudios de interacción suelo estructura*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- Givens, M. J., Mylonakis, G., & Stewart, J. (2016). Modular analytical solutions for foundation damping in soil-structure interaction applications. *Earthquake Spectra*, 1-32.
- Ghandil, M., & Behnamfar, F. (2017). Ductility demands of MRF structures on soft soils considering soil-structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 92, 203–214.
- Güllü, H., & Pala, M. (2014). On the resonance effect by dynamic soil-structure interaction: A revelation study. *Natural Hazards*, 72(2), 1-21.
- González, M. Y. (2015). *Estudio de la interacción suelo-estructura en el rango elástico e inelástico de una zapata aislada mediante modelos físicos a escala y mediante elementos finitos*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- Hetenyi, M. (1979). *Beams on elastic foundation*. The University of Michigan.
- Hokmabadi, A. S., & Fatahi, B. (2016). Influence of foundation type on seismic performance

- of buildings considering soil–structure interaction. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 16, 1–29.
- Jayalekshmi, B. R., & Chinmayi, H. K. (2018). Non-linear SSI analysis of multi-storey shear wall buildings with site specific ground response. *Springer International Publishing AG*, 318–328.
- Jerez, S. (2017). *Evaluación y reforzamiento sísmico de edificaciones - Notas de Clase*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Knappett, J. a., Madden, P., & Caucis, K. (2015). Seismic SSI between pairs of adjacent building structures. *Géotechnique*, 65(5), 429–441.
- Kausel, E. (2010). Early history of soil-structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(9), 822–832.
- Li, M., Lu, X., Lu, X., & Ye, L. (2014). Influence of soil-structure interaction on seismic collapse resistance of super-tall buildings. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 6(5), 477–485.
- Lopez, G. (2012). *Análisis de modelos físicos de zapatas aisladas sobre resortes para estudio de interacción suelo estructura: una verificación según reglamento NSR-10*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- Madani, B., Behnamfar, F., & Tajmir Riahi, H. (2015). Dynamic response of structures subjected to pounding and SSI. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 78, 46–60.
- MathWorks. (2019). The MathWorks, Inc. *Matlab – Matrix Laboratory*. (N° de versión R2019P). Massachusetts, USA.
- Mattacchione, A. (1991). Equivalent frame method applied to concrete shearwalls . *ACI Concrete International*, 65-77.
- Mylonakis, G., & Gazetas, G. (2000). Seismic soil-structure interaction: Beneficial or detrimental?. *Journal of Earthquake Engineering*, 4(3), 277–301.
- Moreno H., M. A. (2016). *Interacción elástica e inelástica suelo estructura bajo una fundación superficial aislada*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- Naserkhaki, S., Aziz, F. N. A. A., & Pourmohammad, H. (2012). Earthquake induced pounding between adjacent buildings considering soil-structure interaction. *Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 11(3), 343–358.
- NEHRP. (2012) National Earthquake Hazards Reduction Program. *Soil-Structure*

- Interaction for Building Structures. NIST GCR 12-917-21.* Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- Nguyen, Q. V., Fatahi, B., & Hokmabadi, A. S. (2017). Influence of size and load-bearing mechanism of piles on seismic performance of buildings considering soil–pile–structure Interaction. *International Journal of Geomechanics*, (7), 1–22.
- Priestley M. J. N., Calvi, G. M., Kowalsky, M. J., (2007). *Displacement-Based Seismic Design of Structures*. Italy: IUSS PRESS.
- Raychowdhury, P., & Singh, P. (2012). Effect of nonlinear SSI on seismic response of low-rise SMRF buildings. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 11(4), 541.
- Salgado, R. M. (2006). *Análisis de sensibilidad del módulo de reacción del suelo sobre una estructura de 7 pisos sobre pilotes*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- SeismoSoft. (2019) Earthquake Engineering Software Products. *SeismoMatch – Earthquake Software for Response Spectrum Matching*. (N° de versión 2019). Pavia, Italy.
- Selvadurai, A. (1979). *Elastic Analysis of Soil-Foundation Interaction*. New York: Elsevier.
- SGC. (2019) Servicio Geológico Colombiano. Búsqueda catálogo sísmico. Recuperado de <https://www2.sgc.gov.co/sgc/sismos/Paginas/catalogo-sismico.aspx>. Noviembre 30 de 2019.
- Shakib, H., & Homaei, F. (2017). Probabilistic seismic performance assessment of the soil-structure interaction effect on seismic response of mid-rise setback steel buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 15(7), 2827–2851.
- SMC. (2019) Strong Motion Center. *Search Earthquake Catalog*. Recuperado de <https://strongmotioncenter.org/vdc/scripts/search.plx>. Noviembre 30 de 2019.
- Sotiriadis, D., Kostinakis, K., & Morfidis, K. (2017). Effects of nonlinear soil–structure-interaction on seismic damage of 3D buildings on cohesive and frictional soils. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 15(9), 3581–3610.
- Stewart, J. P., Fenves, G., & Seed, R. (1999). Seismic SSI in buildings I: analytical methods. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(1), 26-37.
- Torres Castellanos, N. (2001). *Estudio de interacción suelo estructura para edificios de 5-10-15 pisos*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
- Torres, C., & Tovar, M. (2006). *Análisis de sensibilidad del módulo de reacción del suelo sobre una estructura aporticada de 7 pisos cimentada sobre una losa aligerada y*

análisis comparativo del comportamiento para diferentes tipos de cimentación. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.

TRC. (2016) Bridge Design Software. XTRACT – *Analysis of Components*. (N° de versión V.9.0.3). Rancho Cordova, USA.

Tsudik, E. (2013). *Analysis of Structures on Elastic Foundations*. Pine Island: J.Ross Publishing.

Uribe E., J. (2015). Principios estructurales y métodos modernos de análisis-Notas de clase. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

USGS. (2019) United State Geological Survey. *Search Earthquake Catalog*. Recuperado de <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>. Noviembre 30 de 2019.

Viasus, C., & Lopez, P. (2008). *Evaluación de interacción suelo estructura mediante un modelo físico (zapatas aisladas)*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.

Wolf, J. (1985). *Dynamic Soil Structure Interaction*. New Jersey: Prentice-Hall.

Capítulo 8. Anexos

A continuación se presenta toda la información complementaria que da soporte al proyecto realizado, de acuerdo con la siguiente información de apoyo:

Lectura de planos: (Unidades en metros)

- Vigas: dimensiones (ancho x altura), marcación (VC = cimentación, VG = aérea).
- Columnas, muros y zapatas: dimensiones en planta (horizontal x vertical), marcación (CO = columna, M = muro, Z = zapata o zarpa).

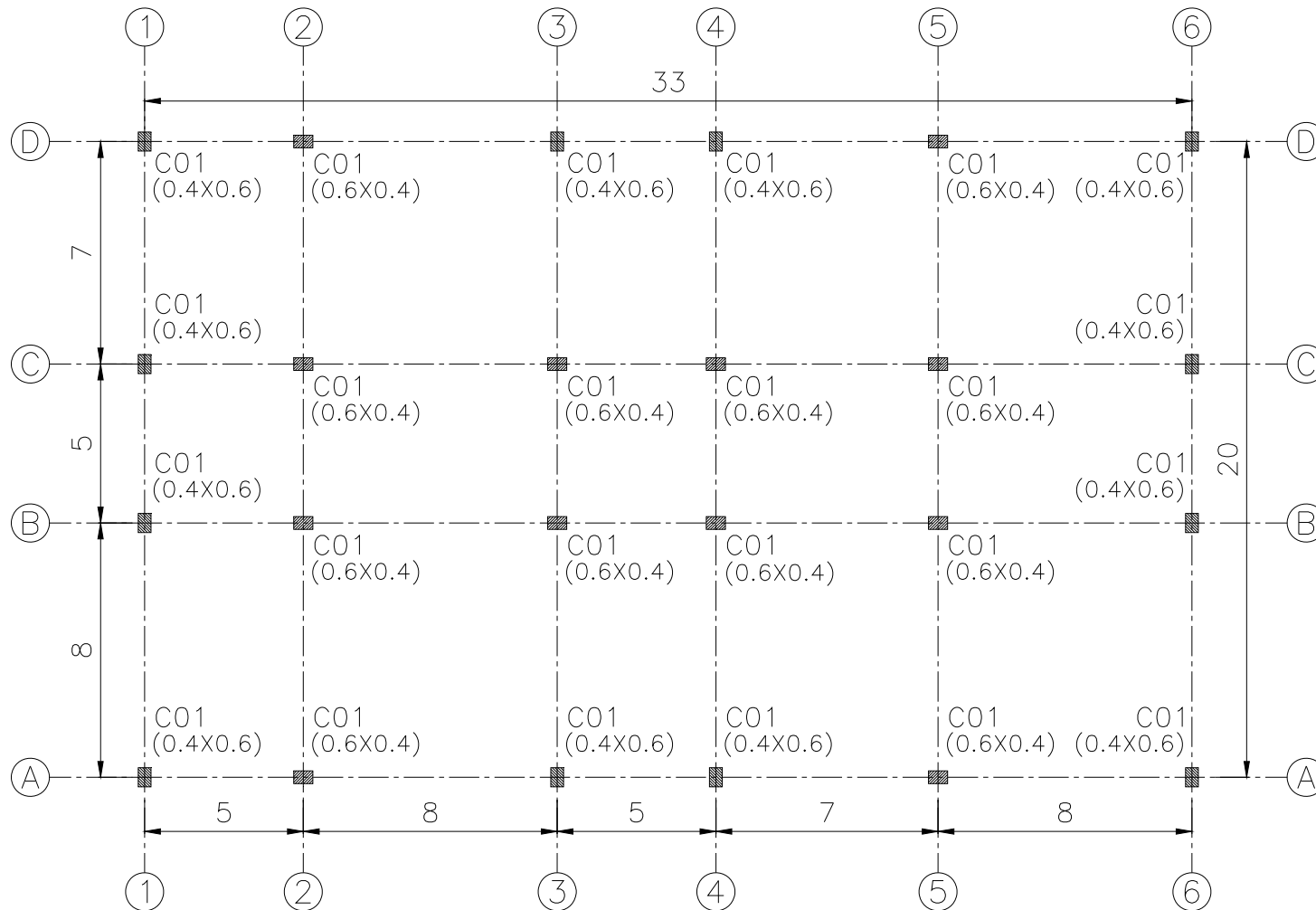
Nomenclatura:

- Identificación de estructuras: 3P = 3 pisos, 6P = 6 pisos, 12P = 12 pisos.
- Identificación de modelos: Ejemplo 12P-MS-Y, significa en la estructura de 12 pisos, mediante análisis modal espectral en la dirección Y.
- FHE: Fuerza horizontal equivalente.
- MS: Análisis modal espectral.
- MC-ASCE: Análisis modal cronológico por ASCE 7 (2016).
- MC-AIS: Análisis modal cronológico por AIS (2017).
- % Var máx: Porcentaje de variación máximo entre la condición flexible sobre la condición empotrada.

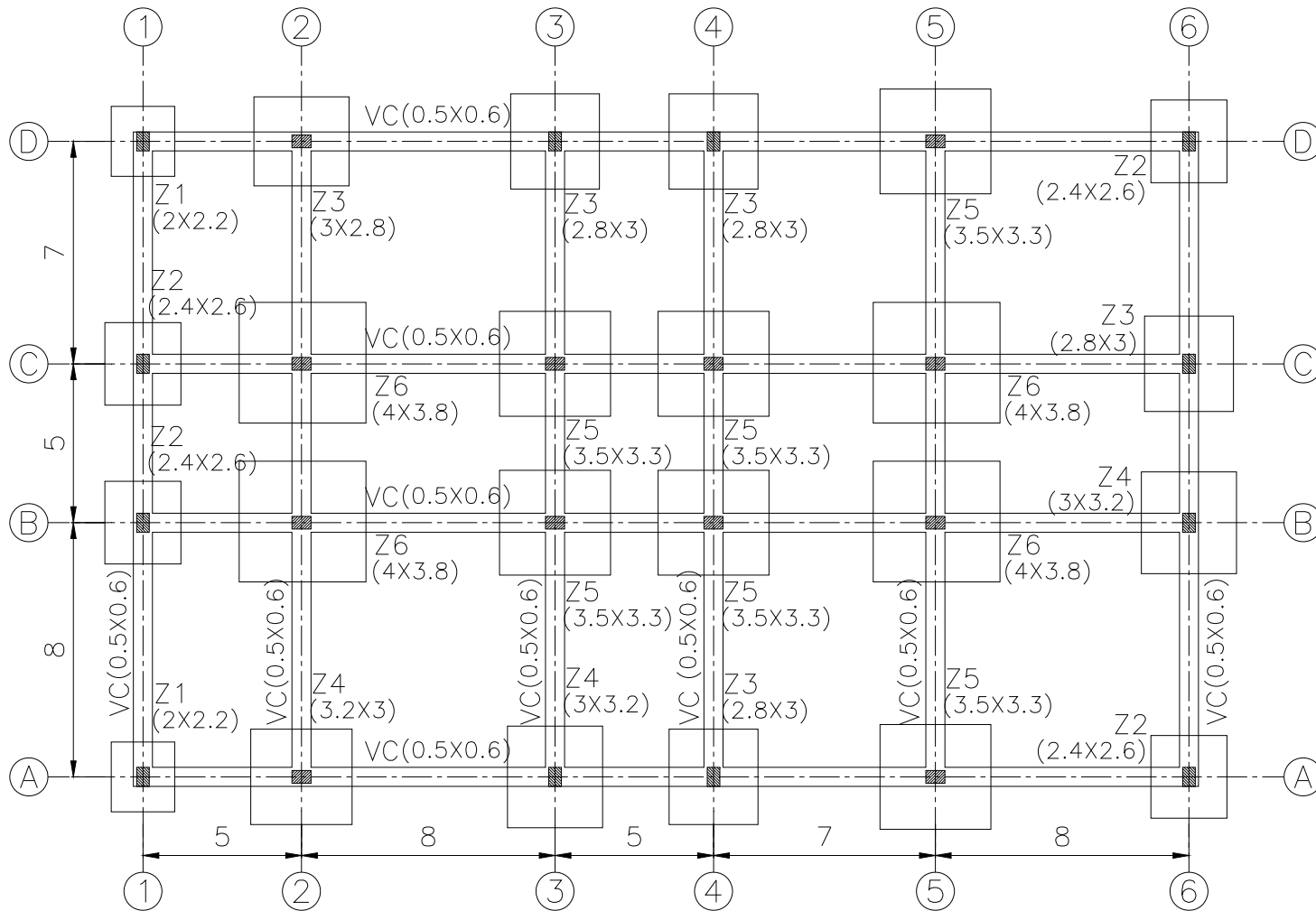
$$\% \text{ Var máx.} = \frac{\text{Dato Flexible} - \text{Dato empotrado}}{\text{Dato empotrado}}$$

- Mod: Modelo matemático.
- Vs, Vbs: Cortante sísmico.
- B*L: Factor de amortiguación del cimiento con respecto al suelo.
- ks1, ks2: Rigidez inicial y de post-fluencia para el ensayo de placa sin corregir.
- Kse, Ksi: Modulo de reacción inicial y de post-fluencia para el ensayo de placa.
- Sa, Sd: Aceleración y desplazamiento espectrales (espectros de capacidad).

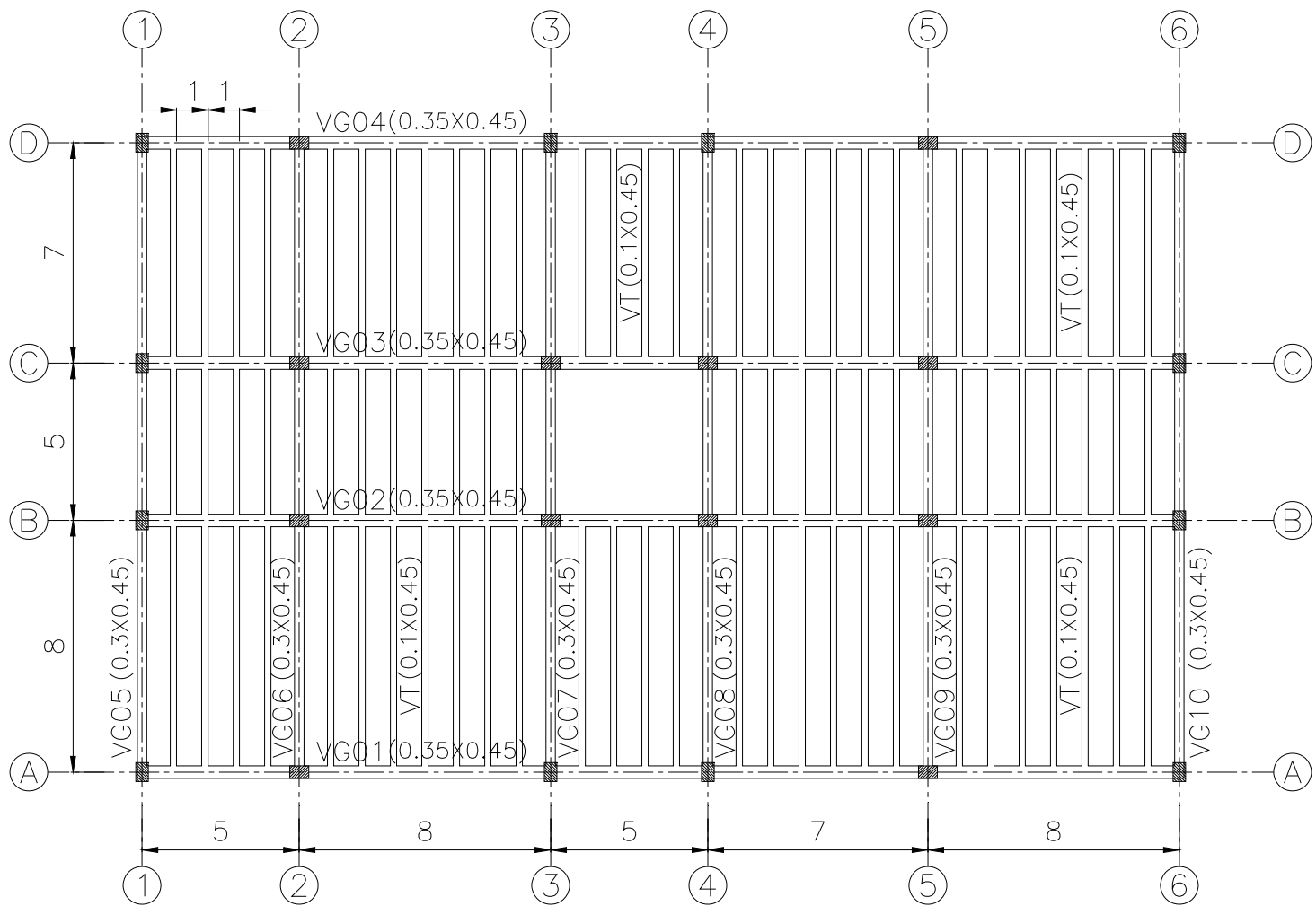
ANEXO 1 Planos estructurales - 3P



Localización de columnas – Edificio de 3 pisos

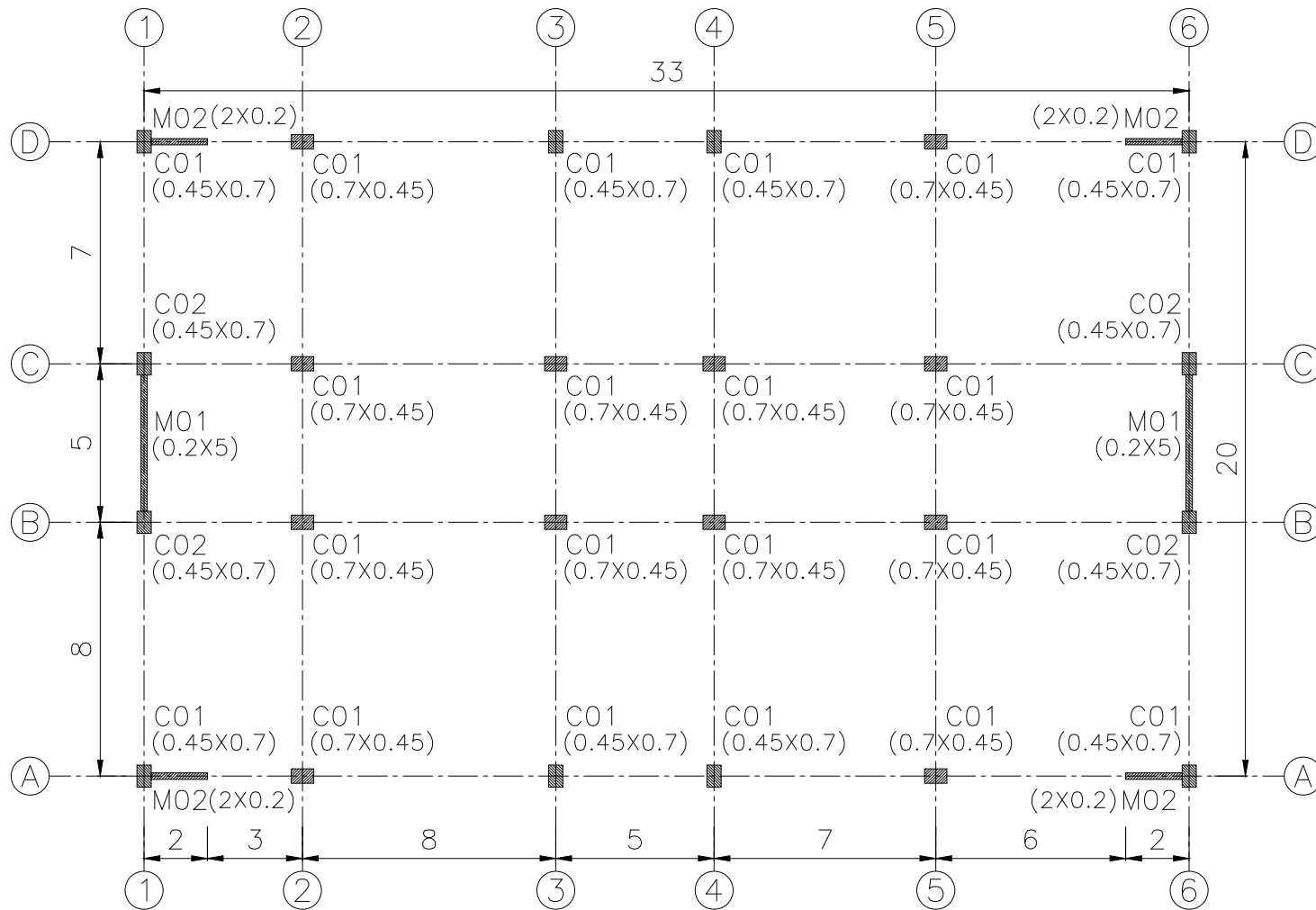


Planta de cimentación – Zapatas aisladas más vigas de amarre – 3P

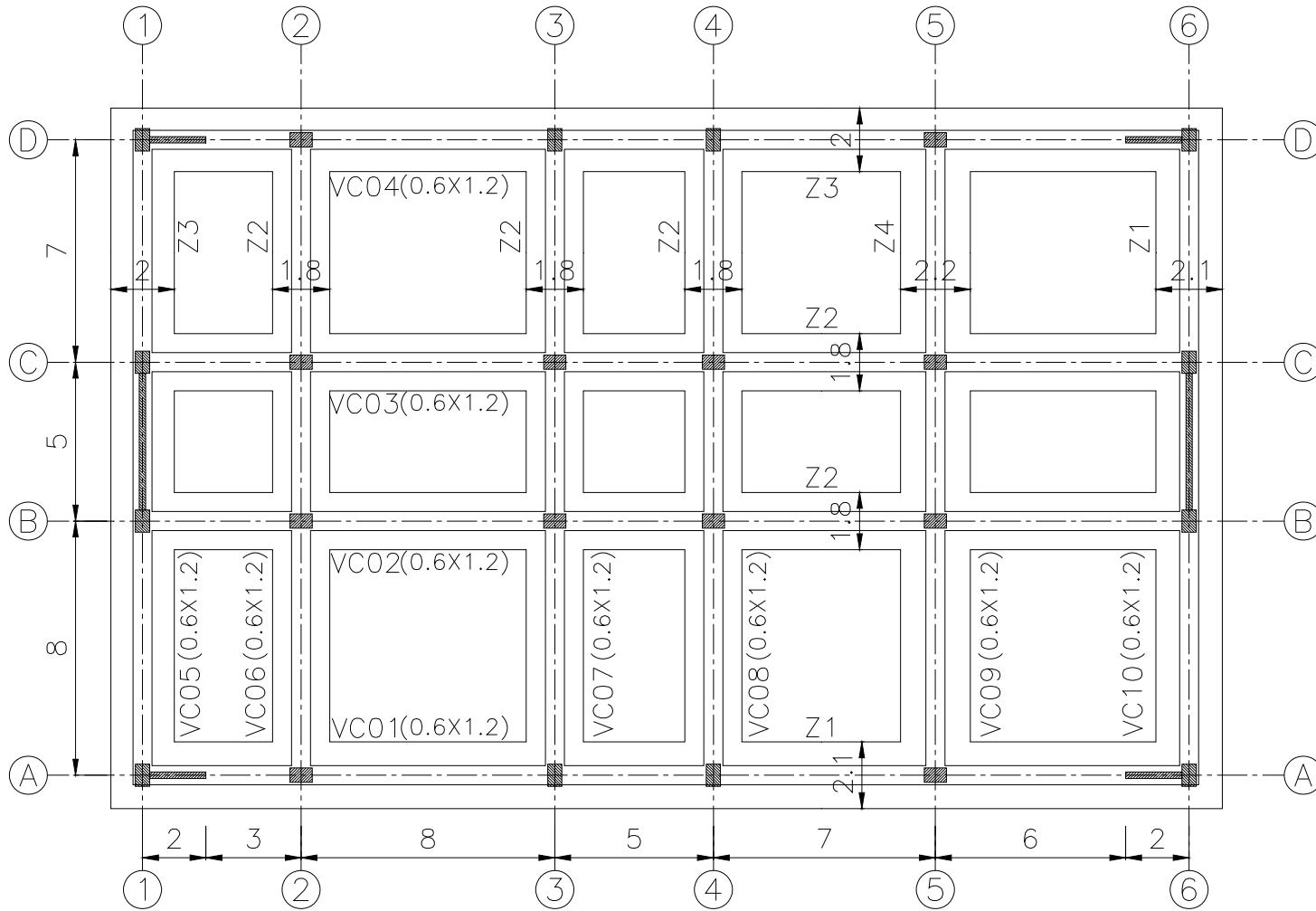


Planta de piso tipo – Sistema de losa aligerada con torta superior únicamente – 3P

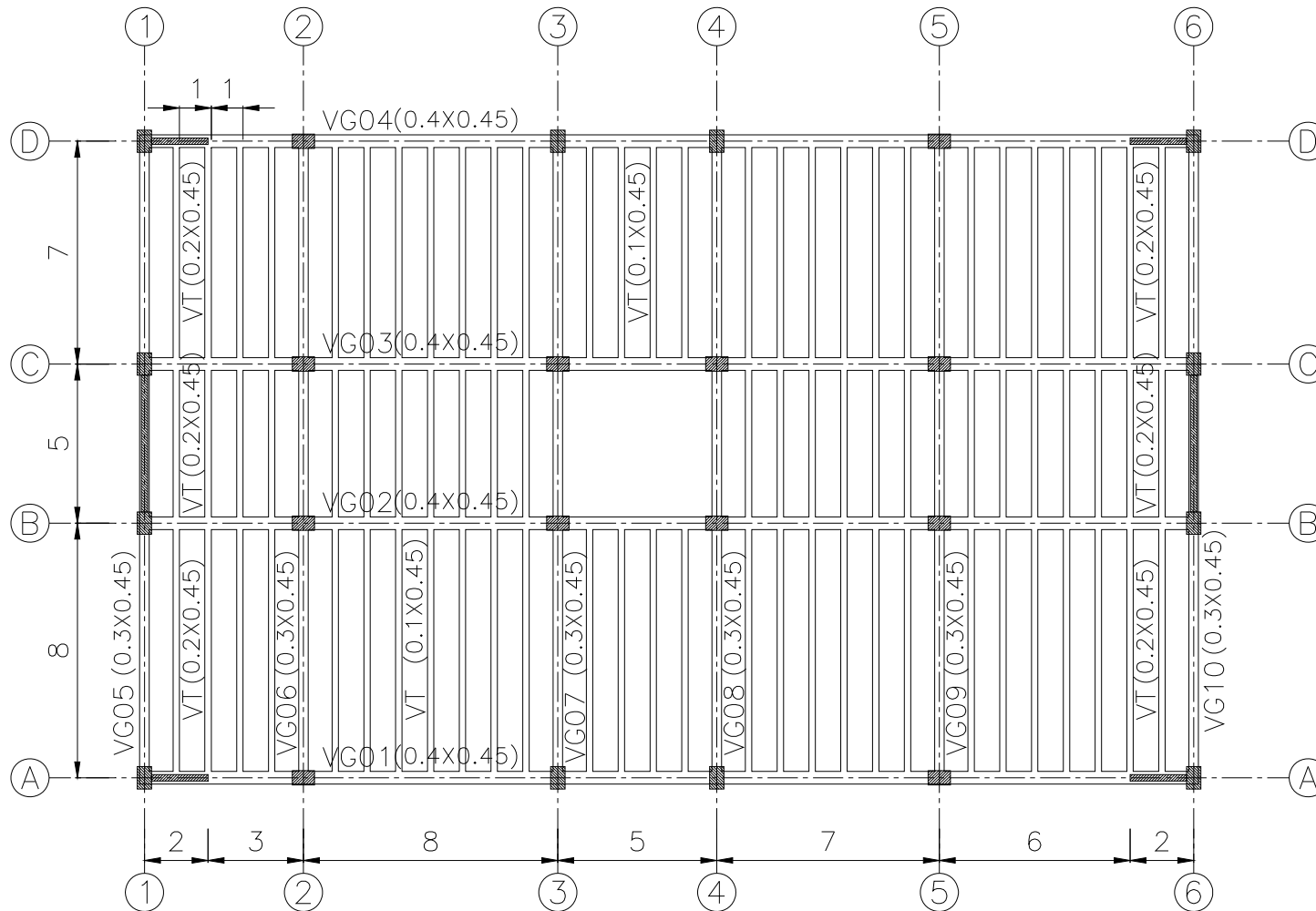
ANEXO 2 Planos estructurales - 6P



Localización de columnas – Edificio de 6 pisos

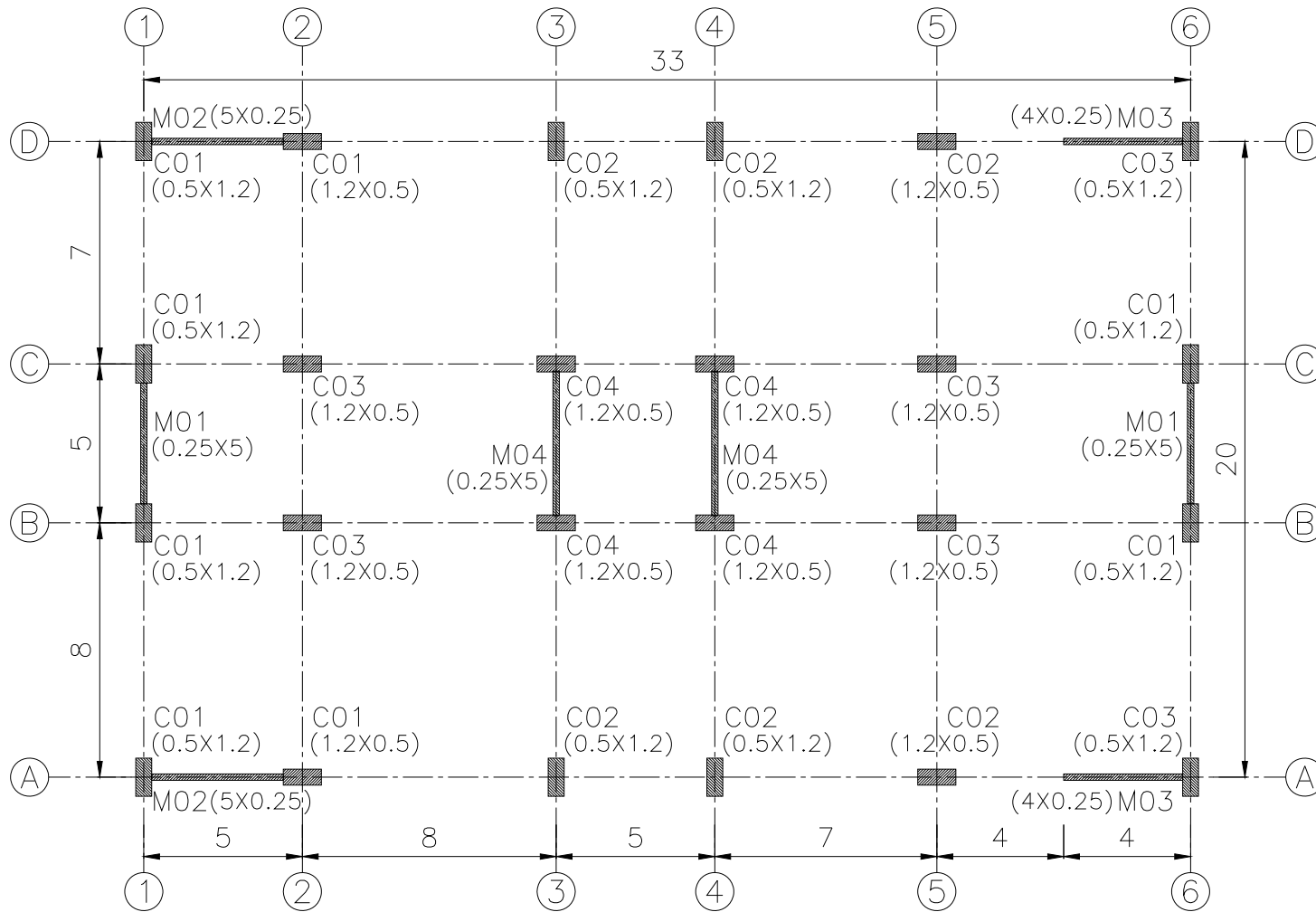


Planta de cimentación – Zarpas corridas con viga T invertida – 6P

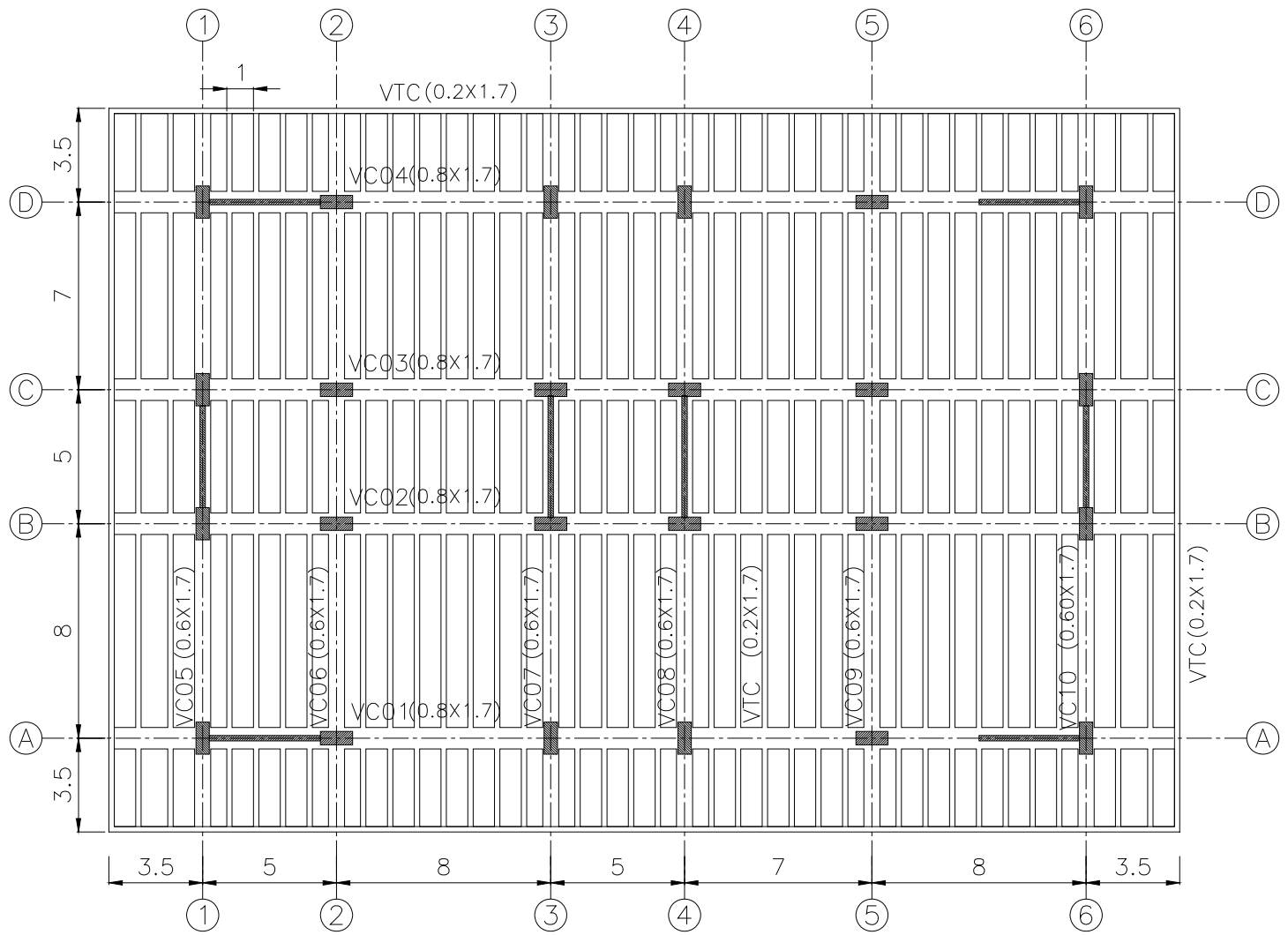


Planta de piso tipo – Sistema de losa aligerada con torta superior únicamente – 6P

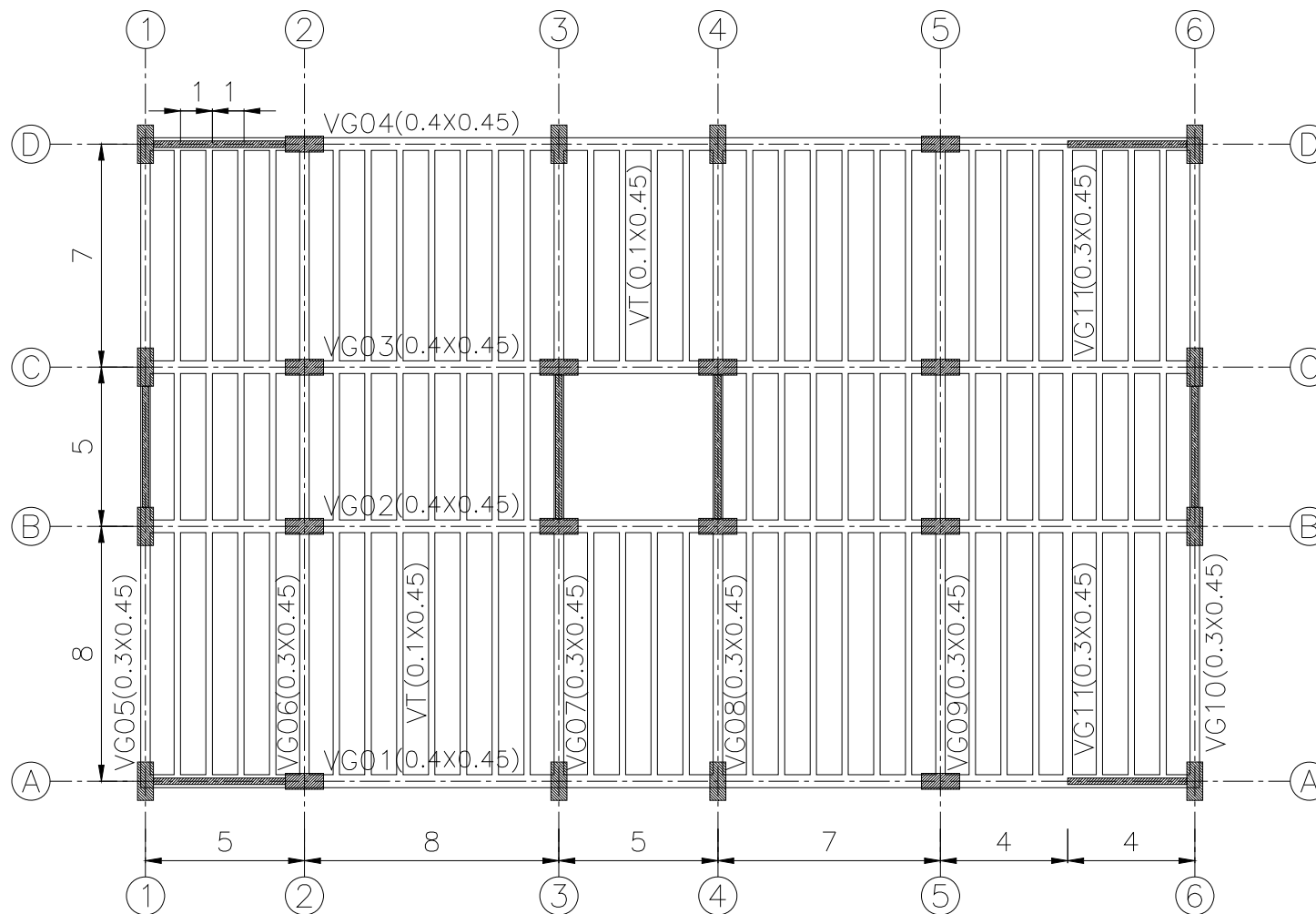
ANEXO 3 Planos estructurales - 12P



Localización de columnas – Edificio de 12 pisos



Planta de cimentación – Losa aligerada con voladizos en ambas direcciones 12P



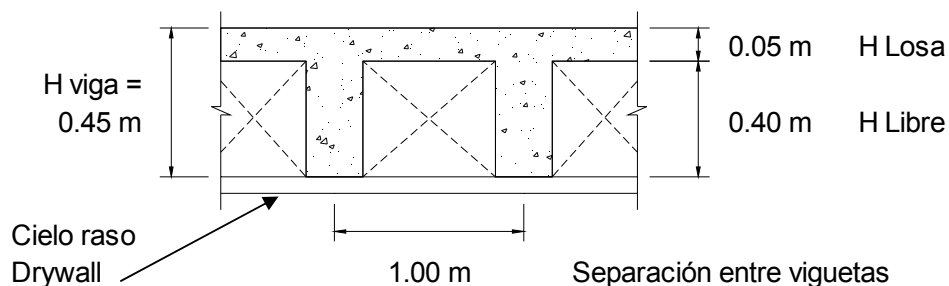
Planta de piso tipo – Sistema de losa aligerada con torta superior únicamente – 12P

ANEXO 4 Avalúo de cargas

AVALÚO DE CARGAS Piso Tipo - Losa aligerada

1. Datos de entrada:

Ancho viguetas = 0.10 m
Espesor acabados = 0.05 m



2. Materiales:

Concreto = 24 kN/m³
Acabados = 22 kN/m³ Peso específico

3. Cargas muertas:

Losa superior = 1.20 kN/m ²	=	(0.05X24)
Viguetas = 0.96 kN/m ²	=	(0.4X0.1X24)/1
Acabados = 1.10 kN/m ²	=	(0.05X22)
Cielo raso = 0.25 kN/m ²		Drywall
Casetones = 0.00 kN/m ²		
Particiones livianas = 0.70 kN/m ²		
Muros divisorios = 1.20 kN/m ²		
<u>Subtotal = 5.41 kN/m²</u>		

3. Cargas vivas:

Carga de piso = 2.00 kN/m² Oficinas

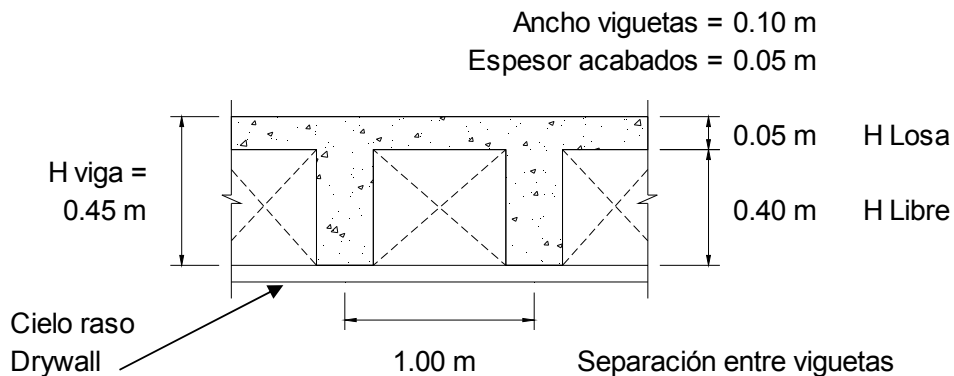
4. Cargas últimas: (El modelo matemático incluye peso de viguetas y losa)

$W_u (1.2D+1.6L) = 9.69 \text{ kN/m}^2$	=	$(1.2 \times 5.41 + 1.6 \times 2)$
Muerta = 3.25 kN/m ²		Para modelo matemático
Viva = 2.00 kN/m ²		

AVALÚO DE CARGAS

Cubierta - Losa aligerada

1. Datos de entrada:



2. Materiales:

Concreto = 24 kN/m ³	Peso específico
Acabados = 22 kN/m ³	

3. Cargas muertas:

Losa superior = 1.20 kN/m ²	=	(0.05X24)
Viguetas = 0.96 kN/m ²	=	(0.4X0.1X24)/1
Acabados = 1.10 kN/m ²	=	(0.05X22)
Cielo raso = 0.25 kN/m ²		Drywall
Casetones = 0.00 kN/m ²		
Impermeabilización = 0.25 kN/m ²		
Muros divisorios = 0.00 kN/m ²		
Subtotal = 3.76 kN/m ²		

3. Cargas vivas:

Carga de piso = 1.80 kN/m² Cubierta no transitable

4. Cargas últimas: (El modelo matemático incluye peso de viguetas y losa)

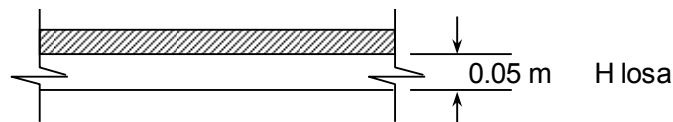
W _u (1.2D+1.6L) = 7.39 kN/m ²	=	(1.2X3.76+1.6X1.8)
Muerta = 1.60 kN/m ²		Para modelo matemático
Viva = 1.80 kN/m ²		

ANEXO 5 Diseño de losa maciza aérea para entresijos

DISEÑO DE LOSAS

Losa aérea piso tipo y cubierta

1. Datos de entrada:



Espesor acabados = 0.05 m

Peso específico concreto = 24 kN/m³

Peso específico acabados = 22 kN/m³

2. Avalúo de cargas:

Peso propio de losa = 1.20 kN/m² (0.05x24)

Peso propio acabados = 1.10 kN/m² (0.05x22)

Peso muros divisorios y particiones = 1.90 kN/m²

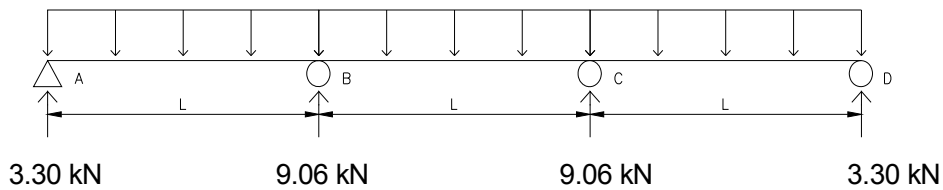
Subtotal carga muerta = 4.20 kN/m²

Carga viva = 2.0 kN/m²

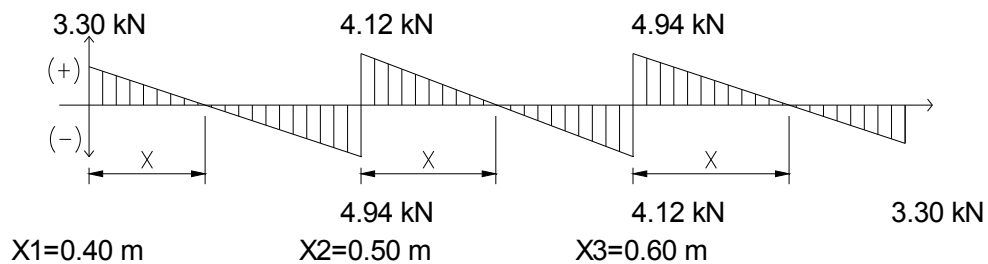
Carga última de diseño = 8.24 kN/m² (1.2x4.2+1.6x2)

3. Diagrama de cargas (Qu):

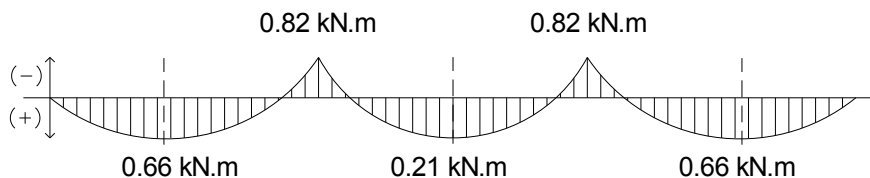
w = 8.24 kN/m



4. Diagrama de cortantes (Vu):



5. Diagrama de momentos (Mu):



6. Revisión a flexión:

$\phi =$	0.90		
$F'c =$	21 MPa	ρ mínima =	0.0018
$Fy =$	420 MPa	As min =	0.90 cm ²
b (ancho) =	1.00 m		
d' (+ recubrimiento) =	0.025 m	As sumin inf =	0.84 cm ²
d =	0.025 m	As sumin sup =	1.06 cm ²
L =	1.00 m	As total =	1.90 cm ² OK

$Mu(+)$ =	0.66 kN.m	$\rho =$	0.002889	As req =	0.72 cm ² OK
As sumin principal =	Malla	4.00 mm	0.84 cm ²	C/0.15	
As adicional =	Barra	0.00 mm	0.00 cm ²	C/0.15	
			0.84 cm ²		

$Mu(-)$ =	0.82 kN.m	$\rho =$	0.003645	As req =	0.91 cm ² OK
As sumin principal =	Malla	4.50 mm	1.06 cm ²	C/0.15	
As adicional =	Barra	0.00 mm	0.00 cm ²	C/0.15	
			1.06 cm ²		

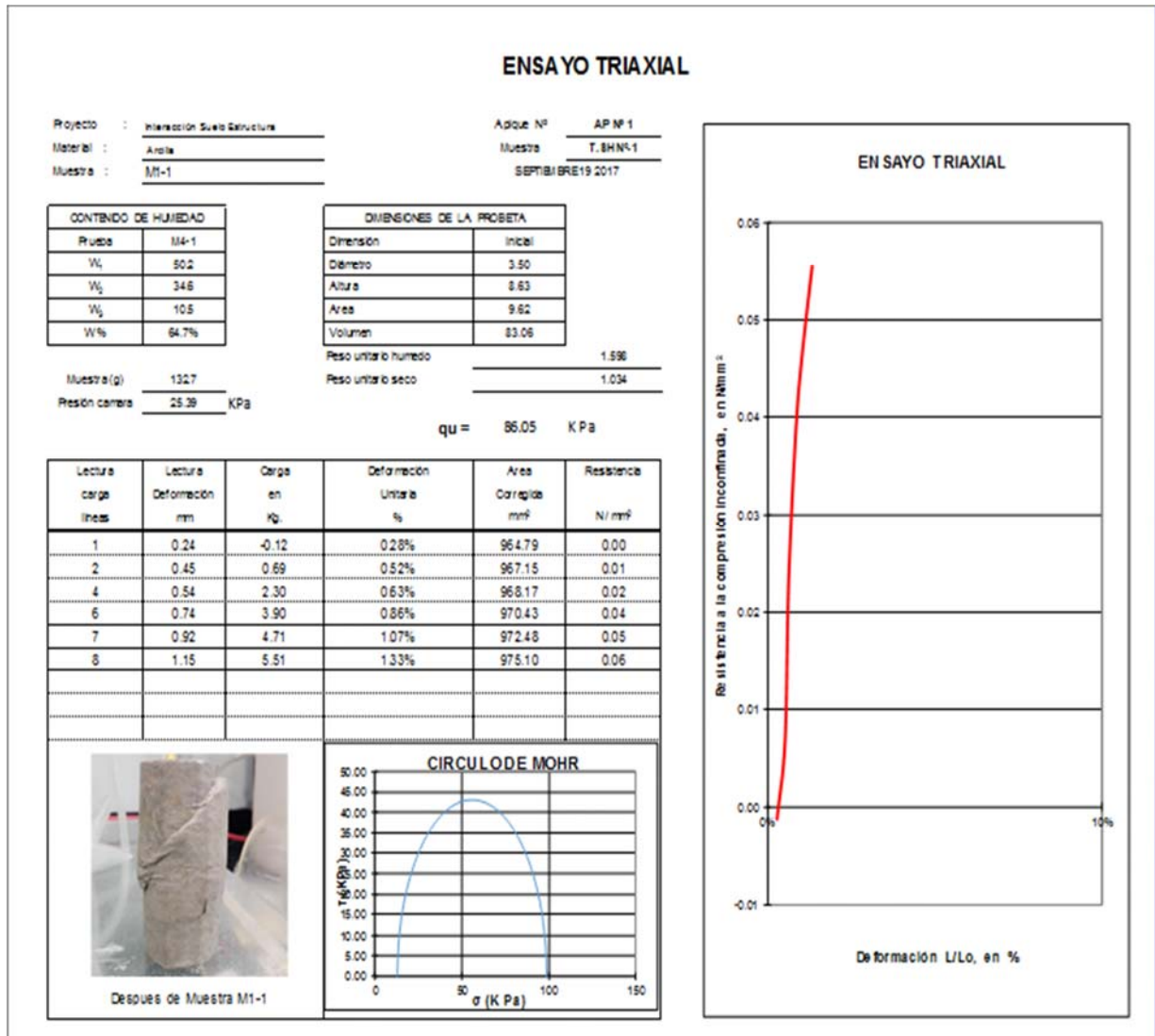
7. Revisión a cortante:

$\phi =$	0.75		
$\phi Vc =$	14.32 kN > Vu	$\phi Vc =$	573 kN/m ² > Vu
Vu =	4.94 kN	Vu =	198 kN/m ² OK

8. Resumen:

* Usar losa 5cm, con una sola malla centrada M-106 (4.5mm C/0.15m) en la dirección principal y una malla M-084 (4.0mm C/0.15m) de repartición en la dirección perpendicular por retracción.

ANEXO 6 Ensayos de muestras de suelo - triaxial no consolidado no drenado (UU)



ENSAYO TRIAXIAL

Proyecto : Interacción Suelo Estructura
 Material : Arcilla
 Muestra : M2-1

Aolue Nº AP Nº 1
 Muestra T. BHN-1
 SEPTIEMBRE 19 2017

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Puede	M4-2
W _i	64.9
W _L	42.7
W _p	7.2
W %	62.5%

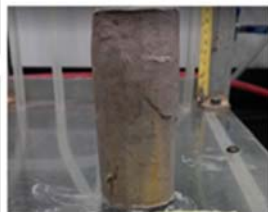
DIMENSIONES DE LA PRUEBA.	
Dimensión	Inicial
Diámetro	3.50
Altura	8.43
Area	9.62
Volumen	81.15

Muestra (g) 133.3
 Resón cámara 75.00 KPa

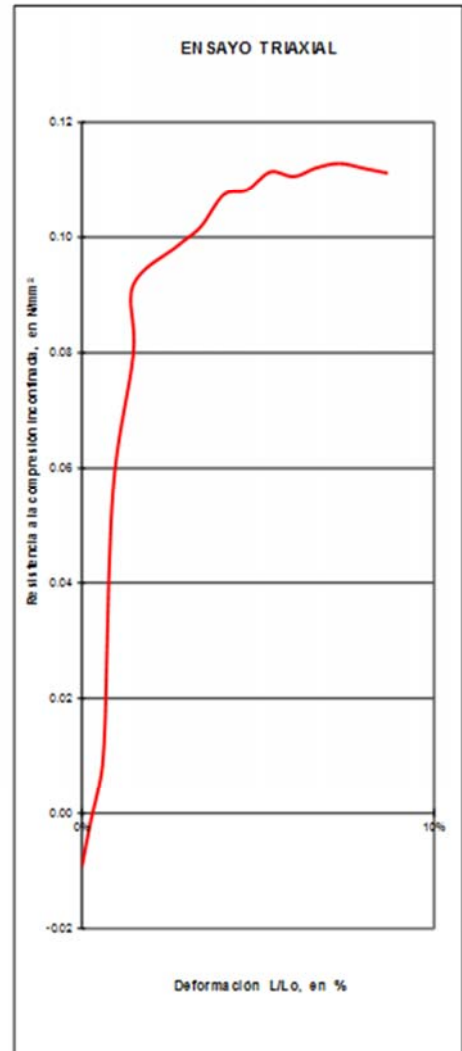
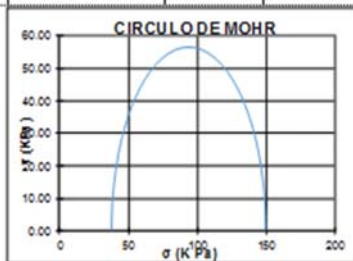
Peso unitario húmedo 1.643
 Peso unitario seco 1.027

qu = 112.81 KPa

Lectura carga lineal	Lectura Deformación mm	Carga en Kg.	Deformación Unitaria %	Area Corregida mm ²	Resistencia N / mm ²
0	0	-0.92	0.00%	962.11	-0.01
1	0.22	-0.12	0.26%	964.63	0.00
2	0.47	0.69	0.56%	967.50	0.01
3	0.55	1.49	0.65%	968.43	0.02
8	0.74	5.51	0.88%	970.63	0.06
11	1.23	7.92	1.46%	976.35	0.08
12.5	1.23	9.13	1.46%	976.35	0.09
13.5	2.3	9.93	2.73%	989.08	0.10
14	2.85	10.33	3.38%	995.76	0.10
14.8	3.4	10.97	4.03%	1.002.52	0.11
15	3.96	11.13	4.69%	1.009.51	0.11
15.5	4.51	11.54	5.35%	1.016.46	0.11
15.5	5.08	11.54	6.02%	1.023.77	0.11
15.8	5.62	11.78	6.66%	1.030.79	0.11
16	6.17	11.94	7.32%	1.038.05	0.11
16	6.75	11.94	8.00%	1.045.81	0.11
16	7.3	11.94	8.65%	1.053.27	0.11



Después de Muestra M2-1



ENSAYO TRIAXIAL

Proyecto : Interacción Suelo Estructura
 Material : Acilta
 Muestra : M3-1

Apique N° : AP N° 1
 Muestra : T.SHN-1
 SEPTIEMBRE 19 2017

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Prueba	M4-2
W ₁	24.6
W ₂	17.4
W ₃	6.7
W%	67.3%

DIMENSIONES DE LA PROBETA	
Dimensión	Inicial
Diámetro	3.50
Altura	8.47
Area	9.62
Volumen	81.50

Muestra (g) : 136.4
 Presión cámara : 75.00 KPa

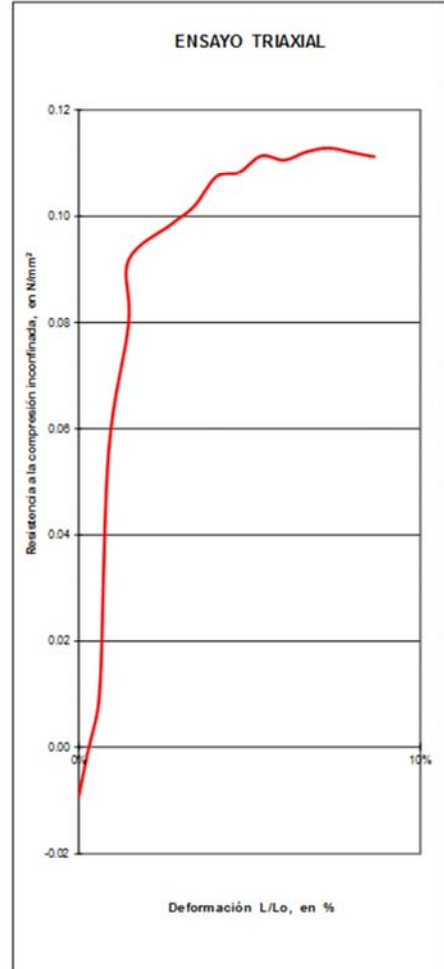
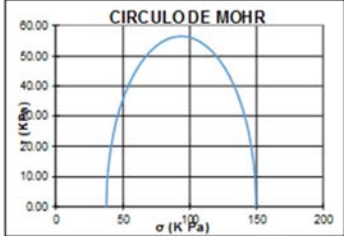
Peso unitario húmedo : 1.674
 Peso unitario seco : 1.126

$qu = 43.05 \text{ K Pa}$

Lectura carga líneas	Lectura Deformación mm	Carga en Kg	Deformación Unitaria %	Area Corregida mm ²	Resistencia N/mm ²
0	0	-0.92	0.00%	962.11	-0.01
1	0.22	-0.12	0.26%	964.63	0.00
2	0.47	0.69	0.56%	967.50	0.01
3	0.55	1.49	0.65%	968.43	0.02
8	0.74	5.51	0.88%	970.63	0.06
11	1.23	7.92	1.46%	976.35	0.08
12.5	1.23	9.13	1.46%	976.35	0.09
13.5	2.3	9.93	2.73%	989.08	0.10
14	2.85	10.33	3.38%	995.76	0.10
14.8	3.4	10.97	4.03%	1,002.52	0.11
15	3.96	11.13	4.69%	1,009.51	0.11
15.5	4.51	11.54	5.35%	1,016.46	0.11
15.5	5.08	11.54	6.02%	1,023.77	0.11
15.8	5.62	11.78	6.66%	1,030.79	0.11
16	6.17	11.94	7.32%	1,038.05	0.11
16	6.75	11.94	8.00%	1,045.81	0.11
16	7.3	11.94	8.65%	1,053.27	0.11



Después de Muestra M3-1



ANEXO 7 Espectro de microzonificación sísmica - 3P

ESPECTRO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

Edificio 3 pisos

1. Datos de entrada con análisis de base empotrada:

Tipo de análisis = Modal espectral
Grupo de uso = II Oficinas
I = 1.1 Coeficiente de importancia
Clasificación del suelo = Bogotá Lacustre 200
Zona de amenaza sísmica = Intermedia
Sistema estructural = Pórticos de concreto reforzado
Aa = 0.15
Av = 0.20
To = 0.39 s Periodo inicial
Tc = 1.87 s Periodo corto
TL = 4.00 s Periodo largo
Fa = 1.20
Fv = 3.50
H = 9.6 m Altura edificio
Ta = $C_t * (h)^\alpha$ Periodo aproximado
Ct = 0.047
 $\alpha = 0.90$
Ta = 0.36 s
Cu = 1.2
CuTa = 0.43 s Máximo periodo

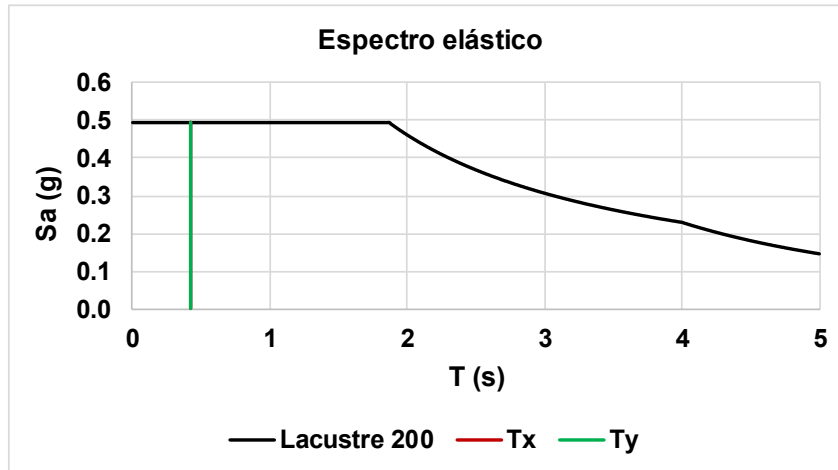
2. Periodos de vibración para análisis:

Periodo estructural Tx = 0.54 s Análisis con programa de cálculo
Periodo estructural Ty = 0.60 s Análisis con programa de cálculo
Periodo estructural Tx = 0.43 s Máximo para FHE
Periodo estructural Ty = 0.43 s Máximo para FHE

3. Revisión por resonancia:

Periodo del suelo = 2.5 s - 3.5 s
% de evaluación = 10%
Rango inferior = 2.25 s
Rango superior = 3.85 s
Revisión Tx = OK Fuera del rango
Revisión Ty = OK Fuera del rango

4. Espectro elástico de diseño:



5. Parámetros de diseño:

Sax =	0.495 g	Para Tx = 0.43 s
Say =	0.495 g	Para Ty = 0.43 s
Kx =	1.00	Coef amplificación FHE
Ky =	1.00	Coef amplificación FHE
Ro x =	5.0	Coef básico de disipación
Ro y =	5.0	Coef básico de disipación
$\Phi_a x =$	1	Irregularidad en altura
$\Phi_a y =$	1	Irregularidad en altura
$\Phi_p x =$	1	Irregularidad en planta
$\Phi_p y =$	1	Irregularidad en planta
$\Phi_r x =$	1	Irregularidad por redundancia
$\Phi_r y =$	1	Irregularidad por redundancia
Rx =	5.0	Coef diseño de disipación
Ry =	5.0	Coef diseño de disipación

ANEXO 8 Periodos de vibración - 3P

PERIODOS DE VIBRACIÓN

Edificio 3 pisos

1. Resumen para 9 modos:

Periodo de vibración (s)					
Modo	Dirección	Empotrado	K1	K2	K3
1	X	0.60	0.81	0.74	1.30
2	Y	0.54	0.73	0.66	1.05
3	Z	0.50	0.68	0.62	0.81
4	X	0.17	0.21	0.20	0.24
5	Y	0.16	0.19	0.18	0.22
6	Z	0.15	0.18	0.17	0.19
7	X	0.09	0.10	0.10	0.10
8	Y	0.09	0.09	0.09	0.10
9	Z	0.08	0.08	0.08	0.08

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.				
Modo	Dirección	K1	K2	K3
1	X	35	23	117
2	Y	35	22	94
3	Z	37	24	62

ANEXO 9 Fuerza horizontal equivalente - 3P

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Edificio 3 pisos

1. Dirección X base empotrada:

$T_x = 0.43$ s $S_{ax} = 0.495$ g $V_{sx} = 6212$ kN
 $K_x = 1.00$ West = 12550 kN

Nivel	H _i (m)	H _x (m)	W _x (kN)	W _x *(H _x) ^{k_x}	C _{v_x}	Fix (kN)
CUB	3.2	9.6	3338	32040	0.420	2610
P3	3.2	6.4	4606	29481	0.387	2402
P2	3.2	3.2	4606	14741	0.193	1201
$\Sigma =$			12550	76262	1.00	6212

2. Dirección Y base empotrada:

$T_y = 0.43$ s $S_{ay} = 0.495$ g $V_{sy} = 6212$ kN
 $K_y = 1.00$ West = 12550 kN

Nivel	H _i (m)	H _y (m)	W _y (kN)	W _y *(H _y) ^{k_y}	C _{v_y}	F _y (kN)
CUB	3.2	9.6	3338	32040	0.420	2610
P3	3.2	6.4	4606	29481	0.387	2402
P2	3.2	3.2	4606	14741	0.193	1201
$\Sigma =$			12550	76262	1.00	6212

ANEXO 10 Diseño de cimentación - zapatas - 3P

DISEÑO DE ZAPATAS

Edificio 3 pisos

1. Datos de entrada: Zapata Z6

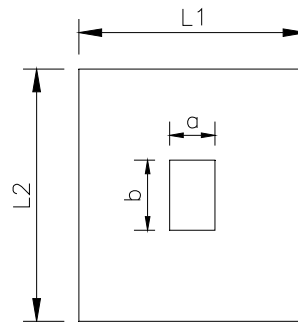
a col = 0.40 m	F'c = 21 MPa
b col = 0.60 m	Fy = 420 MPa
Recubrim inf = 0.075 m Libres	γ conc = 24 kN/m ³
Recubrim lateral = 0.075 m Libres	$\lambda = 1$

σ admisible = 10.17 t/m² (99.8 kN/m²)

2. Cargas y dimensionamiento:

P axial trabajo = 1215 kN (121.5 t)
Peso cimiento % = 17.5%
Peso cimiento = 213 kN (21.3 t)
$\Sigma = 1428$ kN
A requerida = 14.30 m ²
Volumen requerido = 8.86 m ³
H estimado = 0.62 m

σ act = 94 kN/m ²	OK
Área final = 15.2 m ²	OK
σ neto = 80 kN/m ²	
F.M = 1.5	Mayoración
σ ult = 120 kN/m ²	



L estimado = 3.78 m	Cuadrado
L2 = 3.88 m	Largo
L1 = 3.68 m	Corto
L2 final = 4.00 m	Largo
L1 final = 3.80 m	Corto

3. Revisión cortante:

Voladizo = 0.60 m	Columna
H zapata = 0.55 m	Nominal
d = 0.45 m	

3.1 Cortante en una dirección:

$\Phi = 0.75$	
$\Phi V_c = 982.0$ kN	$\Phi V_c = \Phi \lambda \sqrt{f_c} b^* d / 6$
$V_u (d/2) = 671.8$ kN OK	$V_u = \sigma_{ult} * A_{corte}$

3.2 Cortante en dos direcciones o punzonamiento:

$$V_u(d/2) = 1715 \text{ kN} < \text{Min a, b o c} \quad V_u = \sigma_{ult} * A_{\text{corte}}$$

a) Geometría de la carga

$$\begin{aligned} \beta &= 1.50 \\ b_o &= 3.80 \text{ m} \\ \Phi V_c &= 2294.2 \text{ kN OK} \end{aligned} \quad \Phi V_c = \frac{\Phi * \lambda * \sqrt{f_c} * b * d * (1 + 2/\beta)}{6}$$

b) Posición geométrica

$$\begin{aligned} \alpha_s &= 40 \\ \Phi V_c &= 3315.0 \text{ kN OK} \end{aligned} \quad \Phi V_c = \frac{\Phi * \lambda * \sqrt{f_c} * b * d * (2 + \alpha_d/b)}{12}$$

c) Agotamiento del concreto

$$\Phi V_c = 1966.4 \text{ kN OK} \quad \Phi V_c = \frac{\Phi * \lambda * \sqrt{f_c} * b * d}{3}$$

4. Revisión por flexión:

$$\begin{aligned} \Phi &= 0.90 \\ M_u &= 658 \text{ kN.m} \\ \rho_{\text{min}} &= 0.0020 \text{ Nominal} \\ \rho_{\text{requerida}} &= 0.00232 \\ \rho &= 0.00232 \\ A_s &= 39.7 \text{ cm}^2 \\ \Phi \text{ db Refuerzo} &= \# 5 \\ A_{\text{db}} &= 1.99 \text{ cm}^2 \end{aligned} \quad M_u = \frac{\sigma_{ult} * (L^2) * L_z}{2}$$

5. Resumen:

$$\begin{aligned} \# \text{ barras} &= 20 \quad \# 5 \quad C/ 0.20 \text{ m} \\ \text{Volumen final} &= 8.80 \text{ m}^3 \text{ OK} \\ \text{Peso cemento \%} &= 17.38\% \end{aligned}$$

6. Transmisión de esfuerzos de la columna a la zapata:

a) Resistencia al aplastamiento en la base de la columna

$$\begin{aligned} \Phi &= 0.65 \\ f_c \text{ col} &= 21 \text{ MPa} \\ P_u &= 1823 \text{ kN} \\ \Phi P_{nb} &= 2784.6 \text{ kN OK} \end{aligned} \quad \begin{aligned} P_u &= 1.5 * P \\ \Phi P_{nb} &= \Phi * 0.85 * f_c * A_{\text{col}} \end{aligned}$$

b) Resistencia al aplastamiento de la zapata

$$A1 = 0.24 \text{ m}^2$$

$$A2 = 7.28 \text{ m}^2$$

$$\sqrt{A2/A1} = 2 \leq 2$$

$$\Phi P_{nb} = 5569.2 \text{ kN OK}$$

c) Longitud de desarrollo del refuerzo de la columna a tracción

Φ db Refuerzo col = # 6 diámetro mas grande en la sección

$$H \text{ zapata} = 0.55 \text{ m}$$

$$H \text{ viga} = 0.60 \text{ m}$$

$$L_d = 0.50 \text{ m OK}$$

7. Resumen diseño de zapatas:

Siguiendo el mismo procedimiento se obtienen los diseños de todas las zapatas de cimentación:

Tipo	Punto Cim	Lx (m)	Ly (m)	H (m)	Refuerzo (X,Y)	% Peso Cim
Z1	1,19	2	2.2	0.30	#4 C/0.30	12%
Z2	6,7,13,24	2.4	2.6	0.30	#4 C/0.20	12%
Z3	4,18,20, 21,22	3	2.8	0.35	#4 C/0.15	12%
Z4	2,3,12	3.2	3	0.4	#4 C/0.15	15%
Z5	5,9,10 15,16,23	3.5	3.3	0.45	#5 C/0.20	15%
Z6	8,11,14,17	4	3.8	0.55	#5 C/0.20	17%

ANEXO 11 Cargas y esfuerzos sobre el suelo - 3P

ESFUERZOS SOBRE EL SUELO

Edificio 3 pisos

1. Datos de entrada cargas en cimentación:

Base Cim	Coord X (m)	Coord Y (m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	X*Fz (kN*m)	Y*Fz (kN*m)
1	0	0	10.5	22.7	304	0	0
2	5	0	19.0	47.8	697	3486	0
3	13	0	-16.9	52.9	691	8983	0
4	18	0	10.7	49.5	630	11331	0
5	25	0	8.8	55.2	788	19705	0
6	33	0	-31.3	33.6	447	14760	0
7	0	8	16.2	-14.4	449	0	3591
8	5	8	28.6	-28.3	1069	5346	8554
9	13	8	-36.5	-33.5	917	11925	7339
10	18	8	25.0	-31.8	830	14933	6637
11	25	8	13.8	-32.6	1215	30375	9720
12	33	8	-47.9	-20.9	672	22188	5379
13	0	13	15.0	7.9	419	0	5453
14	5	13	26.6	18.0	986	4930	12819
15	13	13	-34.4	23.1	835	10856	10856
16	18	13	23.7	22.0	754	13578	9806
17	25	13	12.8	20.8	1120	27989	14554
18	33	13	-44.6	12.0	626	20656	8137
19	0	20	9.4	-18.3	278	0	5557
20	5	20	17.0	-36.6	627	3134	12537
21	13	20	-15.1	-41.4	623	8094	12452
22	18	20	9.6	-38.8	568	10221	11356
23	25	20	7.9	-42.3	708	17696	14157
24	33	20	-27.9	-26.6	405	13378	8108
$\Sigma =$			0	0	16658	273563	167010

2. Revisión de esfuerzos:

Centro de cargas X = 16.42 m Excentricidad X = -0.01 m
 Centro de zapatas X = 16.43 m
 Centro de cargas Y = 10.03 m Excentricidad Y = -0.09 m
 Centro de zapatas Y = 10.12 m
 Area zapatas (Az) = 235 m² Peso zapatas (Pz) = 10.3 kN/m²

σ terreno = 81.2 kN/m² (FZ/Az+Pz)
 σ admisible = 99.8 kN/m² **OK**

ANEXO 12 Refuerzo de elementos estructurales - 3P

REFUERZO EN ELEMENTOS

Edificio 3 pisos

1. Refuerzos en vigas:

Vg	Nivel	Ref	Eje 1	CL	Eje 2	CL	Eje 3	CL	Eje 4	CL	Eje 5	CL	Eje 6
01 04	P2 P3	S	3#6	3#6	3#6 3#6 ()	3#6	3#6 3#6 ()	3#6	3#6 3#6 ()	3#6	3#6 3#6 ()	3#6	3#6 3#6 ()
		I	3#5	3#5	3#7	3#7	3#7	3#6	3#7	3#6	3#7	3#7	3#7
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
01 04	CUB	S	3#6	3#5	3#5 3#5 ()	3#5	3#5 3#5 ()	3#5	3#5 3#5 ()	3#5	3#5 3#5 ()	3#5	3#5 3#5 ()
		I	3#5	3#5	3#6	3#6	3#6	3#5	3#6	3#5	3#6	3#6	3#6
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
02 03	P2 P3	S	3#8	3#8	3#8 3#7 ()	3#8	3#8 3#7 ()	3#8	3#8 3#7 ()	3#8	3#8 3#7 ()	3#8	3#8 3#7 ()
		I	3#5	3#5	3#7	3#7	3#7	3#6	3#7	3#6	3#7	3#7	3#7
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
02 03	CUB	S	3#8	3#7	3#7 3#6 ()	3#6	3#6 3#6 ()	3#6	3#6 3#6 ()	3#6	3#7 3#6 ()	3#6	3#6 3#6 ()
		I	3#5	3#5	3#7	3#7	3#7	3#6	3#7	3#6	3#7	3#7	3#7
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10

Vg	Nivel	Ref	Eje A	CL	Eje B	CL	Eje C	CL	Eje D
05 06 07 08 09 10	P2 a CUB	S	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
		I	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10

2. Refuerzos en columnas:

Col	Ref	P2	P3	CUB
1	Lon	8#6 4#5	8#6 4#5	8#6 4#5
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10

Convenciones:

- () = Refuerzo en segunda fila para vigas
- S = Refuerzo superior en vigas
- I = Refuerzo inferior en vigas
- CL = Centro de luz entre ejes de vanos
- Es = Separación y diámetro estribo de refuerzo
- Lon = Refuerzo longitudinal en columnas

ANEXO 13 Rigidez del cimiento y módulo de reacción del suelo - 3P

RIGIDEZ DEL CIMIENTO Y MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO

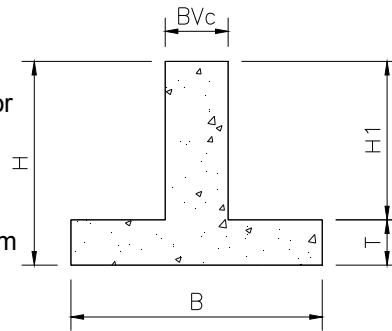
Edificio 3 pisos

Resumen rigidez cimientos:

Tipo	Lx (m)	Ly (m)	H (m)	K1 (kN/m3)	K2 (kN/m3)	K3 Inicial (kN/m3)	K3 P.fluencia (kN/m3)
Z1	2	2.2	0.3	3327	1969	1436	319
Z2	2.4	2.6	0.3	3327	1641	1252	278
Z3	3	2.8	0.35	3327	1407	1074	238
Z4	3.2	3	0.4	3327	1313	986	219
Z5	3.5	3.3	0.45	3327	1194	891	198
Z6	4	3.8	0.55	3327	1037	763	169

1. Datos de entrada:

H = 0.30 m	Altura cimiento
T = 0.30 m	Espesor losa inferior
B = 2.40 m	Ancho efectivo cim
H1 = 0.00 m	Altura libre
BVc = 0.50 m	Ancho de la viga
L = 2.00 m	Longitud efectiva cim
F'c = 21 MPa	Resistencia cim
Ec = 21538 MPa	(4700*√f'c)



2. Centroide y momento de inercia:

Sección	Área (m ²)	Y (m)	AY (m ³)	I (m ⁴)	(Y-Ycen) ² (m ²)	I total (m ⁴)
1 (BVc*H1)	0	0.3	0	0.00000	0.0225	0.00000
2 (B*T)	0.72	0.15	0.108	0.00540	0	0.00540
Σ=	0.72		0.108			0.00540

$$Y_{centr} = 0.15 \text{ m}$$

$$I_{sección} = 0.0054 \text{ m}^4$$

3. Factor de amortiguación del sistema cimiento-suelo (Hetenyi, 1979) :

$$K_s = 3327 \text{ kN/m}^3$$

$$\beta = 0.3620$$

$$\beta * L = 0.7239$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{B * K_s}{4 * E_c * I_c}}$$

Límites tipo de cimiento para $\beta * L$:

$$\pi/4 = 0.7854$$

Rígido si es menor

$$3\pi/8 = 1.1781$$

Intermedio

$$\pi/2 = 1.5708$$

Flexible si es mayor

Variar T para $\Delta = 0$

Rígido $\Delta_1 = -0.0615$

Intermedio $\Delta_2 = -0.4542$

Flexible $\Delta_3 = -0.8469$

4. Evaluación módulo de reacción del suelo:

A) K_s admisible aproximado (K_1):

$$\sigma_{adm} = 99.80 \text{ kN/m}^2$$

$$\bar{\delta}_{esp} = 0.03 \text{ m}$$

$$K_s = 3327 \text{ kN/m}^3$$

$$K_s = \frac{\sigma_{adm}}{\bar{\delta}_{esp}}$$

Límites de rigidez:

Rígido 0.27 m

Intermedio 0.16 m

Flexible 0.11 m

B) Considerando la flexibilidad del suelo y del cimiento (K2):

* ASCE 41 (2017):

$v = 0.33$	$K_s = \frac{1.3G}{B(1-v)}$	Límites de rigidez: Rígido 0.21 m Intermedio 0.12 m Flexible 0.08 m
$E_s = 5400 \text{ kN/m}^2$		
$G = 2030 \text{ kN/m}^2$	$G = \frac{E_s}{2(1+v)}$	
$K_s = 1641 \text{ kN/m}^3$		

* A.S. Vesic (1961):

$v = 0.33$	$k_s = \frac{0.65}{B} * \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} * \left(\frac{E_s}{1-v^2} \right)$	Límites de rigidez: Rígido 0.22 m Intermedio 0.13 m Flexible 0.09 m
$E_s = 5400 \text{ kN/m}^2$		
$1/C_f = 0.674$	$\frac{1}{C_f} = 0.65 * \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}}$	
$K_s = 1701 \text{ kN/m}^3$		

* Manuel Delgado (1998):

$E_o = C_e * C_u$	$E_s = E_o * \left(\frac{(1+v)(1-2v)}{(1-v)} \right)$	Límites de rigidez: Rígido 0.20 m Intermedio 0.11 m Flexible 0.07 m
$v = 0.33$		
$C_u = 49.71 \text{ kN/m}^2$	$k_{s1} = \frac{E_o}{B_p} * \frac{1}{C_f} * \left(\frac{(1-2v)}{(1-v)^2} \right)$	
$C_e = 140$ Entre (80-140)		
$E_o = 6959 \text{ kN/m}^2$ Módulo edométrico	$K_s = k_{s1} \left(0.65 C_f \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} \right) \frac{B_p}{B}$	
$E_s = 4697 \text{ kN/m}^2$		
$1/C_f = 1.25$ Placa cuadrada		
$C_f = 0.800$		
$B_p = 0.30 \text{ m}$ Placa estándar		
$k_{s1} = 21963 \text{ kN/m}^3$		
$K_s = 1463 \text{ kN/m}^3$		

C) Curva fuerza-desplazamiento ensayo de placa (K3):

$B_p = 0.30 \text{ m}$	Placa circular	Límites de rigidez: Rígido 0.19 m Intermedio 0.10 m Flexible 0.06 m
$k_{s1} = 18587 \text{ kN/m}^3$	Inicial bilinealización	
$k_{s2} = 4126 \text{ kN/m}^3$	P. fluencia bilinealización	
$C_f = 0.800$		
$E_s = 5400 \text{ kN/m}^2$		
$K_{se1} = 1252 \text{ kN/m}^3$	Inicial	$K_s = k_{s(1 \text{ o } 2)} \left(0.65 C_f \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} \right) \frac{B_p}{B}$
$K_{si2} = 278 \text{ kN/m}^3$	post fluencia	

ANÁLISIS DE RESORTES

Edificio 3 pisos

1. Evaluación de rigidez:

A) Método elástico, (K1):

$$K_s = 3327 \text{ kN/m}^3$$

$$K_z = K \text{ traslación en Z}$$

$$K_{xx} = K \text{ rotacional en X}$$

$$K_{yy} = K \text{ rotacional en Y}$$

$$K_s = \frac{\sigma \text{ adm}}{\delta \text{ esp}}$$

$$K_z = K_s * A_z$$

$$K_{xx} = K_s * I_{xx}$$

$$K_{yy} = K_s * I_{yy}$$

B) Método rígido, ASCE 41-2017 (K2):

$$D = 1 \text{ m Prof. Embebido}$$

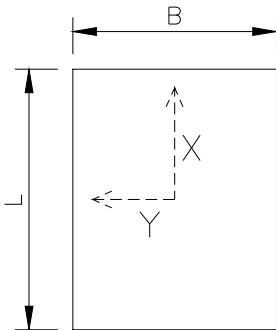
$$v = 0.33 \text{ Poisson}$$

X,Y = Coordenadas para L>B

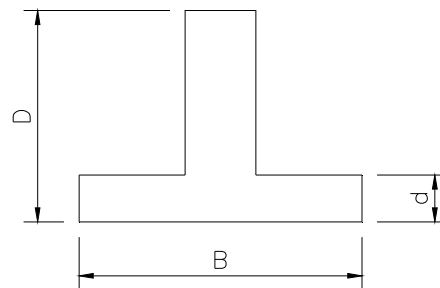
$$E_s = 5400 \text{ kN/m}^2$$

$$G = 2030 \text{ kN/m}^2$$

β = Factor de embebido
(z,xx,yy)



$$G = \frac{E_s}{2(1+v)}$$



$$K_z = \frac{GB}{(1-v)} \left[1.55 \left(\frac{L}{B} \right)^{0.75} + 0.8 \right]$$

$$B_z = \left[1 + \frac{1}{21} \frac{D}{B} \left(2 + 2.6 \frac{B}{L} \right) \right] \left[1 + 0.32 \left(\frac{d(B+L)}{BL} \right)^{2/3} \right]$$

$$K_{xx} = \frac{GB^3}{(1-v)} \left[0.4 \left(\frac{L}{B} \right) + 0.1 \right]$$

$$B_{xx} = 1 + 2.5 \frac{d}{B} \left[1 + \frac{2d}{B} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}} \right]$$

$$K_{yy} = \frac{GB^3}{(1-v)} \left[0.47 \left(\frac{L}{B} \right)^{2.4} + 0.034 \right]$$

$$B_{yy} = 1 + 1.4 \left(\frac{d}{L} \right)^{0.6} \left[1.5 + 3.7 \left(\frac{d}{L} \right)^{1.9} \left(\frac{d}{D} \right)^{-0.6} \right]$$

2. Resumen resortes método A y B:

Base Cim	Cimiento				K1			K2					
	Zap	Lx	Ly	d	Kz	Kxx	Kyy	β_z	Kz	β_{xx}	Kxx	β_{yy}	Kyy
1	Z1	2.0	2.2	0.30	14639	5904	4880	1.3	18781	1.7	25877	1.5	19784
2	Z4	3.2	3.0	0.40	31939	23954	27255	1.2	26679	1.4	61902	1.7	78788
3	Z4	3.0	3.2	0.40	31939	27255	23954	1.2	26679	1.7	78788	1.4	61902
4	Z3	2.8	3.0	0.35	27947	20960	18259	1.2	24944	1.6	63577	1.4	49417
5	Z5	3.5	3.3	0.45	38427	34872	39227	1.2	29150	1.4	82590	1.7	104168
6	Z2	2.4	2.6	0.30	20760	11695	9965	1.2	21732	1.6	41030	1.4	31454
7	Z2	2.4	2.6	0.30	20760	11695	9965	1.2	21732	1.6	41030	1.4	31454
8	Z6	4.0	3.8	0.55	50570	60853	67427	1.2	33348	1.5	127944	1.7	158965
9	Z5	3.5	3.3	0.45	38427	34872	39227	1.2	29150	1.4	82590	1.7	104168
10	Z5	3.5	3.3	0.45	38427	34872	39227	1.2	29150	1.4	82590	1.7	104168
11	Z6	4.0	3.8	0.55	50570	60853	67427	1.2	33348	1.5	127944	1.7	158965
12	Z4	3.0	3.2	0.40	31939	27255	23954	1.2	26679	1.7	78788	1.4	61902
13	Z2	2.4	2.6	0.30	20760	11695	9965	1.2	21732	1.6	41030	1.4	31454
14	Z6	4.0	3.8	0.55	50570	60853	67427	1.2	33348	1.5	127944	1.7	158965
15	Z5	3.5	3.3	0.45	38427	34872	39227	1.2	29150	1.4	82590	1.7	104168
16	Z5	3.5	3.3	0.45	38427	34872	39227	1.2	29150	1.4	82590	1.7	104168
17	Z6	4.0	3.8	0.55	50570	60853	67427	1.2	33348	1.5	127944	1.7	158965
18	Z3	2.8	3.0	0.35	27947	20960	18259	1.2	24944	1.6	63577	1.4	49417
19	Z1	2.0	2.2	0.30	14639	5904	4880	1.3	18781	1.7	25877	1.5	19784
20	Z3	3.0	2.8	0.35	27947	18259	20960	1.2	24944	1.4	49417	1.6	63577
21	Z3	2.8	3.0	0.35	27947	20960	18259	1.2	24944	1.6	63577	1.4	49417
22	Z3	2.8	3.0	0.35	27947	20960	18259	1.2	24944	1.6	63577	1.4	49417
23	Z5	3.5	3.3	0.45	38427	34872	39227	1.2	29150	1.4	82590	1.7	104168
24	Z2	2.4	2.6	0.30	20760	11695	9965	1.2	21732	1.6	41030	1.4	31454

C) Método elástico, (K3):

Zap	Cimiento		Ks (kN/m3)	
	B	L	Lineal	No Lineal
Z1	2	2.2	1436	319
Z2	2.4	2.6	1252	278
Z3	3	2.8	1074	238
Z4	3.2	3	986	219
Z5	3.5	3.3	891	198
Z6	4	3.8	763	169

Kz = K traslación en Z
 Kxx = K rotacional en X
 Kyy = K rotacional en Y

$K_z = K_s * A_z$
 $K_{xx} = K_s * I_{xz}$
 $K_{yy} = K_s * I_{yz}$

3. Resumen resortes método C:

Base Cim	Cimiento				K3-Lineal			K3-No Lineal		
	Zap	Lx	Ly	d	Kz	Kxx	Kyy	Kz	Kxx	Kyy
1	Z1	2.0	2.2	0.30	6318	2548	2106	1404	566	468
2	Z4	3.2	3.0	0.40	9466	7099	8077	2102	1577	1794
3	Z4	3.0	3.2	0.40	9466	8077	7099	2102	1794	1577
4	Z3	2.8	3.0	0.35	9022	6766	5894	1999	1499	1306
5	Z5	3.5	3.3	0.45	10291	9339	10505	2287	2075	2335
6	Z2	2.4	2.6	0.30	7812	4401	3750	1735	977	833
7	Z2	2.4	2.6	0.30	7812	4401	3750	1735	977	833
8	Z6	4.0	3.8	0.55	11598	13956	15463	2569	3091	3425
9	Z5	3.5	3.3	0.45	10291	9339	10505	2287	2075	2335
10	Z5	3.5	3.3	0.45	10291	9339	10505	2287	2075	2335
11	Z6	4.0	3.8	0.55	11598	13956	15463	2569	3091	3425
12	Z4	3.0	3.2	0.40	9466	8077	7099	2102	1794	1577
13	Z2	2.4	2.6	0.30	7812	4401	3750	1735	977	833
14	Z6	4.0	3.8	0.55	11598	13956	15463	2569	3091	3425
15	Z5	3.5	3.3	0.45	10291	9339	10505	2287	2075	2335
16	Z5	3.5	3.3	0.45	10291	9339	10505	2287	2075	2335
17	Z6	4.0	3.8	0.55	11598	13956	15463	2569	3091	3425
18	Z3	2.8	3.0	0.35	9022	6766	5894	1999	1499	1306
19	Z1	2.0	2.2	0.30	6318	2548	2106	1404	566	468
20	Z3	3.0	2.8	0.35	9022	5894	6766	1999	1306	1499
21	Z3	2.8	3.0	0.35	9022	6766	5894	1999	1499	1306
22	Z3	2.8	3.0	0.35	9022	6766	5894	1999	1499	1306
23	Z5	3.5	3.3	0.45	10291	9339	10505	2287	2075	2335
24	Z2	2.4	2.6	0.30	7812	4401	3750	1735	977	833

Convenciones:

Lx, Ly = Dimensiones globales del cimiento (m)

d = Altura del cimiento (m)

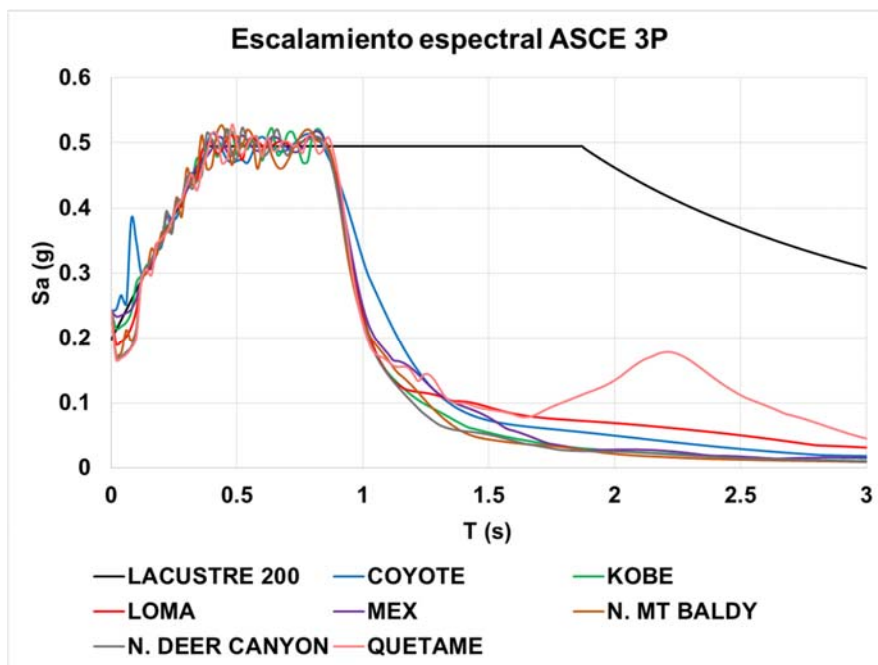
Kz = K traslación en Z (kN/m)

Kxx = K rotacional alrededor de X (kN.m)

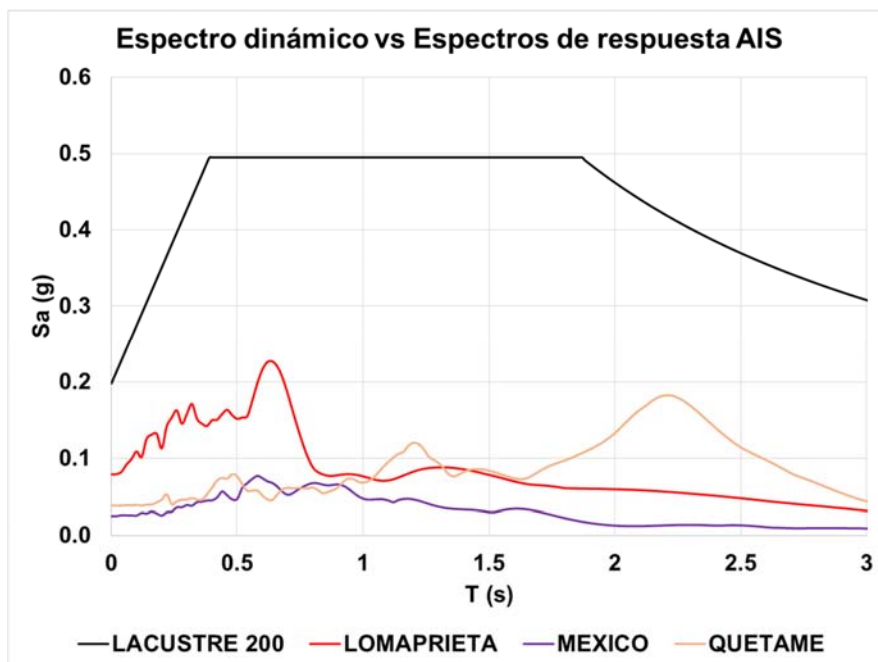
Kyy = K rotacional alrededor de Y (kN.m)

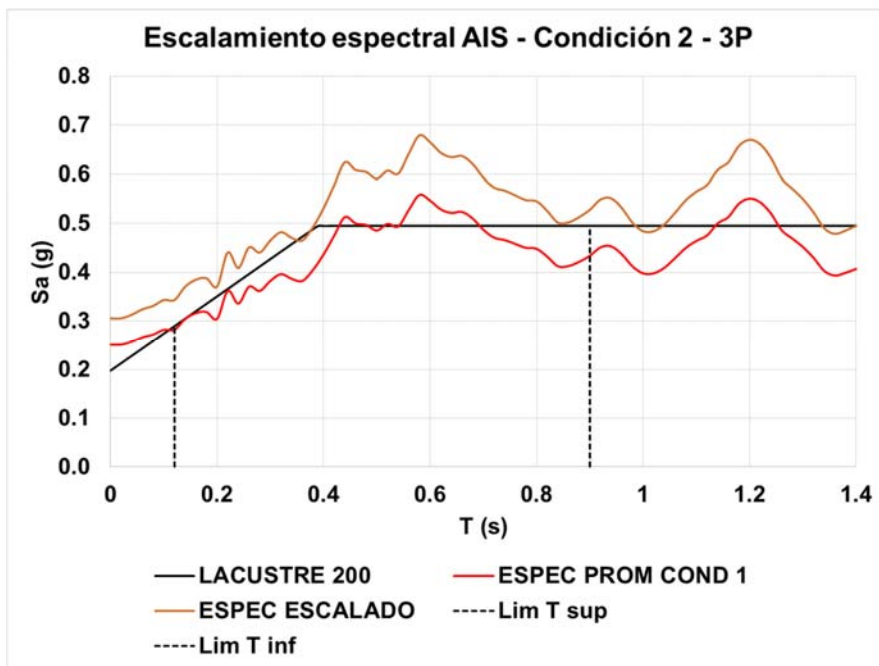
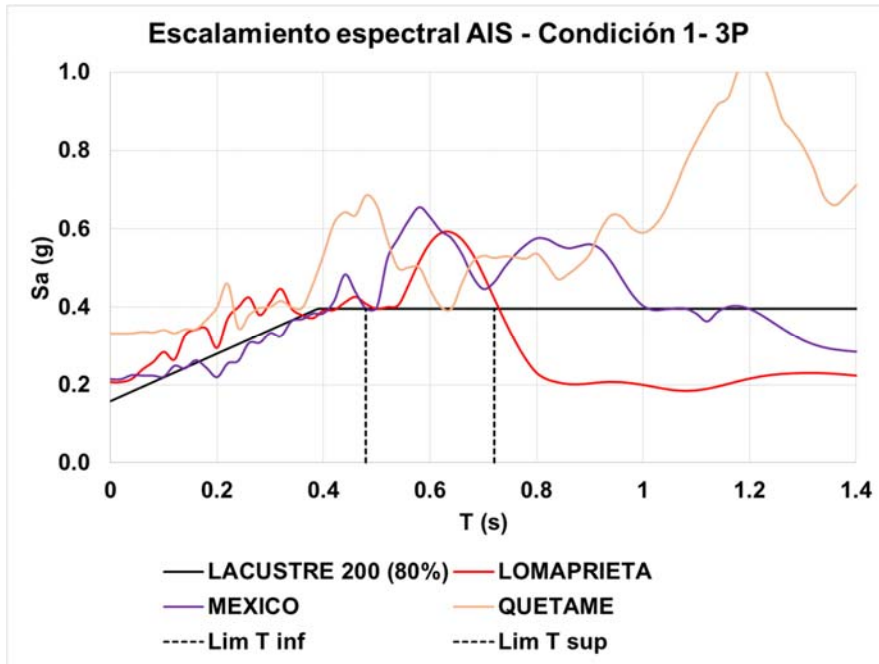
B, L = Dimensiones locales del cimiento (m)

ANEXO 15 Escalamiento espectral de registros ASCE - 3P



ANEXO 16 Escalamiento espectral de registros AIS - 3P





ANEXO 17 Derivas análisis elástico - 3P

DERIVAS
Edificio 3 pisos

1. Resumen deriva máxima de piso:

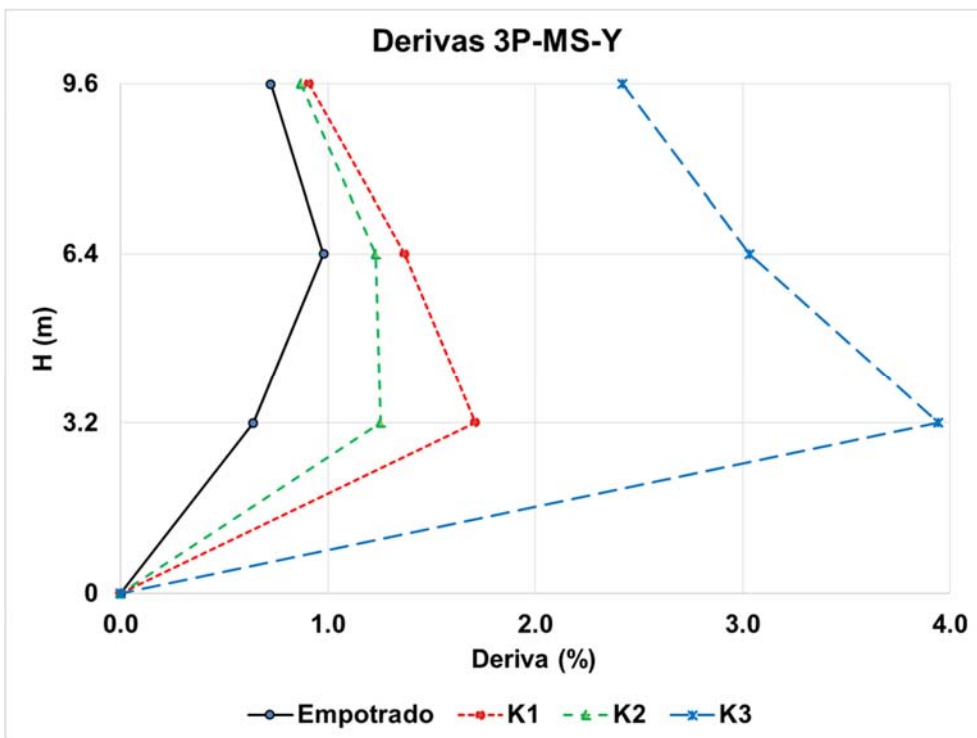
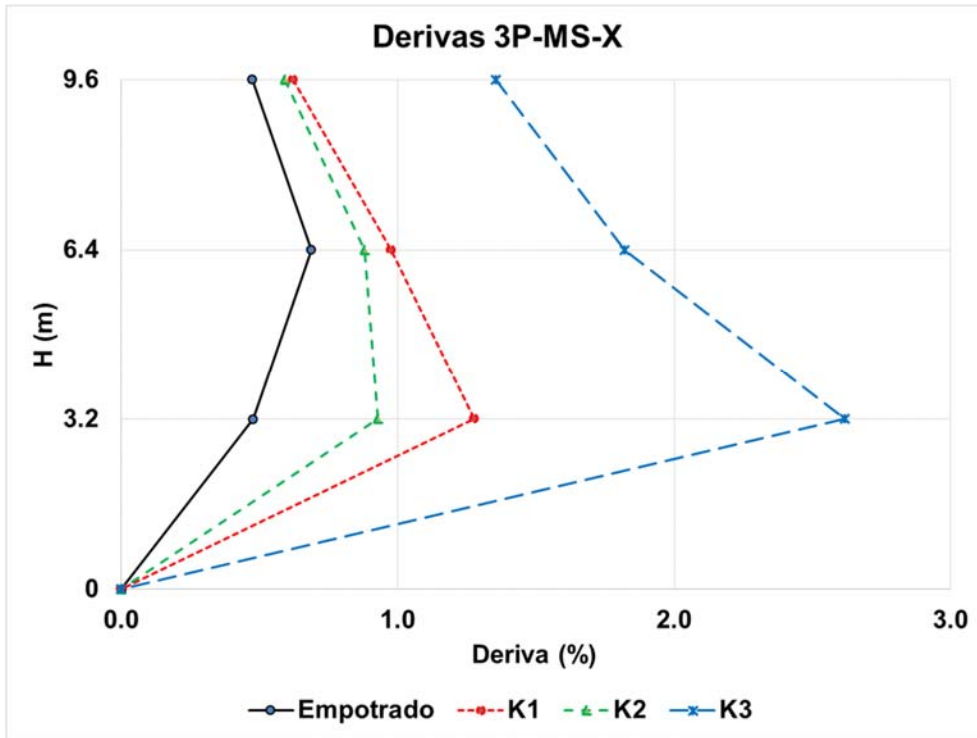
Deriva (%)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	0.76	1.07	1.35	1.80	1.00	1.35	2.82	4.38
MS	0.69	0.98	1.28	1.71	0.93	1.25	2.62	3.94
MC-CY	0.60	0.88	1.19	1.52	0.84	1.08	2.49	3.68
MC-KB	0.63	0.85	1.21	1.49	0.82	1.12	2.42	3.63
MC-LM	0.64	0.82	1.16	1.51	0.86	1.04	2.53	3.61
MC-MX	0.64	0.80	1.15	1.53	0.88	1.06	2.44	3.57
MC-MT	0.67	0.79	1.18	1.49	0.79	1.06	2.48	3.58
MC-DE	0.65	0.84	1.19	1.53	0.88	1.09	2.49	3.58
MC-QU	0.63	0.85	1.18	1.52	0.86	1.12	2.53	3.60
MC-ASCE	0.64	0.83	1.18	1.51	0.85	1.08	2.48	3.61
MCN-QU	0.75	0.94	1.54	1.95	1.03	1.41	4.13	7.29
MCN-LM	0.63	1.13	1.11	0.87	1.20	0.99	1.11	2.08
MCN-MX	0.90	1.32	1.40	2.08	1.11	1.27	2.44	2.82
MC-AIS	0.76	1.13	1.35	1.63	1.11	1.22	2.56	4.06

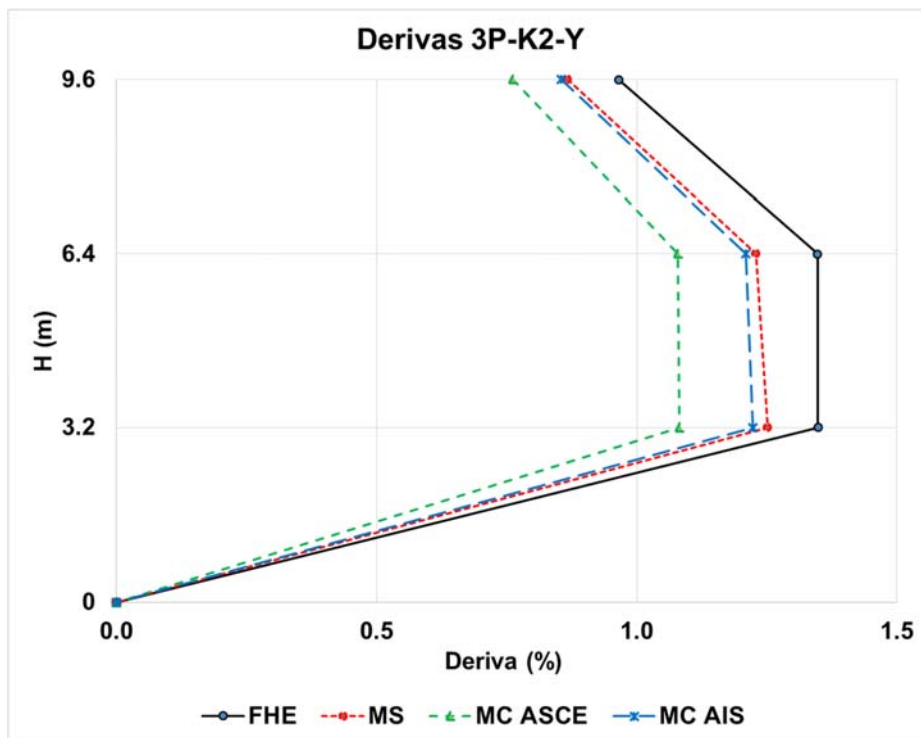
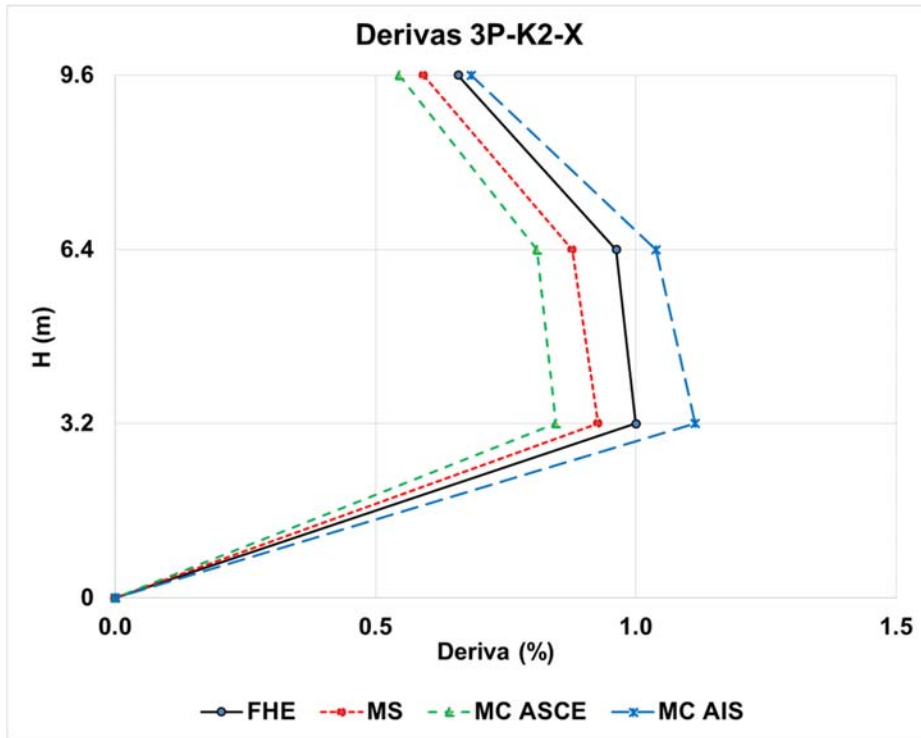
2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	77	68	31	26	269	309
MS	86	75	35	28	281	303
MC-ASCE	85	81	33	30	289	332
MC-AIS	77	44	46	8	236	259

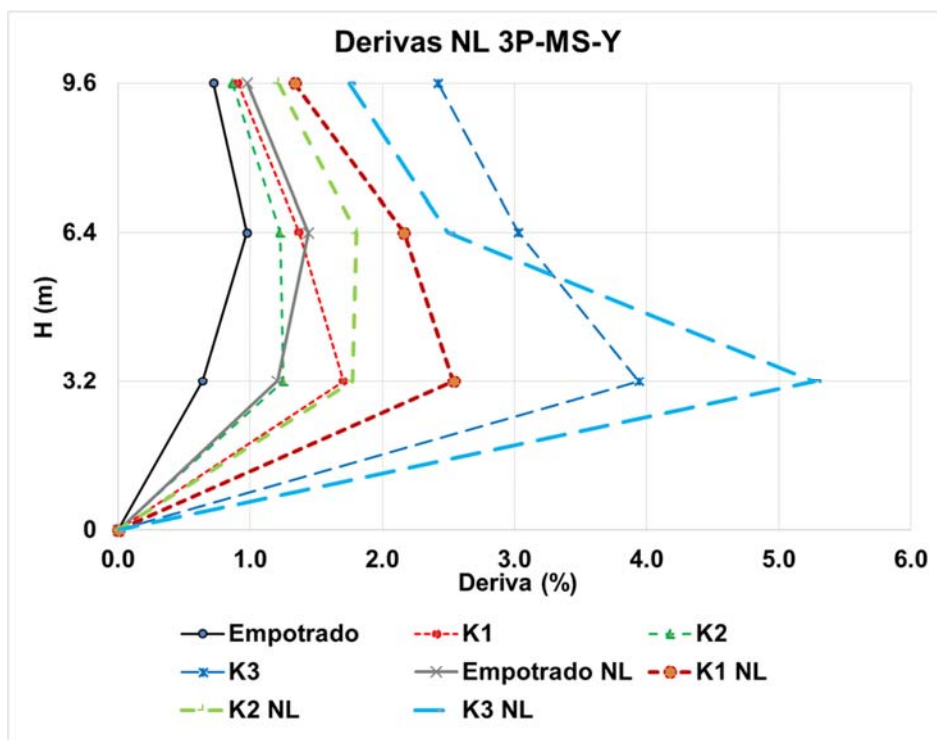
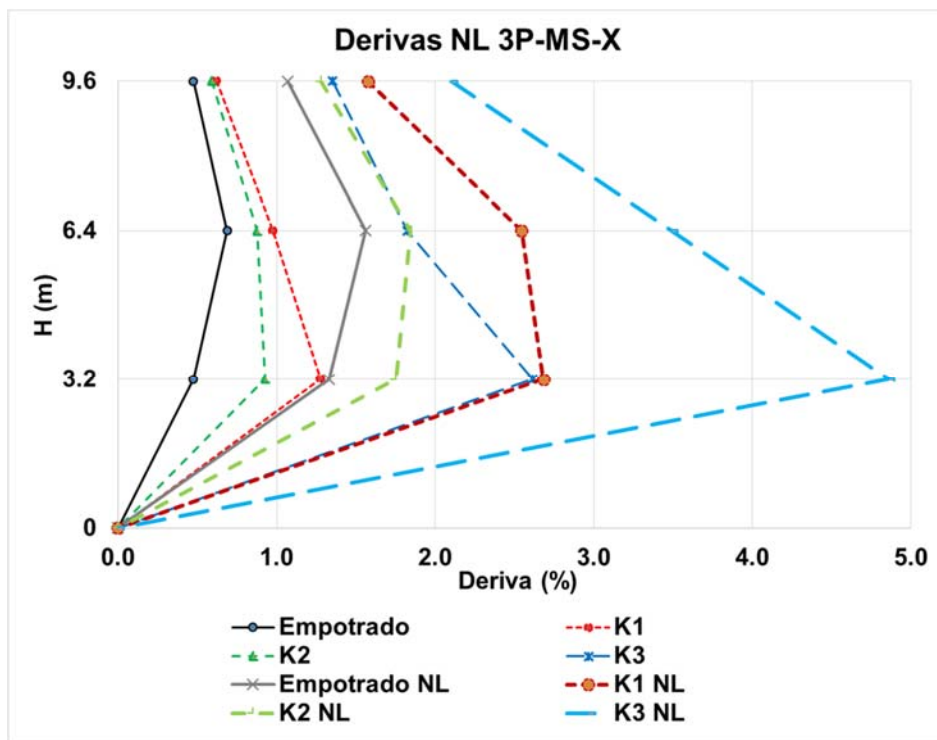
Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente LM = Lomapieta
 MS = Análisis modal espectral MX = México
 MC = Análisis modal cronológico MT = Northridge MT Baldy
 CY = Coyote Lake DE = Northridge DeerCanyon
 KB = Kobe QU = Quetame
 EM = Condición empotrada





ANEXO 18 Derivas análisis no lineal - 3P



ANEXO 19 Desplazamientos - 3P

DESPLAZAMIENTOS

Edificio 3 pisos

1. Resumen desplazamientos máximos de piso:

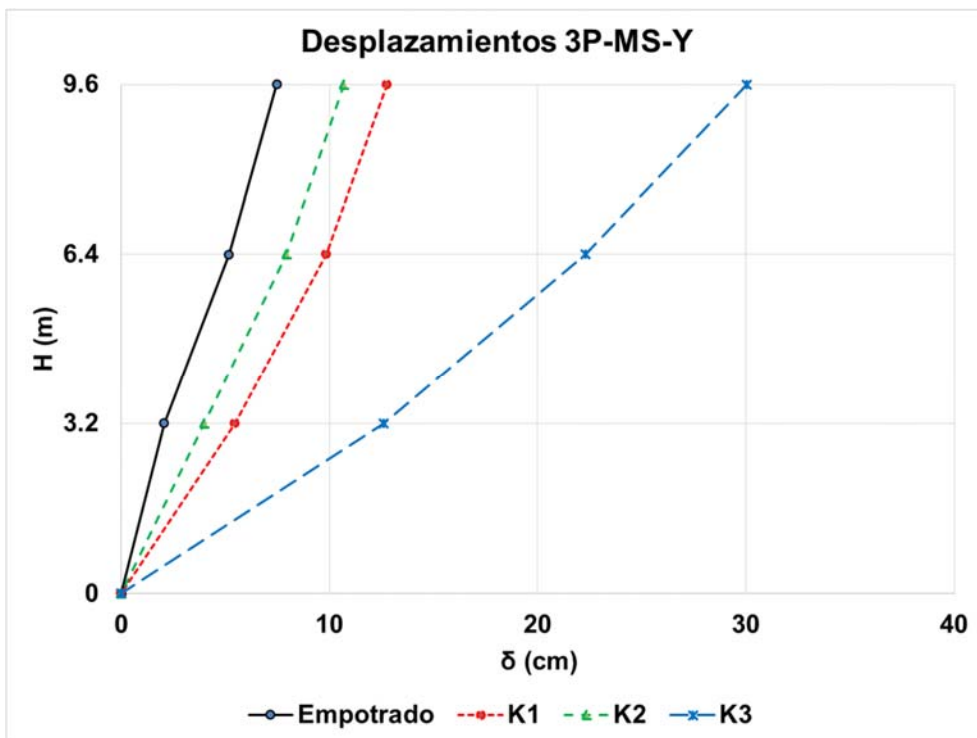
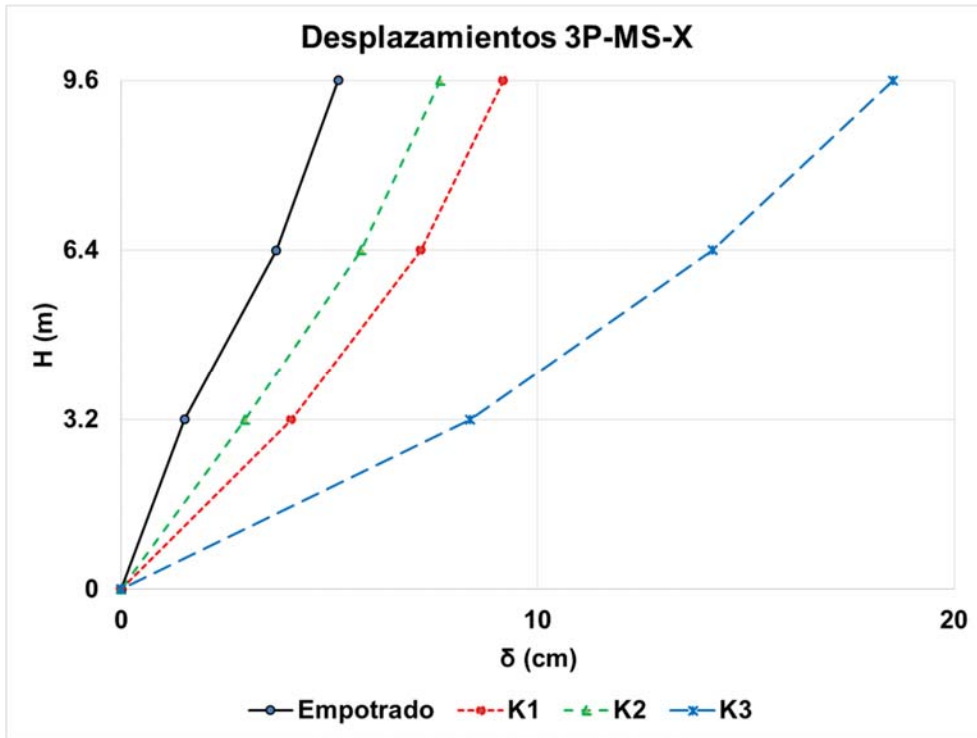
Desplazamiento (cm)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	5.8	8.2	9.9	13.7	8.4	11.7	20.3	33.8
MS	5.2	7.5	9.2	12.7	7.7	10.7	18.5	30.0
MC-CY	4.5	6.7	8.5	11.4	7.0	9.4	17.6	28.5
MC-KB	4.8	6.5	8.8	11.3	6.8	9.7	17.4	27.9
MC-LM	4.9	6.3	8.4	11.4	7.1	9.0	18.1	27.9
MC-MX	4.9	6.1	8.3	11.5	7.2	9.1	17.5	27.7
MC-MT	5.1	6.0	8.5	11.3	6.6	9.2	17.6	27.7
MC-DE	4.9	6.4	8.6	11.6	7.5	9.4	17.6	27.9
MC-QU	4.8	6.5	8.5	11.5	7.1	9.7	17.9	27.8
MC-ASCE	4.8	6.4	8.5	11.4	7.0	9.3	17.7	27.9
MCN-QU	5.7	7.2	10.9	14.6	8.2	12.0	29.0	56.4
MCN-LM	4.8	8.7	8.1	6.3	9.8	8.6	8.2	15.8
MCN-MX	6.9	10.1	10.0	15.5	9.2	10.9	17.3	21.9
MC-AIS	5.8	8.7	9.7	12.1	9.1	10.5	18.2	31.4

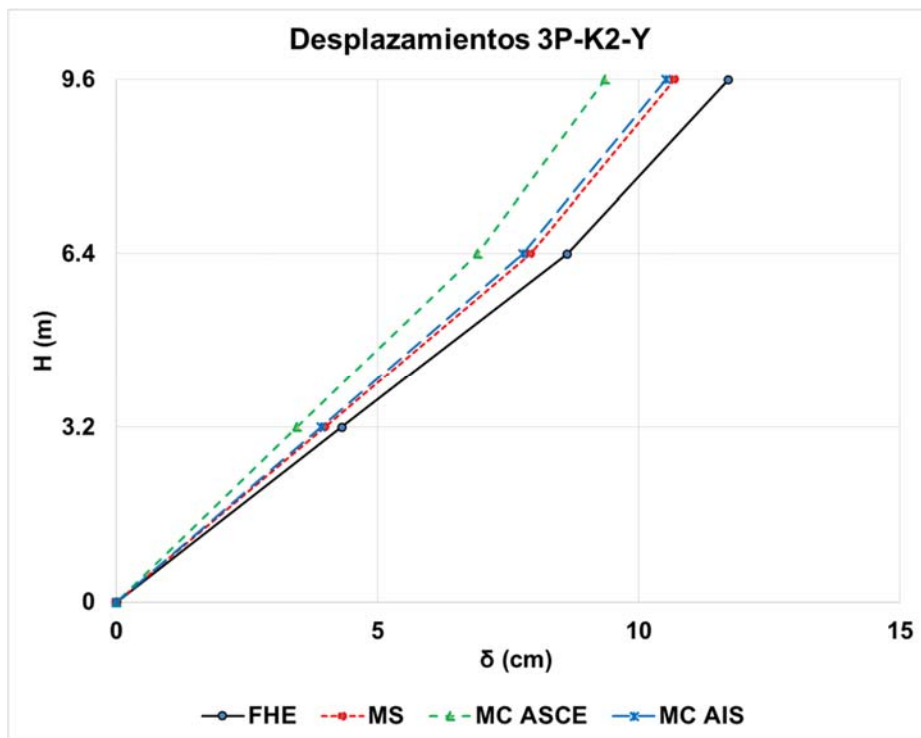
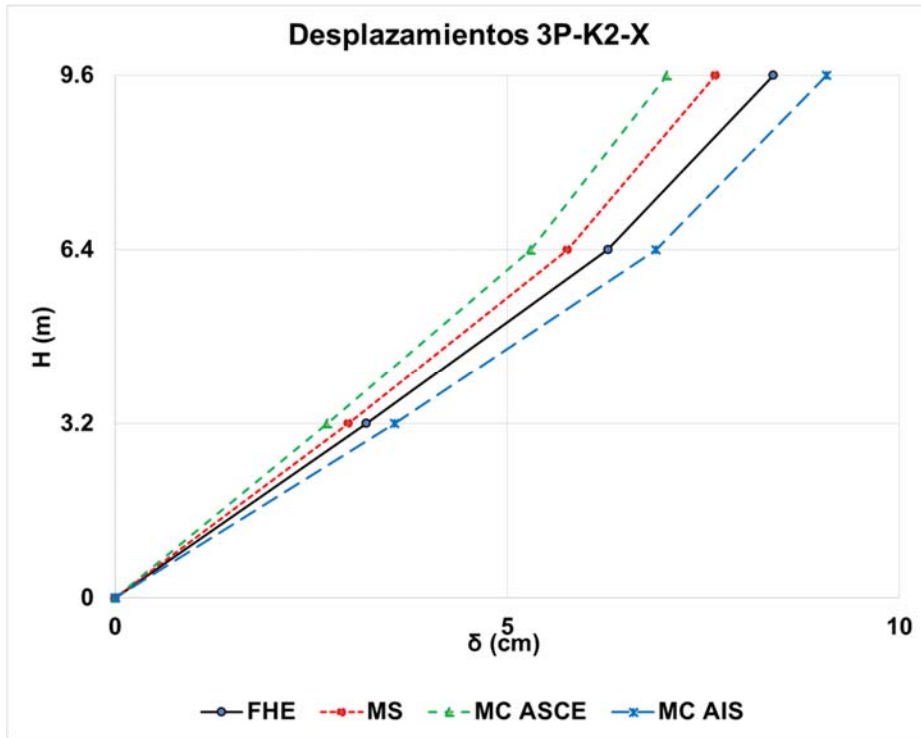
2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	70	67	44	43	248	312
MS	76	71	47	43	256	303
MC-ASCE	76	80	45	47	265	339
MC-AIS	67	40	57	21	213	263

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente	LM = Lomapieta
MS = Análisis modal espectral	MX = México
MC = Análisis modal cronológico	MT = Northridge MT Baldy
CY = Coyote Lake	DE = Northridge DeerCanyon
KB = Kobe	QU = Quetame
EM = Condición empotrada	





ANEXO 20 Cortante sísmico - 3P

CORTANTE SÍSMICO

Edificio 3 pisos

1. Resumen cortantes máximos en la base:

Método	Cortante (kN)							
	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	6212	6212	6212	6212	6212	6212	6212	6212
MS	5221	5105	5654	5606	5509	5474	5688	5593
MC-CY	5057	5784	5748	5789	5470	5482	5760	5705
MC-KB	5229	4876	5740	5736	5169	5516	5447	5584
MC-LM	5409	5216	5612	5664	5602	5428	5692	5443
MC-MX	5306	5063	5543	5809	5680	5365	5486	5439
MC-MT	5475	4636	5629	5597	5106	5449	5639	5464
MC-DE	5476	5227	5700	5741	5553	5498	5674	5364
MC-QU	5191	4881	5643	5587	5474	5422	5708	5601
MC-ASCE	5306	5098	5659	5703	5436	5451	5629	5514
MCN-QU	6806	6094	7469	7294	6657	7212	9701	11067
MCN-LM	5307	7130	5378	3140	7772	4992	2424	3322
MCN-MX	7673	7973	6799	8093	7258	6696	5545	4259
MC-AIS	6595	7066	6549	6175	7229	6300	5890	6216

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

Método	% Var máx.					
	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
MS	8.3	9.8	5.5	7.2	9.0	9.6
MC-ASCE	6.7	11.9	2.5	6.9	6.1	8.2
MC-AIS	-0.7	-12.6	9.6	-10.8	-10.7	-12.0

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

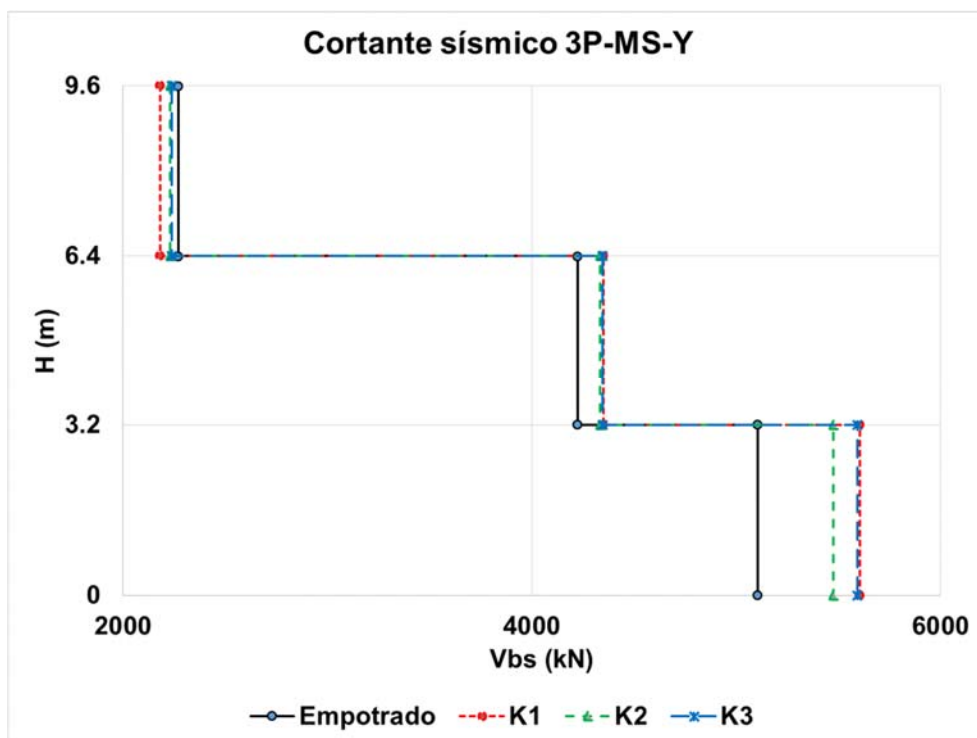
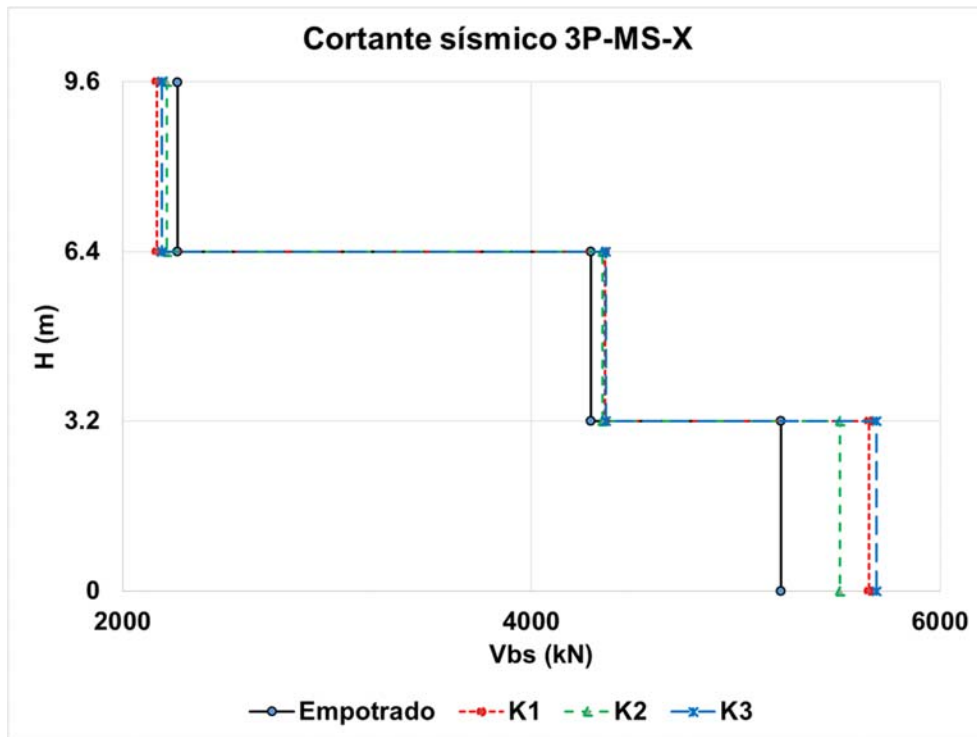
LM = Lomapieta

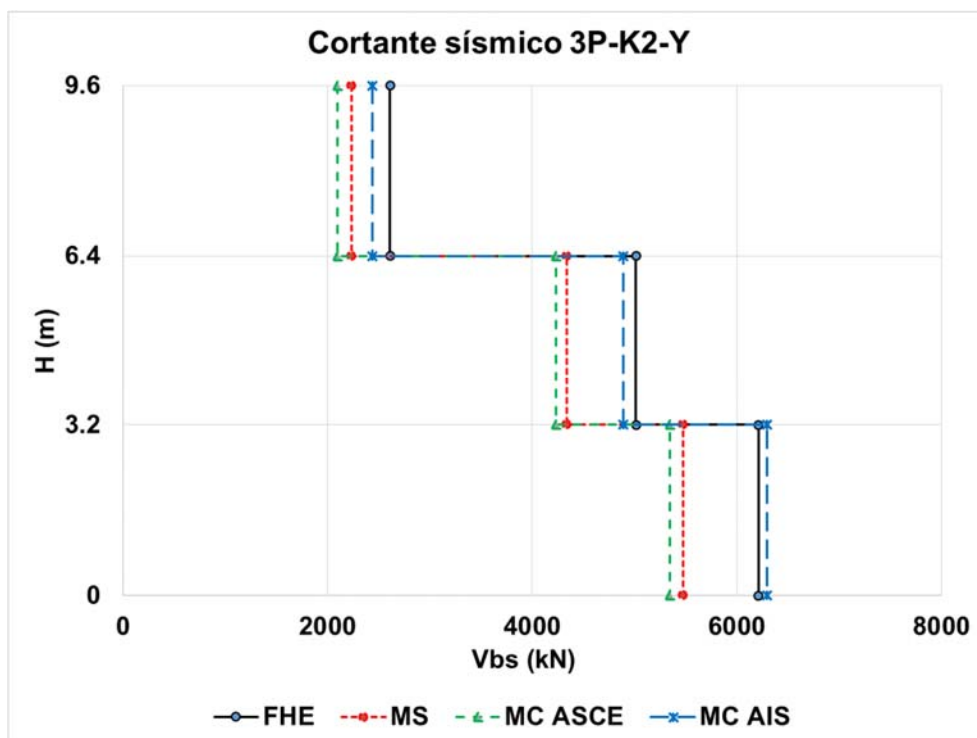
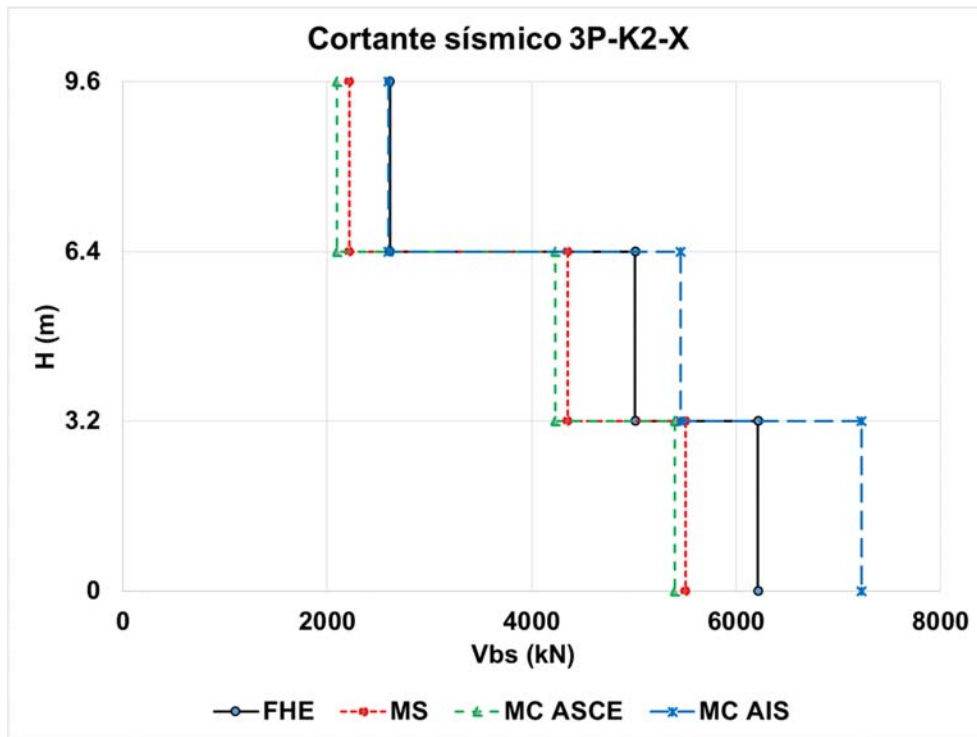
MX = México

MT = Northridge MT Baldy

DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame





ANEXO 21 Fuerzas internas en columnas - 3P

FUERZAS INTERNAS COLUMNAS

Edificio 3 pisos

1. Momentos máximos COL 01 (Ejes B-5):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	809	568	683	683	828	701	204	509
MS	706	516	640	656	759	659	822	577
MC-CY	651	452	632	614	730	602	812	536
MC-KB	677	464	636	568	686	607	731	532
MC-LM	709	471	619	599	749	584	802	523
MC-MX	655	457	610	618	760	587	640	517
MC-MT	709	431	534	585	655	524	795	521
MC-DE	718	480	629	614	754	606	784	486
MC-QU	688	462	624	579	737	610	807	521
MC-ASCE	687	460	612	597	724	589	767	519
MCN-QU	886	541	806	746	881	774	1229	1086
MCN-LM	695	632	590	320	1037	551	335	300
MCN-MX	952	709	746	836	966	715	772	402
MC-AIS	844	627	714	634	961	680	779	596

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	-16	20	2	23	-75	-10
MS	-9	27	7	28	16	12
MC-ASCE	-11	30	5	28	12	13
MC-AIS	-15	1	14	8	-8	-5

3. Cortantes máximos COL 01 (Ejes B-5):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	311	312	417	436	402	391	360	369
MS	270	290	395	422	371	370	341	337
MC-CY	253	266	391	396	358	339	276	322
MC-KB	259	265	391	370	337	342	320	300
MC-LM	273	267	381	386	365	329	302	291
MC-MX	250	258	376	398	372	331	322	261
MC-MT	278	260	329	377	319	299	323	288
MC-DE	279	267	388	396	364	341	333	318
MC-QU	262	267	384	375	360	343	309	314
MC-ASCE	265	264	377	385	354	332	312	299
MCN-QU	347	290	502	481	439	432	564	560
MCN-LM	269	340	362	215	510	312	126	189
MCN-MX	367	382	463	534	475	400	325	195
MC-AIS	327	337	442	410	475	381	339	315

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	34	40	29	25	16	18
MS	46	45	37	28	26	16
MC-ASCE	42	46	33	26	18	13
MC-AIS	35	22	45	13	3	-7

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

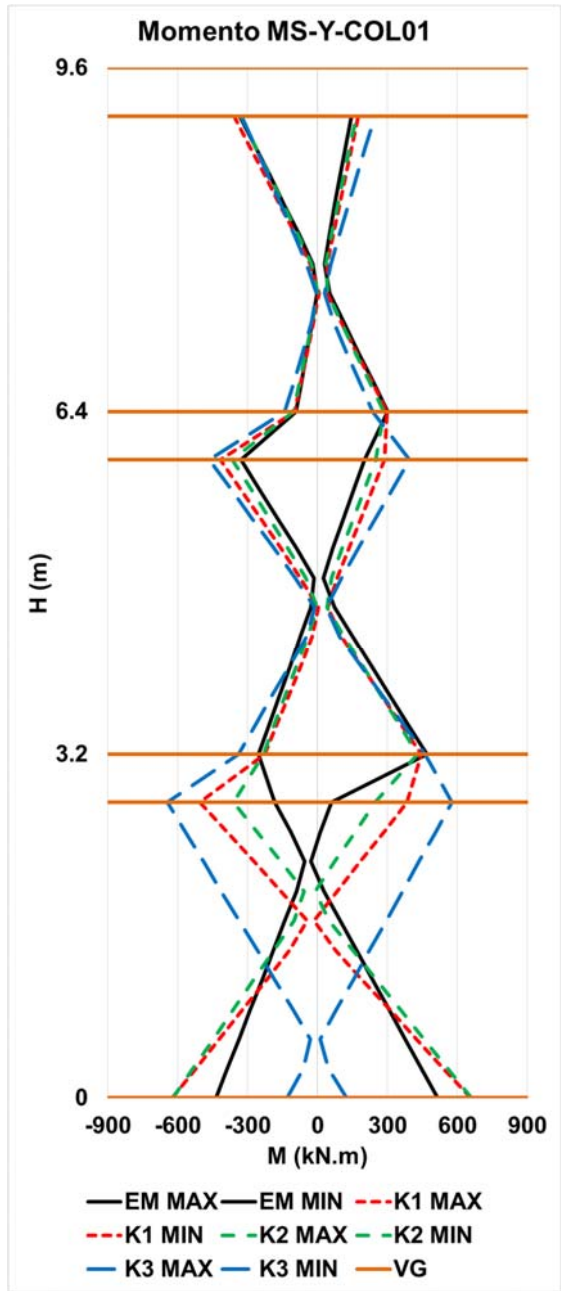
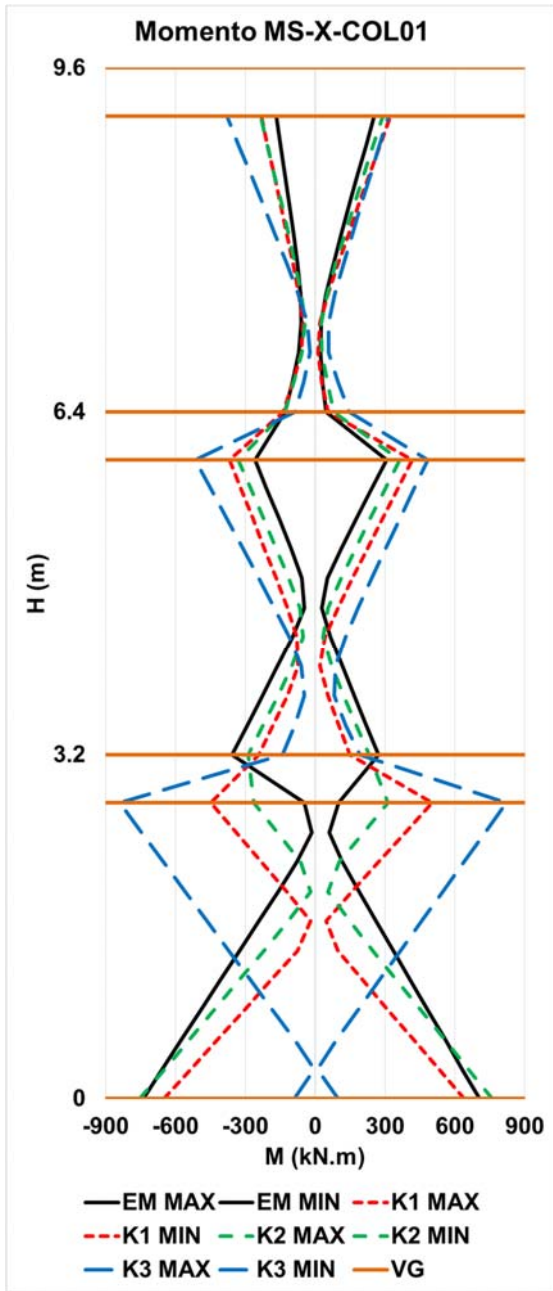
LM = Lomapieta

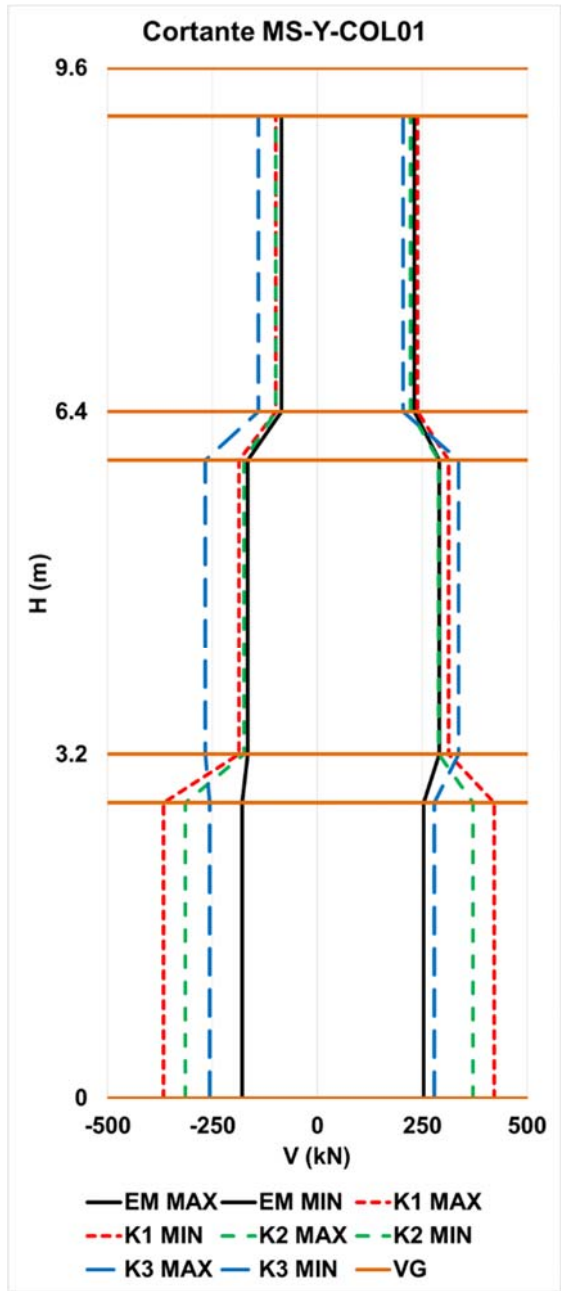
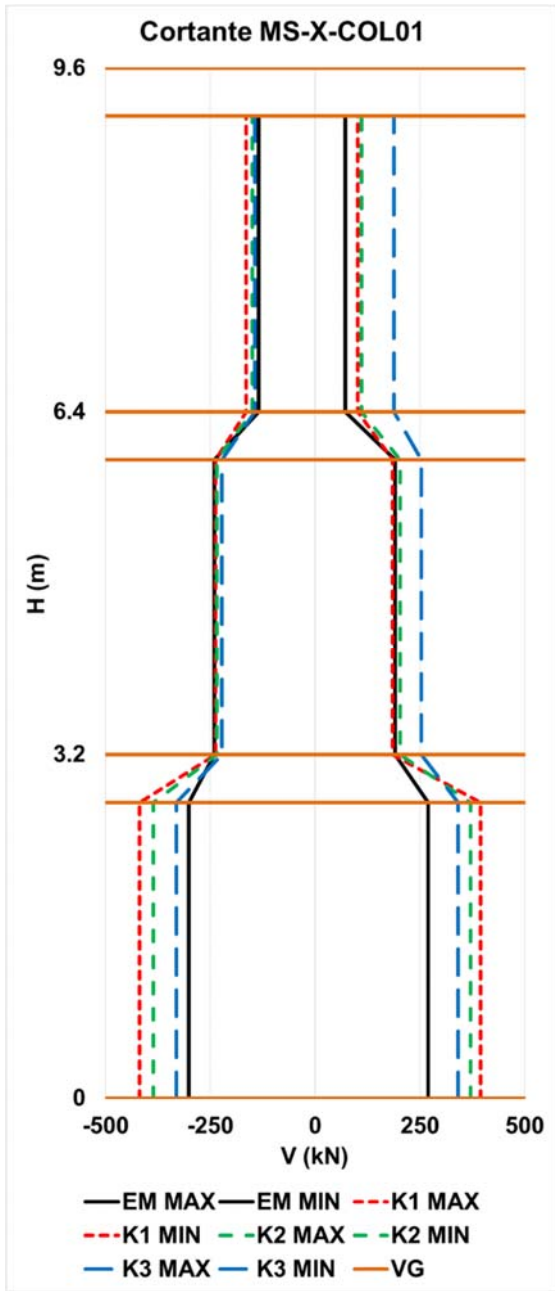
MX = México

MT = Northridge MT Baldy

DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame





ANEXO 22 Fuerzas internas en vigas - 3P

FUERZAS INTERNAS VIGAS DIRECCIÓN X

Edificio 3 pisos

1. Momentos máximos VG-02 (Eje B entre ejes 1 a 6):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P3	P2	P3	P2	P3	P2	P3
FHE	-490	-470	-648	-545	-611	-551	-891	-726
MS	-478	-446	-648	-536	-583	-527	-860	-704
MC-CY	-459	-428	-619	-523	-568	-517	-842	-669
MC-KB	-471	-435	-635	-519	-553	-495	-832	-692
MC-LM	-457	-437	-605	-506	-576	-518	-853	-684
MC-MX	-475	-442	-621	-514	-580	-520	-836	-691
MC-MT	-483	-447	-638	-527	-544	-489	-838	-687
MC-DE	-474	-445	-611	-510	-584	-537	-842	-686
MC-QU	-470	-438	-612	-509	-571	-514	-846	-674
MC-ASCE	-470	-439	-620	-516	-568	-513	-841	-683
MCN-QU	-512	-472	-740	-586	-621	-541	-1151	-854
MCN-LM	-469	-443	-589	-497	-696	-606	-557	-525
MCN-MX	-563	-511	-685	-565	-664	-582	-831	-683
MC-AIS	-515	-475	-671	-549	-660	-576	-846	-687

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	32	16	25	17	82	54
MS	36	20	22	18	80	58
MC-ASCE	32	17	21	17	79	56
MC-AIS	30	16	28	21	64	45

3. Cortantes máximos VG-02 (Eje B entre ejes 1 a 6):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P3	P2	P3	P2	P3	P2	P3
FHE	285	267	321	291	310	292	378	333
MS	266	260	312	283	301	283	370	327
MC-CY	262	256	310	280	297	280	347	314
MC-KB	263	258	312	283	291	273	363	324
MC-LM	266	258	309	281	300	281	355	317
MC-MX	262	255	307	279	301	282	364	323
MC-MT	267	261	294	269	288	272	363	322
MC-DE	265	258	310	280	303	287	365	322
MC-QU	265	259	309	281	298	280	357	318
MC-ASCE	264	258	307	279	297	279	359	320
MCN-QU	295	268	342	300	312	288	483	376
MCN-LM	264	257	304	278	334	308	291	280
MCN-MX	312	283	330	293	325	301	362	321
MC-AIS	290	269	325	290	324	299	379	326

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	12	9	9	9	33	25
MS	17	9	13	9	39	26
MC-ASCE	16	8	12	8	36	24
MC-AIS	12	8	12	11	30	21

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente LM = Lomapieta
 MS = Análisis modal espectral MX = México
 MC = Análisis modal cronológico MT = Northridge MT Baldy
 CY = Coyote Lake DE = Northridge DeerCanyon
 KB = Kobe QU = Quetame
 EM = Condición empotrada P2 y P3 = Nivel de piso 2 y 3

FUERZAS INTERNAS VIGAS DIRECCIÓN Y

Edificio 3 pisos

1. Momentos máximos VG-09 (Eje 5 entre ejes A y D):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P3	P2	P3	P2	P3	P2	P3
FHE	-372	-360	-556	-401	-463	-380	-730	-539
MS	-354	-338	-529	-371	-434	-352	-715	-558
MC-CY	-338	-311	-497	-350	-400	-329	-670	-520
MC-KB	-320	-306	-495	-345	-404	-335	-676	-532
MC-LM	-308	-294	-488	-348	-389	-322	-671	-533
MC-MX	-314	-297	-502	-354	-389	-320	-669	-532
MC-MT	-291	-294	-490	-343	-387	-321	-670	-530
MC-DE	-309	-294	-497	-349	-401	-328	-636	-497
MC-QU	-319	-306	-493	-342	-405	-332	-671	-532
MC-ASCE	-314	-300	-495	-347	-396	-327	-666	-525
MCN-QU	-347	-325	-622	-425	-503	-400	-1214	-909
MCN-LM	-411	-394	-287	-195	-368	-309	-445	-374
MCN-MX	-483	-464	-666	-457	-467	-374	-558	-458
MC-AIS	-414	-395	-525	-359	-446	-361	-739	-580

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	50	12	25	6	96	50
MS	49	10	23	4	102	65
MC-ASCE	57	16	26	9	112	75
MC-AIS	27	-9	8	-8	79	47

3. Cortantes máximos VG-09 (Eje 5 entre ejes Ay D):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P3	P2	P3	P2	P3	P2	P3
FHE	173	170	254	189	214	173	284	195
MS	159	157	242	176	201	161	265	179
MC-CY	143	146	228	166	187	150	251	173
MC-KB	144	141	212	159	189	153	235	165
MC-LM	145	142	224	166	182	147	227	162
MC-MX	141	137	230	168	182	146	207	151
MC-MT	138	142	220	163	164	131	226	161
MC-DE	146	142	228	166	187	149	245	172
MC-QU	145	143	216	158	189	151	247	169
MC-ASCE	143	142	223	164	183	147	234	165
MCN-QU	162	155	269	186	232	182	429	285
MCN-LM	191	185	129	99	173	141	147	128
MCN-MX	214	210	302	213	216	170	156	129
MC-AIS	189	184	233	166	207	164	244	181

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	46	11	24	2	64	15
MS	52	12	27	2	66	14
MC-ASCE	55	15	28	4	63	16
MC-AIS	23	-9	9	-10	29	-2

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

LM = Lomapieta

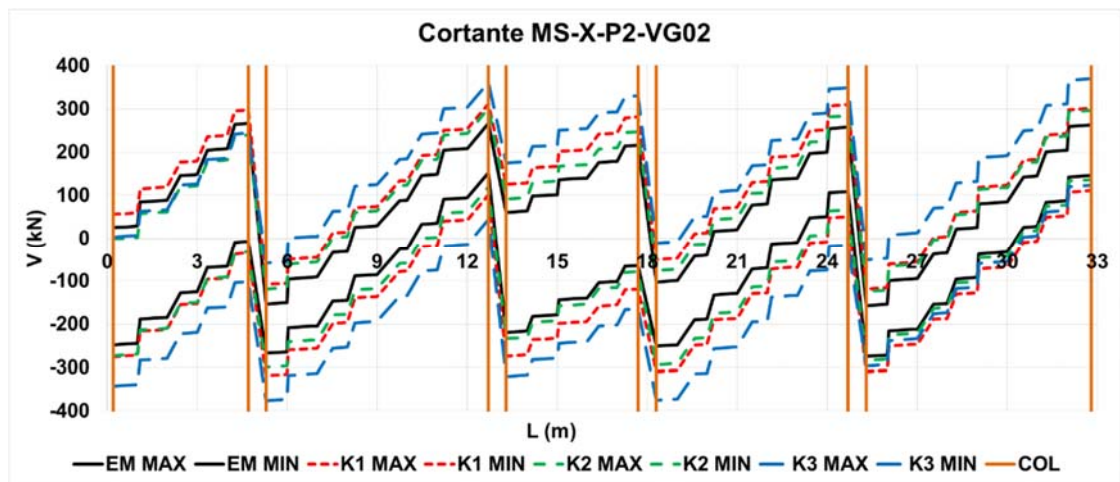
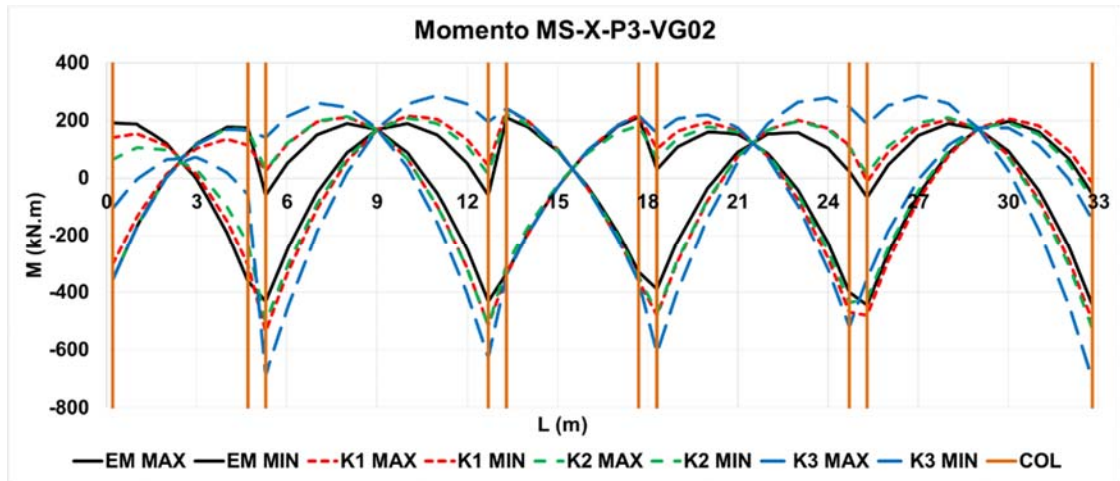
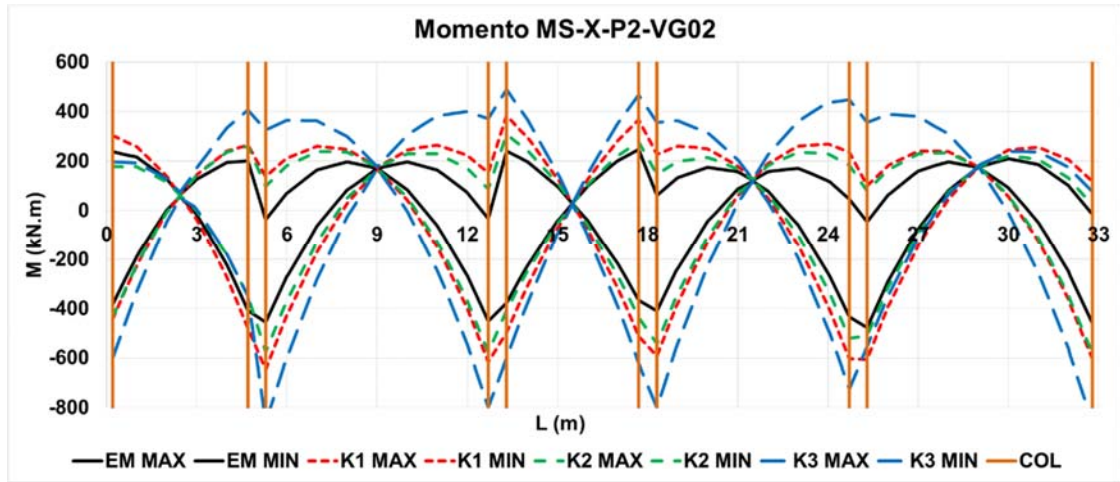
MX = México

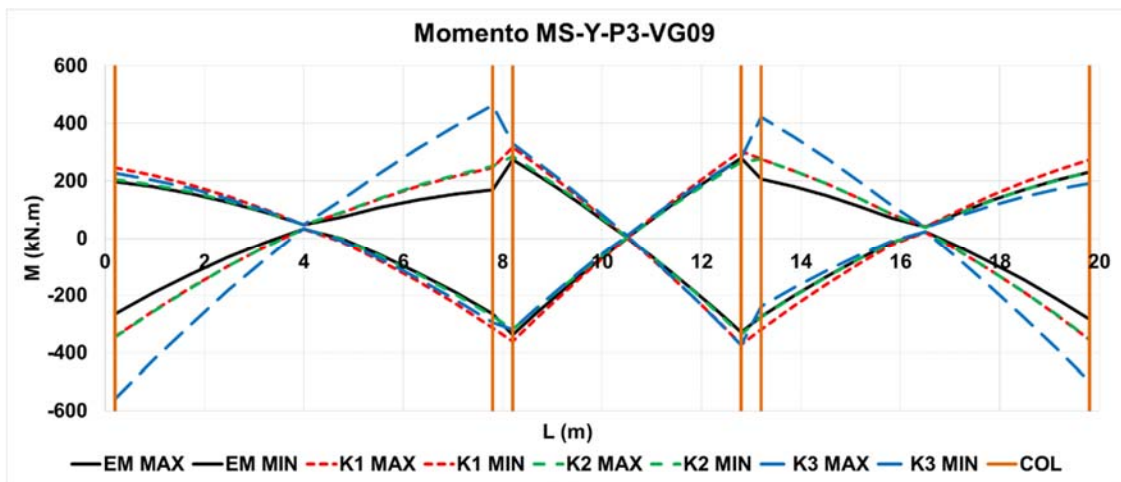
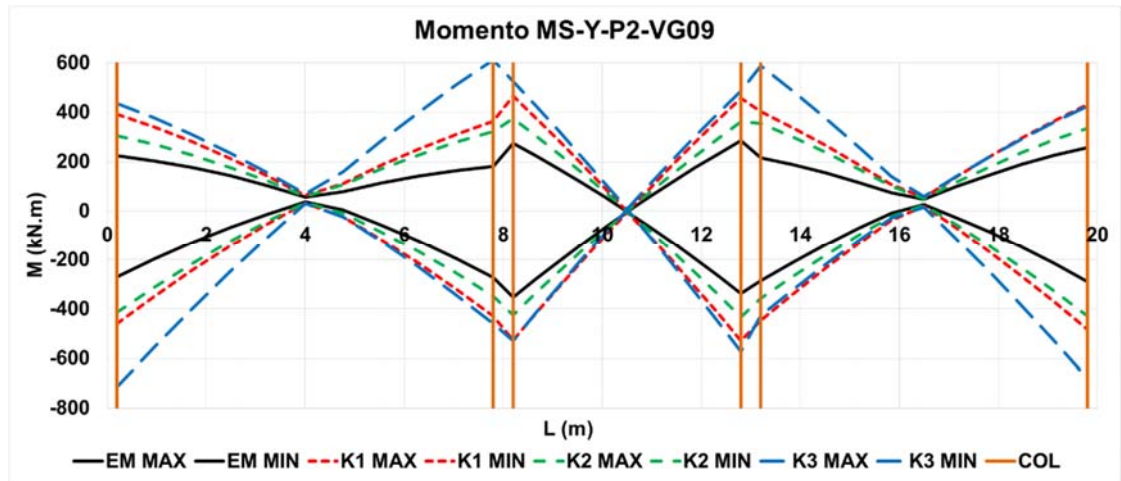
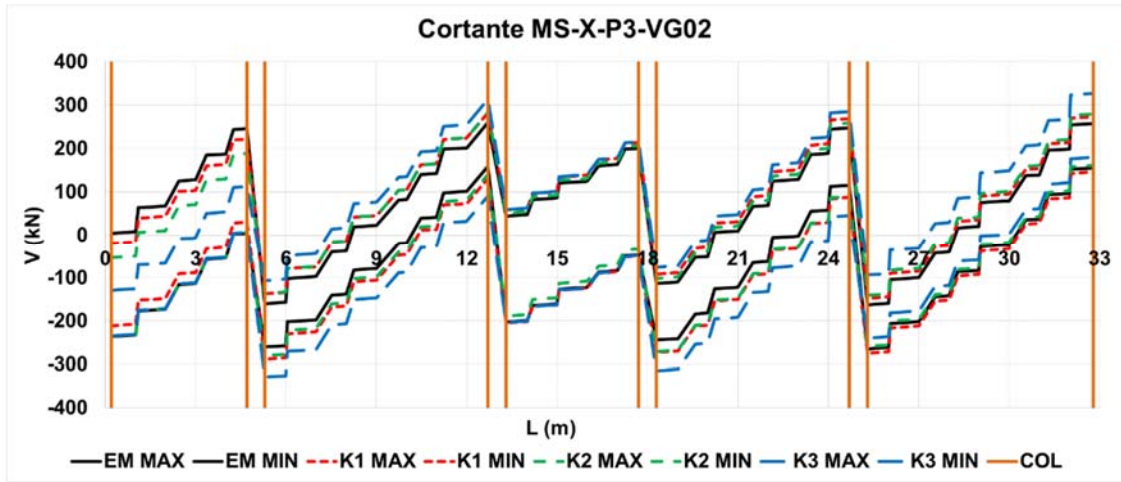
MT = Northridge MT Baldy

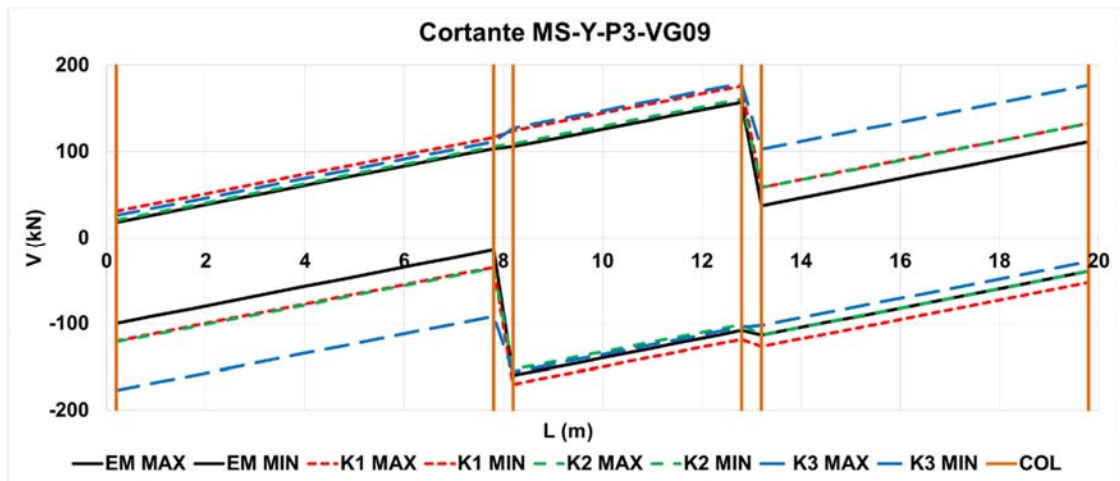
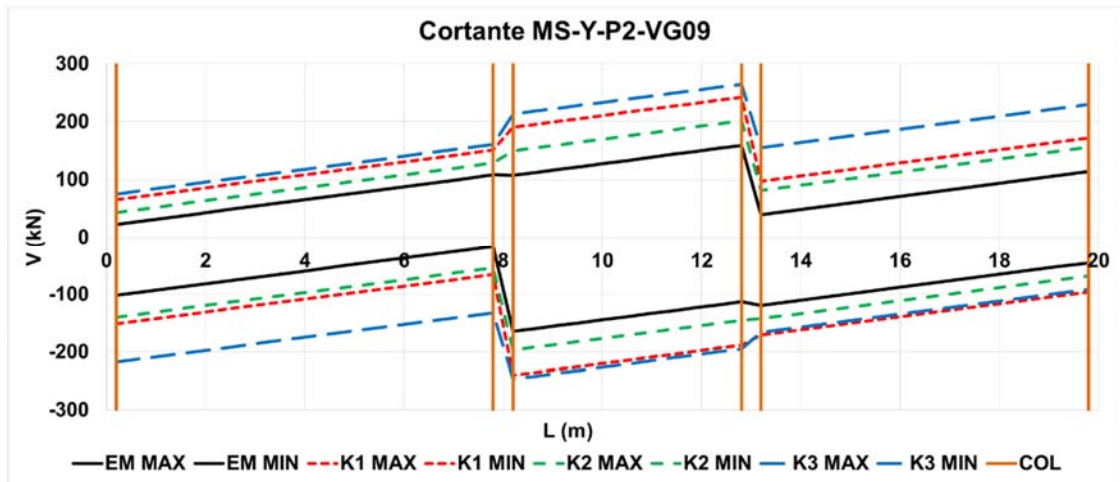
DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame

P2 y P3 = Nivel de piso 2 y 3







ANEXO 23 Rotación en la base - 3P

ROTACIONES EN LA BASE

Edificio 3 pisos

1. Rotaciones promedio en la base:

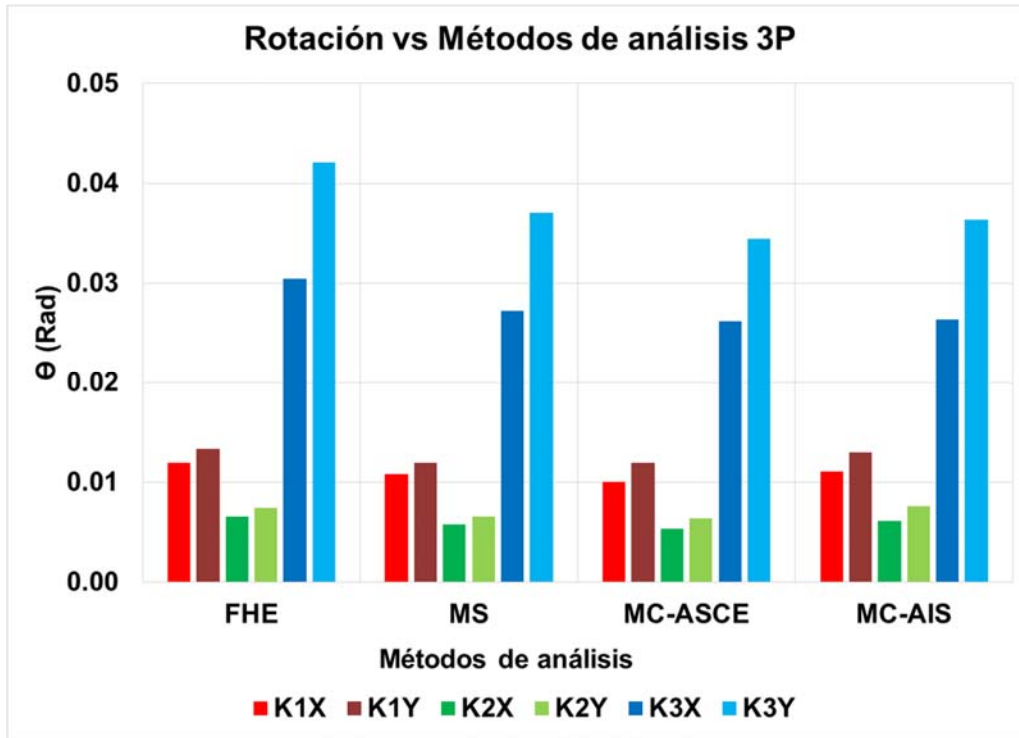
Rotaciones (rad)						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	0.0120	0.0133	0.0065	0.0075	0.0304	0.0420
MS	0.0108	0.0119	0.0057	0.0066	0.0273	0.0371
MC-CY	0.0103	0.0123	0.0055	0.0066	0.0274	0.0377
MC-KB	0.0108	0.0113	0.0054	0.0066	0.0256	0.0342
MC-LM	0.0081	0.0122	0.0039	0.0065	0.0276	0.0332
MC-MX	0.0103	0.0124	0.0059	0.0064	0.0218	0.0293
MC-MT	0.0107	0.0118	0.0053	0.0057	0.0270	0.0331
MC-DE	0.0101	0.0122	0.0057	0.0066	0.0266	0.0366
MC-QU	0.0100	0.0114	0.0055	0.0065	0.0274	0.0369
MC-ASCE	0.0101	0.0119	0.0053	0.0064	0.0262	0.0344
MCN-QU	0.0140	0.0151	0.0059	0.0086	0.0408	0.0687
MCN-LM	0.0073	0.0067	0.0052	0.0061	0.0122	0.0195
MCN-MX	0.0120	0.0171	0.0072	0.0080	0.0261	0.0209
MC-AIS	0.0111	0.0130	0.0061	0.0076	0.0263	0.0364

2. Resumen:

Rotaciones (rad)						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	0.0120	0.0133	0.0065	0.0075	0.0304	0.0420
MS	0.0108	0.0119	0.0057	0.0066	0.0273	0.0371
MC-ASCE	0.0101	0.0119	0.0053	0.0064	0.0262	0.0344
MC-AIS	0.0111	0.0130	0.0061	0.0076	0.0263	0.0364

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente	LM = Lomapieta
MS = Análisis modal espectral	MX = México
MC = Análisis modal cronológico	MT = Northridge MT Baldy
CY = Coyote Lake	DE = Northridge DeerCanyon
KB = Kobe	QU = Quetame



ANEXO 24 Análisis momento curvatura en elementos estructurales - 3P

ANÁLISIS RÓTULAS PLÁSTICAS

Edificio 3 pisos

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φ _{curv} SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φ _y	My	Φ _u	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
V1	P2	V1P2E1	S 3#6	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0076	143	0.3334	172	3.7	9.3	19	1.21	43.9	0	44.0
V4	P3		I 3#5	1	IZ	5	0.29	0.06	0.0071	102	0.3049	125	4.8	12.0	24	1.23	42.8	0	42.9
		V1P2E2	S 3#6 3#6 ()	2	DE	5	0.35	0.93	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	2	DE	5	0.41	0.92	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	3	DE	8	0.35	0.96	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	3	DE	8	0.41	0.95	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	4	DE	5	0.35	0.93	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	4	DE	5	0.41	0.92	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	5	DE	7	0.41	0.94	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	5	IZ	8	0.35	0.04	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	5	IZ	8	0.41	0.05	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	6	DE	8	0.35	0.96	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	6	DE	8	0.41	0.95	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
V1	CUB	V1P2E1	S 3#6	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0076	143	0.3334	172	3.7	9.3	19	1.21	43.9	0	44.0
V4			I 3#5	1	IZ	5	0.29	0.06	0.0071	102	0.3049	125	4.8	12.0	24	1.23	42.8	0	42.9

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
		V1CUE2	S 3#5 3#5 ()	2	DE	5	0.29	0.94	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	2	DE	5	0.35	0.93	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
			S 3#5 3#5 ()	2	IZ	8	0.29	0.04	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
			S 3#5 3#5 ()	3	DE	8	0.29	0.96	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	3	DE	8	0.35	0.96	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
			S 3#5 3#5 ()	3	IZ	5	0.29	0.06	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
			S 3#5 3#5 ()	4	DE	5	0.29	0.94	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	4	DE	5	0.35	0.93	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
			S 3#5 3#5 ()	4	IZ	7	0.29	0.04	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
			S 3#5 3#5 ()	5	DE	7	0.29	0.96	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	5	DE	7	0.35	0.95	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
			S 3#5 3#5 ()	5	IZ	8	0.29	0.04	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	5	IZ	8	0.35	0.04	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
			S 3#5 3#5 ()	6	DE	8	0.29	0.96	0.0078	168	0.2909	208	4.4	10.9	22	1.24	37.4	0	37.5
			I 3#6	6	DE	8	0.35	0.96	0.0076	143	0.2554	169	3.7	9.3	19	1.18	33.6	0	33.7
V2	P2	V2P2E1	S 3#8	1	IZ	5	0.47	0.09	0.0086	216	0.2017	251	2.5	6.2	12	1.16	23.4	0	23.5
V3	P3		I 3#5	1	IZ	5	0.29	0.06	0.0070	102	0.3059	125	4.8	12.1	24	1.23	43.5	0	43.6
		V2P2E2	S 3#8 3#7 ()	2	DE	5	0.47	0.91	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2
			I 3#7	2	DE	5	0.41	0.92	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
			S 3#8 3#7 ()	2	IZ	8	0.47	0.06	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2
			I 3#7	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
			S 3#8 3#7 ()	3	DE	8	0.47	0.94	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2
			I 3#7	3	DE	8	0.41	0.95	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
			S 3#8 3#7 ()	3	IZ	5	0.47	0.09	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
			I 3#7	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
			S 3#8 3#7 ()	4	DE	5	0.47	0.91	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2
			I 3#7	4	DE	5	0.41	0.92	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
			S 3#8 3#7 ()	4	IZ	7	0.47	0.07	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2
			I 3#7	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
			S 3#8 3#7 ()	5	DE	7	0.47	0.93	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2
			I 3#7	5	DE	7	0.41	0.94	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
			S 3#8 3#7 ()	5	IZ	8	0.47	0.06	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2
			I 3#7	5	IZ	8	0.41	0.05	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
			S 3#8 3#7 ()	6	DE	8	0.47	0.94	0.0095	321	0.1438	336	1.1	4.5	7	1.05	15.1	0	15.2
			I 3#7	6	DE	8	0.41	0.95	0.0079	194	0.2464	239	1.5	6.2	9	1.23	31.3	0	31.4
V2	CUB	V2P2E1	S 3#8	1	IZ	5	0.47	0.09	0.0086	216	0.2017	251	2.5	6.2	12	1.16	23.4	0	23.5
V3			I 3#5	1	IZ	5	0.29	0.06	0.0070	102	0.3059	125	4.8	12.1	24	1.23	43.5	0	43.6
		V2CUE2	S 3#7 3#6 ()	2	DE	5	0.41	0.92	0.0087	262	0.2419	303	2.8	7.0	14	1.16	27.7	0	27.8
			I 3#7	2	DE	5	0.41	0.92	0.0079	193	0.3452	236	3.1	7.7	15	1.22	43.5	0	43.6
			S 3#7 3#6 ()	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0087	262	0.2419	303	2.8	7.0	14	1.16	27.7	0	27.8
			I 3#7	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0079	193	0.3452	236	3.1	7.7	15	1.22	43.5	0	43.6
		V1P2E2	S 3#6 3#6 ()	3	DE	8	0.35	0.96	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	3	DE	8	0.41	0.95	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	4	DE	5	0.35	0.93	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	4	DE	5	0.41	0.92	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
			S 3#6 3#6 ()	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
		V2CUE2	S 3#7 3#6 ()	5	DE	7	0.41	0.94	0.0087	262	0.2419	303	2.8	7.0	14	1.16	27.7	0	27.8
			I 3#7	5	DE	7	0.41	0.94	0.0079	193	0.3452	236	3.1	7.7	15	1.22	43.5	0	43.6

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
			S 3#7 3#6 ()	5	IZ	8	0.41	0.05	0.0087	262	0.2419	303	2.8	7.0	14	1.16	27.7	0	27.8
			I 3#7	5	IZ	8	0.41	0.05	0.0079	193	0.3452	236	3.1	7.7	15	1.22	43.5	0	43.6
		V1P2E2	S 3#6 3#6 ()	6	DE	8	0.35	0.96	0.0083	224	0.2311	271	3.4	8.5	17	1.21	27.8	0	27.9
			I 3#7	6	DE	8	0.41	0.95	0.0080	182	0.2428	220	3.0	7.6	15	1.21	30.3	0	30.4
V5	P2	V5P2EA	S 3#5	A	IZ	8	0.34	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.1	10.1	20	1.25	42.2	0	42.3
V6	P3		I 3#5	A	IZ	8	0.34	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.1	10.1	20	1.25	42.2	0	42.3
V7	CUB		S 3#5	B	DE	8	0.34	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.1	10.1	20	1.25	42.2	0	42.3
V8			I 3#5	B	DE	8	0.34	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.1	10.1	20	1.25	42.2	0	42.3
V9			S 3#5	B	IZ	5	0.31	0.06	0.0073	101	0.3074	126	4.4	10.9	22	1.25	42.2	0	42.3
V10			I 3#5	B	IZ	5	0.31	0.06	0.0073	101	0.3074	126	4.4	10.9	22	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	DE	5	0.31	0.94	0.0073	101	0.3074	126	4.4	10.9	22	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	DE	5	0.31	0.94	0.0073	101	0.3074	126	4.4	10.9	22	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
COL 1	P2	P2C1YP	C 8#6+4#5	Y	B	3.2	0.43	0.13	0.0048	491	0.1648	550	1.8	15.4	22	1.12	34.6	0	34.7
(OV)	P2		C 8#6+4#5	Y	A	3.2	0.43	0.87	0.0048	491	0.1648	550	1.8	15.4	22	1.12	34.6	0	34.7
(Ejes)	P3	P3C1YP	C 8#6+4#5	Y	B	3.2	0.43	0.13	0.0065	452	0.2038	526	1.6	12.6	18	1.16	31.2	0	31.3
A(1,3,4,6)	P3		C 8#6+4#5	Y	A	3.2	0.43	0.87	0.0065	452	0.2038	526	1.6	12.6	18	1.16	31.2	0	31.3
D(1,3,4,6)	CUB	P4C1YP	C 8#6+4#5	Y	B	3.2	0.43	0.13	0.0059	401	0.2508	484	2.0	14.7	21	1.21	42.3	0	42.4
B-C(1,6)	CUB		C 8#6+4#5	Y	A	3.2	0.43	0.87	0.0059	401	0.2508	484	2.0	14.7	21	1.21	42.3	0	42.4
COL 1	P2	P2C1XP	C 8#6+4#5	X	B	3.2	0.43	0.13	0.0078	286	0.2661	310	1.1	8.0	11	1.08	33.9	0	34.0
(OV)	P2		C 8#6+4#5	X	A	3.2	0.43	0.87	0.0078	286	0.2661	310	1.1	8.0	11	1.08	33.9	0	34.0
(Ejes)	P3	P3C1XP	C 8#6+4#5	X	B	3.2	0.43	0.13	0.0071	261	0.3029	294	1.4	10.4	15	1.13	42.6	0	42.7
A(1,3,4,6)	P3		C 8#6+4#5	X	A	3.2	0.43	0.87	0.0071	261	0.3029	294	1.4	10.4	15	1.13	42.6	0	42.7
D(1,3,4,6)	CUB	P4C1XP	C 8#6+4#5	X	B	3.2	0.43	0.13	0.0097	232	0.4056	276	1.2	8.3	12	1.19	41.9	0	42.0

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φ _{curv} SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φ _y	My	Φ _u	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
B-C(1,6)	CUB		C 8#6+4#5	X	A	3.2	0.43	0.87	0.0097	232	0.4056	276	1.2	8.3	12	1.19	41.9	0	42.0
COL 1	P2	P2C1YA	C 8#6+4#5	Y	B	3.2	0.43	0.13	0.0078	286	0.2661	310	1.1	8.0	11	1.08	33.9	0	34.0
(OH)	P2		C 8#6+4#5	Y	A	3.2	0.43	0.87	0.0078	286	0.2661	310	1.1	8.0	11	1.08	33.9	0	34.0
(Ejes)	P3	P3C1YA	C 8#6+4#5	Y	B	3.2	0.43	0.13	0.0071	261	0.3029	294	1.5	10.4	15	1.13	42.6	0	42.7
A-D(2,5)	P3		C 8#6+4#5	Y	A	3.2	0.43	0.87	0.0071	261	0.3029	294	1.5	10.4	15	1.13	42.6	0	42.7
B(2,3,4,5)	CUB	P4C1YA	C 8#6+4#5	Y	B	3.2	0.43	0.13	0.0097	232	0.4056	276	1.2	8.3	12	1.19	41.9	0	42.0
C(2,3,4,5)	CUB		C 8#6+4#5	Y	A	3.2	0.43	0.87	0.0097	232	0.4056	276	1.2	8.3	12	1.19	41.9	0	42.0
COL 1	P2	P2C1XA	C 8#6+4#5	X	B	3.2	0.43	0.13	0.0048	491	0.1648	550	1.8	15.4	22	1.12	34.6	0	34.7
(OH)	P2		C 8#6+4#5	X	A	3.2	0.43	0.87	0.0048	491	0.1648	550	1.8	15.4	22	1.12	34.6	0	34.7
(Ejes)	P3	P3C1XA	C 8#6+4#5	X	B	3.2	0.43	0.13	0.0065	452	0.2038	526	1.6	12.6	18	1.16	31.2	0	31.3
A-D(2,5)	P3		C 8#6+4#5	X	A	3.2	0.43	0.87	0.0065	452	0.2038	526	1.6	12.6	18	1.16	31.2	0	31.3
B(2,3,4,5)	CUB	P4C1XA	C 8#6+4#5	X	B	3.2	0.43	0.13	0.0059	401	0.2508	484	1.9	14.7	21	1.21	42.3	0	42.4
C(2,3,4,5)	CUB		C 8#6+4#5	X	A	3.2	0.43	0.87	0.0059	401	0.2508	484	1.9	14.7	21	1.21	42.3	0	42.4

Convenciones:

EL = Elemento (V) viga, (COL) columna

N = Nivel de entrepiso

S = Refuerzo superior en vigas

I = Refuerzo inferior en vigas

() = Refuerzo en segunda fila

C = Refuerzo de columna

Ej = Ejes en vigas, (X,Y) dirección para columnas

P = Posición (IZ) izquierda, (DE) derecha, (B) abajo, (A) arriba

OH = Dimensión mayor del elemento paralelo al eje X global

OV = Dimensión mayor del elemento paralelo al eje Y global

Nota: Las rótulas sobre un elemento tipo viga se localizan de izquierda a derecha según los ejes. Para un elemento tipo columna serán de abajo hacia arriba.

L (m) = Longitud del elemento

Lp (m) = Longitud de plastificación

Lrel (m) = Longitud relativa para ubicación de rótula

Φ_y, Φ_u = Curvaturas de fluencia y última (1/m)

My, Mu = Momentos de fluencia y últimos (kN.m)

IO, LS, CP = Criterios de aceptación ASCE17

C = Comienzo de la degradación por resistencia

D = Pérdida final de resistencia

ANEXO 25 Resumen análisis no lineal - 3P

ANÁLISIS CURVAS Y ESPECTROS DE CAPACIDAD

Edificio 3 pisos

1. Resumen análisis no lineal estático:

Parámetros de capacidad								
Dato	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Mef	0.81	0.79	0.88	0.88	0.85	0.85	0.71	0.66
Γ_n	33.70	33.28	35.11	35.00	34.52	34.48	31.55	30.35
Φ_n (m)	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03
δ max (m)	0.38	0.38	0.38	0.28	0.38	0.38	0.38	0.38
Vsb max (kN)	5163	7038	5230	6208	5230	6985	3451	3648
dpi (m)	0.141	0.104	0.247	0.187	0.173	0.151	0.376	0.382
dy (m)	0.052	0.045	0.089	0.086	0.072	0.067	0.143	0.184
dp (m)	0.095	0.071	0.165	0.127	0.118	0.102	0.325	0.315
μ	2.70	2.31	2.76	2.19	2.39	2.26	2.62	2.08
α	0.13	0.25	0.08	0.25	0.13	0.26	0.12	0.20
Δ max (%)	1.56	1.44	2.68	2.54	1.84	1.81	4.86	5.27

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Dato	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
dp	74	79	24	44	242	344
Vsb	1	-12	1	-1	-33	-48
μ	2	-5	-11	-2	-3	-10

Convenciones:

- Mef = Masa efectiva del modo fundamental
- Γ_n = Factor de participación modal
- Φ_n = Amplitud modal de techo
- δ max = Desplazamiento inicial estimado de análisis
- Vsb max = Cortante asociado al desplazamiento inicial
- dpi = Desplazamiento último de la estructura
- dy = Desplazamiento de fluencia
- dp = Punto de comportamiento
- μ = Ductilidad por desplazamiento esperada
- α = Rigidez post-elástica
- Δ max = Deriva máxima de análisis
- EM = Condición empotrada

ANÁLISIS DE MASAS - NO LINEAL

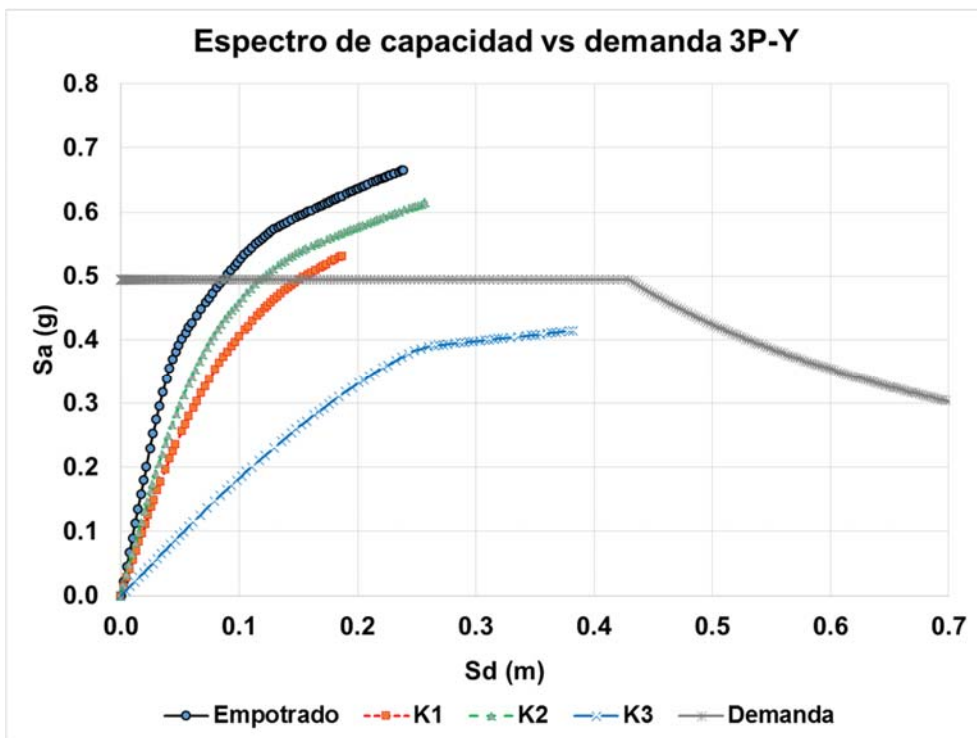
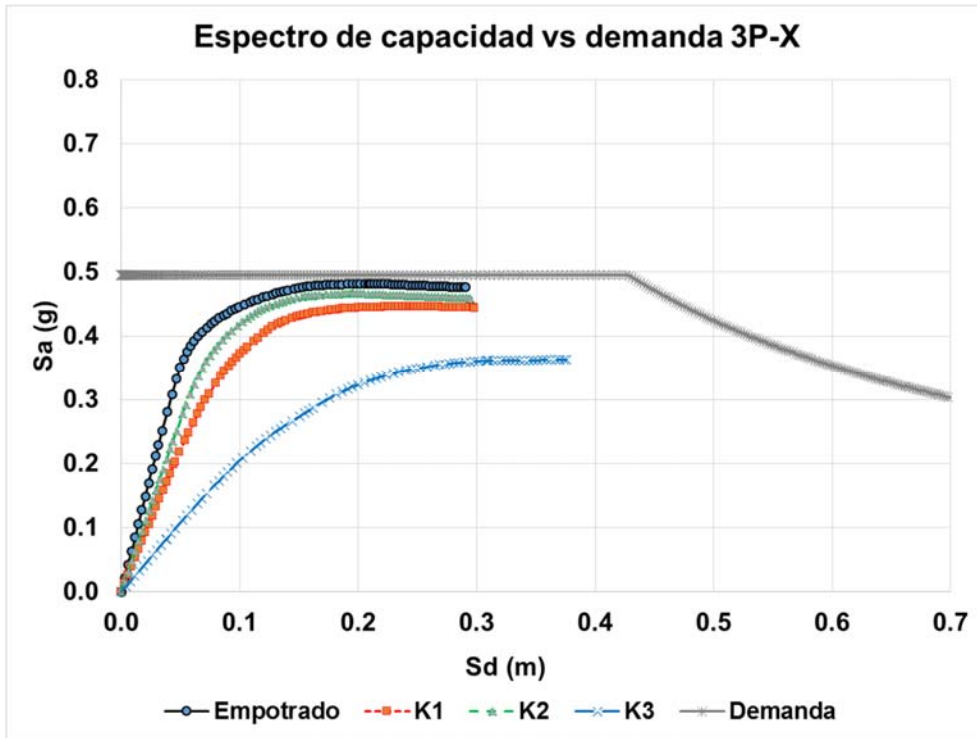
Edificio 3 pisos

1. Masas programa piso 2 al 3 :

Descripción	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m2)	Cantidad (#)	Longitud (m)	Carga (kN/m2)	Peso (kN)
Peso propio							
Vigas	0.35	0.4	-	4	33	-	444
Vigas	0.3	0.4	-	6	20	-	346
Viguetas	0.1	0.4	-	23	20	-	442
Viguetas	0.1	0.4	-	4	7	-	27
Viguetas	0.1	0.4	-	4	8	-	31
Losa	-	0.05	635	1	-	-	762
Columnas	0.4	0.6	-	24	3.2	-	442
Muros	-	-	-	-	-	-	0
Muros	-	-	-	-	-	-	0
Cargas sobreimpuestas							
Viva (25%)	-	-	635	-	-	2	318
Muerta (100%)	-	-	635	-	-	3.25	2064
						Peso total =	4874 kN
γ conc = 24 kN/m3						Masa total =	497 t

2. Masas programa cubierta:

Descripción	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m2)	Cantidad (#)	Longitud (m)	Carga (kN/m2)	Peso (kN)
Peso propio							
Vigas	0.35	0.4	-	4	33	-	444
Vigas	0.3	0.4	-	6	20	-	346
Viguetas	0.1	0.4	-	23	20	-	442
Viguetas	0.1	0.4	-	4	7	-	27
Viguetas	0.1	0.4	-	4	8	-	31
Losa	-	0.05	635	1	-	-	762
Columnas	0.4	0.6	-	24	1.6	-	221
Muros	-	-	-	-	-	-	0
Muros	-	-	-	-	-	-	0
Cargas sobreimpuestas							
Viva (25%)	-	-	635	-	-	1.8	286
Muerta (100%)	-	-	635	-	-	1.6	1016
						Peso total =	3573 kN
γ conc = 24 kN/m3						Masa total =	364 t



ANEXO 26 Microzonificación sísmica - 6P

ESPECTRO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

Edificio 6 pisos

1. Datos de entrada con análisis de base empotrada:

Tipo de análisis = Modal espectral
Grupo de uso = II Oficinas
I = 1.1 Coeficiente de importancia
Clasificación del suelo = Bogotá Lacustre 200
Zona de amenaza sísmica = Intermedia
Sistema estructural = Sistema combinado
Aa = 0.15
Av = 0.20
To = 0.39 s Periodo inicial
Tc = 1.87 s Periodo corto
TL = 4.00 s Periodo largo
Fa = 1.20
Fv = 3.50
H = 19.2 m Altura edificio
Ta = $Ct * (h)^\alpha$ Periodo aproximado
Ct = 0.049
 $\alpha = 0.75$
Ta = 0.45 s
Cu = 1.2
CuTa = 0.54 s Máximo periodo

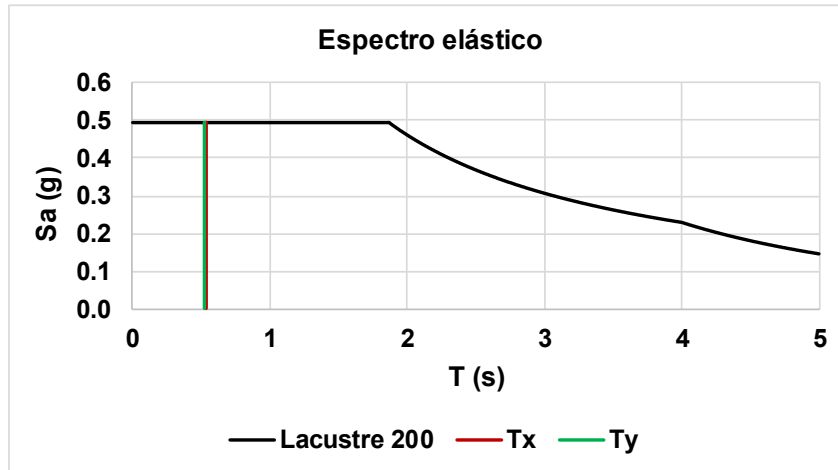
2. Periodos de vibración para análisis:

Periodo estructural Tx = 0.77 s Análisis con programa de cálculo
Periodo estructural Ty = 0.53 s Análisis con programa de cálculo
Periodo estructural Tx = 0.54 s Máximo para FHE
Periodo estructural Ty = 0.53 s Máximo para FHE

3. Revisión por resonancia:

Periodo del suelo = 2.5 s - 3.5 s
% de evaluación = 10%
Rango inferior = 2.25 s
Rango superior = 3.85 s
Revisión Tx = OK Fuera del rango
Revisión Ty = OK Fuera del rango

4. Espectro elástico de diseño:



5. Parámetros de diseño:

Sax =	0.495 g	Para Tx = 0.54 s
Say =	0.495 g	Para Ty = 0.53 s
Kx =	1.02	Coef amplificación FHE
Ky =	1.02	Coef amplificación FHE
Ro x =	5.0	Coef básico de disipación
Ro y =	5.0	Coef básico de disipación
$\Phi_a x =$	1	Irregularidad en altura
$\Phi_a y =$	1	Irregularidad en altura
$\Phi_p x =$	1	Irregularidad en planta
$\Phi_p y =$	1	Irregularidad en planta
$\Phi_r x =$	1	Irregularidad por redundancia
$\Phi_r y =$	1	Irregularidad por redundancia
Rx =	5.0	Coef diseño de disipación
Ry =	5.0	Coef diseño de disipación

ANEXO 27 Periodos de vibración - 6P

PERIODOS DE VIBRACIÓN

Edificio 6 pisos

1. Resumen para 18 modos:

Periodo de vibración (s)					
Modo	Dirección	Empotrado	K1	K2	K3
1	X	0.77	1.04	1.12	1.98
2	Y	0.53	1.03	1.07	1.52
3	Z	0.39	0.72	0.74	0.82
4	X	0.20	0.23	0.23	0.23
5	Y	0.12	0.17	0.17	0.18
6	Z	0.09	0.13	0.13	0.13
7	X	0.09	0.12	0.12	0.12
8	Y	0.06	0.12	0.12	0.12
9	Z	0.05	0.09	0.09	0.10
10	X	0.04	0.08	0.08	0.08
11	Y	0.04	0.07	0.07	0.07
12	Z	0.04	0.06	0.06	0.06
13	X	0.03	0.06	0.06	0.06
14	Y	0.03	0.05	0.05	0.05
15	Z	0.03	0.04	0.04	0.04
16	X	0.03	0.04	0.04	0.04
17	Y	0.02	0.04	0.04	0.04
18	Z	0.02	0.04	0.04	0.04

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.				
Modo	Dirección	K1	K2	K3
1	X	36	47	158
2	Y	96	104	189
3	Z	85	91	112

ANEXO 28 Fuerza horizontal equivalente - 6P

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Edificio 6 pisos

1. Dirección X base empotrada:

Tx = 0.54 s Sax = 0.495 g Vsx = 14458 kN
 Kx = 1.02 West = 29208 kN

Nivel	Hi (m)	Hx (m)	Wx (kN)	Wx*(Hx)^kx	Cvx	Fix (kN)
CUB	3.2	19.2	3638	74098	0.223	3231
P6	3.2	16.0	5114	86491	0.261	3772
P5	3.2	12.8	5114	68885	0.208	3004
P4	3.2	9.6	5114	51367	0.155	2240
P3	3.2	6.4	5114	33968	0.102	1481
P2	3.2	3.2	5114	16750	0.051	730
$\Sigma =$			29208	331559	1.00	14458

2. Dirección Y base empotrada:

Ty = 0.53 s Say = 0.495 g Vsy = 14458 kN
 Ky = 1.02 West = 29208 kN

Nivel	Hi (m)	Hy (m)	Wy (kN)	Wy*(Hy)^ky	Cvy	Fiy (kN)
CUB	3.2	19.2	3638	74098	0.223	3231
P6	3.2	16.0	5114	86491	0.261	3772
P5	3.2	12.8	5114	68885	0.208	3004
P4	3.2	9.6	5114	51367	0.155	2240
P3	3.2	6.4	5114	33968	0.102	1481
P2	3.2	3.2	5114	16750	0.051	730
$\Sigma =$			29208	331559	1.00	14458

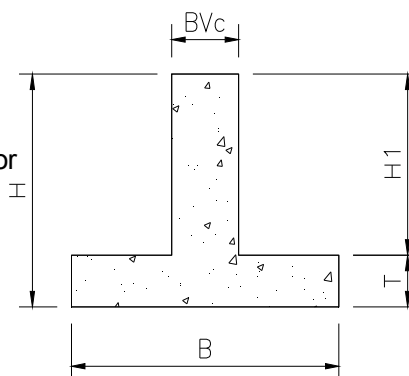
DIMENSIONAMIENTO CIMIENTOS CORRIDOS

Edificio 6 pisos

1. Datos de entrada:

$\sigma_{adm} = 99.8 \text{ kN/m}^2$

$\% = 15$ Peso cemento
 $H = 1.20 \text{ m}$ Altura cemento
 $T = 0.30 \text{ m}$ Espesor losa inferior
 $H1 = 0.90 \text{ m}$ Altura libre
 $BVc = 0.60 \text{ m}$ Ancho de la viga
 $F'c = 21 \text{ MPa}$ Resistencia cim
 $E_c = 21538 \text{ MPa}$ ($4700 \cdot \sqrt{f'c}$)
 $F'y = 420 \text{ MPa}$ Acero
 $Recub = 0.07 \text{ m}$



2. Dimensionamiento de cimientos:

Eje	Point (Base)	Dir (X ó Y)	P (kN)	P Total (kN)	Long (m)	B Calc (m)	B Dis (m)	σ_{act} (kN/m ²)
A	1	X	330	5013	35	1.65	2.10	78.43
	2	X	750					
	3	X	919					
	4	X	826					
	5	X	956					
	6	X	503					
	29	X	321					
B	129	X	408	5281	35	1.74	1.80	96.41
	7	X	356					
	8	X	1094					
	9	X	972					
	10	X	859					
C	11	X	1347	5131	35	1.69	1.80	93.67
	12	X	653					
	13	X	367					
	14	X	1057					
	15	X	929					
	16	X	822					
	17	X	1296					
	18	X	661					

D	19	X	329	4757	35	1.57	2.00	78.16
	20	X	713					
	21	X	870					
	22	X	785					
	23	X	901					
	24	X	492					
	32	X	295					
	132	X	373					
1	1	Y	528	2795	22	1.46	2.00	73.04
	7	Y	924					
	13	Y	882					
	19	Y	460					
2	2	Y	461	2915	22	1.53	1.80	84.65
	8	Y	1094					
	14	Y	975					
	20	Y	384					
3	3	Y	565	2864	22	1.50	1.80	83.16
	9	Y	972					
	15	Y	858					
	21	Y	468					
4	4	Y	551	2761	22	1.45	1.80	80.18
	10	Y	931					
	16	Y	822					
	22	Y	458					
5	5	Y	510	3134	22	1.64	2.20	74.48
	11	Y	1168					
	17	Y	1037					
	23	Y	420					
6	6	Y	503	2986	22	1.56	2.10	74.32
	12	Y	1061					
	18	Y	991					
	24	Y	430					

$\Sigma =$ 37637
(kN)

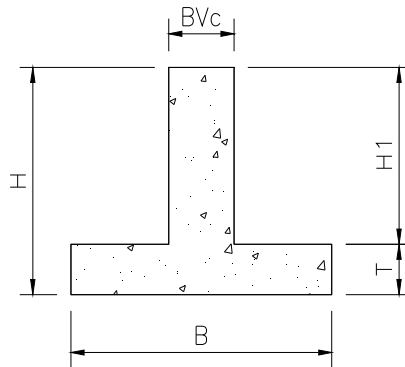
Max = 96.41
(kN/m²)

DISEÑO DE ZARPAS

Edificio 6 pisos

1. Datos de entrada:

$\sigma_{adm} = 99.8 \text{ kN/m}^2$
 $H = 1.20 \text{ m}$
 $T = 0.30 \text{ m}$
 $H1 = 0.90 \text{ m}$
 $BVc = 0.60 \text{ m}$
 $F'c = 21 \text{ MPa}$
 $E_c = 21538 \text{ MPa}$
 $F'y = 420 \text{ MPa}$



$\rho_{min} = 0.0020$
 $Recub = 0.075 \text{ m}$
 $d = 0.225 \text{ m}$

2. Diseño zarpas:

Eje	σ_{act} (kN/m ²)	B (m)	ΦMu (kN.m)	ρ	As (mm ²)	Ref Long	Ref Transv
A	78.43	2.1	33	0.0018	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
B	96.41	1.8	26	0.0014	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
C	93.67	1.8	25	0.0013	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
D	78.16	2	29	0.0015	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
1	73.04	2	27	0.0014	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
2	84.65	1.8	23	0.0012	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
3	83.16	1.8	22	0.0012	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
4	80.18	1.8	22	0.0011	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
5	74.48	2.2	36	0.0019	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m
6	74.32	2.1	31	0.0017	600	#4 C/0.20 m	#3 C/0.30 m

Eje	σ_{act} (kN/m ²)	B (m)	ΦVu (kN)	ΦVc (kN)
A	78.43	2.1	88	129
B	96.41	1.8	87	129
C	93.67	1.8	84	129
D	78.16	2	82	129
1	73.04	2	77	129
2	84.65	1.8	76	129
3	83.16	1.8	75	129
4	80.18	1.8	72	129
5	74.48	2.2	89	129
6	74.32	2.1	84	129

Tipo Zarpa	B (m)
Z1	2.10
Z2	1.80
Z3	2.00
Z4	2.20

ANEXO 30 Cargas y esfuerzos sobre el suelo - 6P

ESFUERZOS SOBRE EL SUELO

Edificio 6 pisos

1. Datos de entrada cargas en cimentación:

Base Cim	Coord X (m)	Coord Y (m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	X*Fz (kN*m)	Y*Fz (kN*m)
1	0	0	108.0	12.5	604	0	0
2	5	0	29.1	45.4	1212	6062	0
3	13	0	-18.0	52.0	1484	19295	0
4	18	0	11.9	48.5	1377	24787	0
5	25	0	-6.9	52.6	1466	36638	0
6	33	0	-126.9	15.5	695	22936	0
7	0	8	18.3	94.8	554	0	4431
8	5	8	30.5	-28.6	2193	10967	17547
9	13	8	-37.1	-34.6	1944	25277	15555
10	18	8	25.9	-32.7	1790	32214	14317
11	25	8	13.2	-32.9	2519	62975	20152
12	33	8	-47.4	128.0	746	24629	5971
13	0	13	16.9	-92.7	534	0	6948
14	5	13	28.4	18.3	2036	10181	26472
15	13	13	-35.0	24.3	1787	23226	23226
16	18	13	24.6	23.1	1643	29583	21365
17	25	13	12.3	21.1	2337	58421	30379
18	33	13	-44.0	-122.5	704	23242	9156
19	0	20	99.1	-9.6	555	0	11097
20	5	20	25.9	-34.5	1097	5486	21944
21	13	20	-16.1	-39.8	1338	17398	26767
22	18	20	10.6	-37.1	1243	22372	24858
23	25	20	-6.1	-40.0	1321	33037	26429
24	33	20	-115.9	-11.9	637	21012	12735
25	1	0	6.9	4.0	170	170	0
28	1	20	6.3	-3.0	156	156	3117
29	2	0	-102.3	3.5	64	129	0
32	2	20	-94.0	-2.7	60	119	1191
129	31	0	136.4	5.7	68	2107	0
132	31	20	124.4	-4.4	63	1952	1260
1533	0	8.9	0.4	-8.2	159	0	1418
1538	33	8.9	-0.9	-12.4	214	7064	1905
1551	0	12.1	0.3	5.4	154	0	1863
1556	33	12.1	-0.9	8.4	204	6733	2469
1602	31.95	20	-15.5	-4.6	198	6332	3963

1694	0.5	0	6.1	2.1	169	84	0
1695	1.5	0	8.2	5.5	172	258	0
1980	31.95	0	-17.5	6.0	217	6929	0
2028	31.475	0	-21.4	8.7	221	6969	0
2029	32.475	0	-15.2	3.2	214	6937	0
2056	0	8.45	0.6	-10.9	152	0	1283
2278	33	8.45	-1.6	-16.3	205	6763	1732
2347	0	12.55	0.6	7.5	145	0	1815
2645	33	12.55	-1.5	11.3	192	6325	2406
2665	0.5	20	5.6	-1.6	155	78	3100
2674	32.475	20	-13.4	-2.5	195	6349	3910
2724	1.5	20	7.5	-4.2	158	237	3163
2922	31.475	20	-19.0	-6.6	202	6357	4040
3233	0	9.433	0.2	-5.8	168	0	1581
3234	0	9.967	0.1	-3.2	164	0	1637
3235	0	10.5	0.1	-1.0	163	0	1708
3236	0	11.033	0.1	1.1	163	0	1794
3237	0	11.567	0.2	3.4	164	0	1898
3258	33	9.433	-0.5	-8.9	224	7399	2115
3259	33	9.967	-0.3	-4.9	219	7220	2181
3260	33	10.5	-0.2	-1.4	216	7127	2268
3261	33	11.033	-0.3	2.0	216	7112	2378
3262	33	11.567	-0.5	5.5	217	7174	2515
		$\Sigma =$	0	0	37637	617816	378057

2. Peso cimentación:

Elemento	H (m)	Long (m)	Peso (kN)
Losa 30	0.3	1	3154
VC 60X120	0.9	224	2898
$\Sigma =$			6051

3. Revisión de esfuerzos:

Centro de cargas X =	16.41 m	Excentricidad X =	0.02 m
Centro de losa X =	16.39 m		
Centro de cargas Y =	10.04 m	Excentricidad Y =	0.02 m
Centro de losa Y =	10.02 m		
Área losa cim (AT) =	438 m ²	Peso cim (Pcim) =	13.8 kN/m ²

$$\sigma_{\text{terreno}} = 99.7 \text{ kN/m}^2 \text{ (Fz/AT+Pcim)}$$

$$\sigma_{\text{admisible}} = 99.8 \text{ kN/m}^2 \text{ OK}$$

ANEXO 31 Refuerzo de elementos estructurales - 6P

REFUERZO EN ELEMENTOS

Edificio 6 pisos

1. Refuerzos en vigas:

Vg	Nivel	Ref	Eje 1	CL	Eje 2	CL	Eje 3	CL	Eje 4	CL	Eje 5	CL	Eje 6
01 04	P2 P3	S	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()	4#6	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#6 ()	4#5	4#5 2#6 ()	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()
		I	4#6	4#6	4#6	4#6	4#6	4#5	4#6	4#5	4#5	4#6	4#6
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20
01 04	P4 P5 P6	S	4#7 2#6 ()	4#7 2#6 ()	4#7 2#6 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#5	4#5 2#6 ()	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()
		I	4#6	4#6	4#6	4#6	4#6	4#5	4#6	4#5	4#5	4#6	4#6
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20
01 04	CUB	S	4#5 2#6 ()	4#5 2#6 ()	4#5 2#6 ()	4#5	4#5 2#6 ()	4#5	4#5 2#6 ()	4#5	4#5 2#6 ()	4#5 2#6 ()	4#5 2#6 ()
		I	4#5	4#5	4#5	4#5	4#5	4#5	4#5	4#5	4#5	4#5	4#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20
02 03	P2 P3	S	4#7 2#5 ()	4#7	4#7 2#8 ()	4#7	4#7 2#8 ()	4#7	4#7 2#5 ()	4#7	4#7 2#8 ()	4#7	4#8 2#8 ()
		I	4#5	4#5	4#6	4#6 2#5 ()	4#6	4#5	4#5	4#5 2#5 ()	4#6	4#6 2#5 ()	4#6 2#5 ()
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20
02 03	P4 P5 P6	S	4#7 2#5 ()	4#7	4#7 2#8 ()	4#7	4#7 2#8 ()	4#7	4#7 2#5 ()	4#7	4#7 2#8 ()	4#7	4#8 2#8 ()
		I	4#5	4#5	4#6	4#6 2#5 ()	4#6	4#5	4#5	4#5 2#5 ()	4#6	4#6 2#5 ()	4#6 2#5 ()
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20
02 03	CUB	S	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#7 ()
		I	4#6	4#5	4#6	4#6	4#6	4#5	4#6	4#5	4#6	4#6	4#6
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20

Vg	Nivel	Ref	Eje A	CL	Eje B	CL	Eje C	CL	Eje D
05	P2 a CUB	S	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
06		I	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
07		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
08									
09									
10									

2. Refuerzos en columnas:

Col	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	CUB
1	Lon	16#5	16#5	16#5	16#5	16#5	16#5
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
Col	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	CUB
2	Lon	6#7 8#5	6#7 8#5	6#7 8#5	6#7 8#5	6#7 8#5	6#7 8#5
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10

3. Refuerzos en muros:

M	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	CUB
1	Lon	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Tran	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Bord	8#5	8#5	8#5	8#5	8#5	8#5
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
M	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	CUB
2	Lon	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Tran	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Bord	32#5	8#5	8#5	8#5	8#5	8#5
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10

Convenciones:

() = Refuerzo en segunda fila

S = Refuerzo superior en vigas

I = Refuerzo inferior en vigas

CL = Centro de luz entre ejes

Es = Separación y diámetro
estribo de refuerzo

Lon = Refuerzo longitudinal

Tran = Refuerzo transversal

Bord = Elementos de borde
en muros

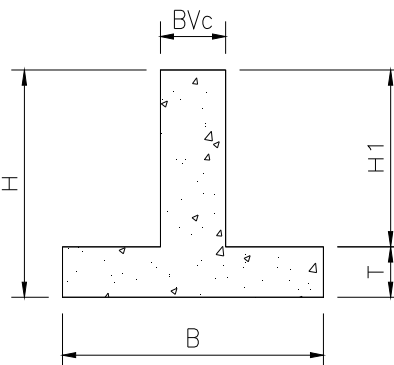
ANEXO 32 Rigidez del cimiento y módulo de reacción del suelo - 6P

RIGIDEZ DEL CIMIENTO Y MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO

Edificio 6 pisos

1. Datos de entrada:

H =	1.20 m	Altura cimiento
T =	0.30 m	Espesor losa inferior
B =	2.00 m	Ancho efectivo cim
H1 =	0.90 m	Altura libre
BVc =	0.60 m	Ancho de la viga
L =	8.00 m	Longitud efectiva cim
F'c =	21 MPa	Resistencia cim
Ec =	21538 MPa	(4700*√f'c)



2. Centroide y momento de inercia:

Sección	Área (m ²)	Y (m)	AY (m ³)	I (m ⁴)	(Y-Ycen) ² (m ²)	I total (m ⁴)
1 (BVc*H1)	0.54	0.75	0.405	0.03645	0.09972	0.0903
2 (B*T)	0.60	0.15	0.09	0.00450	0.08078	0.0530
Σ=	1.14		0.495			0.1433

Ycentr = 0.43 m I sección = 0.1433 m⁴

3. Factor de amortiguación del sistema cimiento-suelo (Hetenyi, 1979) :

$K_s = 3327 \text{ kN/m}^3$

$\beta = 0.152$

$\beta * L = 1.219$

$$\beta = \frac{4}{\sqrt{4 * E_c * I_c}} \sqrt{B * K_s}$$

Límites tipo de cimiento para $\beta * L$:

$\pi/4 = 0.7854$	Rígido si es menor
$3\pi/8 = 1.1781$	Intermedio
$\pi/2 = 1.5708$	Flexible si es mayor

Varia H1 para $\Delta = 0$
Rígido $\Delta_1 = 0.4336$
Intermedio $\Delta_2 = 0.0409$
Flexible $\Delta_3 = -0.3518$

4. Evaluación módulo de reacción del suelo:

A) K_s admisible aproximado (K_1):

$\sigma_{adm} = 99.80 \text{ kN/m}^2$

$\delta_{esp} = 0.03 \text{ m}$

$K_s = 3327 \text{ kN/m}^3$

$$K_s = \frac{\sigma_{adm}}{\delta_{esp}}$$

Límites de rigidez:

Rígido	2.21 m
Intermedio	1.26 m
Flexible	0.85 m

B) Considerando la flexibilidad del suelo y del cimiento (K2):

* ASCE 41 (2017):

$$\begin{aligned} v &= 0.33 \\ E_s &= 5400 \text{ kN/m}^2 \\ G &= 2030 \text{ kN/m}^2 \\ K_s &= 1969 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_s &= \frac{1.3G}{B(1-\nu)} \\ G &= \frac{E_s}{2(1+\nu)} \end{aligned}$$

Límites de rigidez:
Rígido 1.84 m
Intermedio 1.05 m
Flexible 0.72 m

* A.S. Vesic (1961):

$$\begin{aligned} v &= 0.33 \\ E_s &= 5400 \text{ kN/m}^2 \\ 1/C_f &= 0.483 \\ K_s &= 1462 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_s &= \frac{0.65}{B} * \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} * \left(\frac{E_s}{1-\nu^2} \right) \\ \frac{1}{C_f} &= 0.65 * \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} \end{aligned}$$

Límites de rigidez:
Rígido 1.66 m
Intermedio 0.95 m
Flexible 0.65 m

* Manuel Delgado (1998):

$$\begin{aligned} v &= 0.33 \\ C_u &= 49.71 \text{ kN/m}^2 \\ C_e &= 140 \\ E_o &= 6959 \text{ kN/m}^2 \\ E_s &= 4697 \text{ kN/m}^2 \\ 1/C_f &= 1.25 \\ C_f &= 0.800 \\ B_p &= 0.30 \text{ m} \\ k_{s1} &= 21963 \text{ kN/m}^3 \\ K_s &= 1257 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$E_o = C_e * C_u$
Entre (80-140)
Módulo edométrico
Placa circular
Placa circular

$$\begin{aligned} E_s &= E_o * \left(\frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)} \right) \\ k_{s1} &= \frac{E_o}{B_p} * \frac{1}{C_f} * \left(\frac{(1-2\nu)}{(1-\nu)^2} \right) \\ K_s &= k_{s1} \left(0.65 C_f \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} \right) \frac{B_p}{B} \end{aligned}$$

Límites de rigidez:
Rígido 1.57 m
Intermedio 0.91 m
Flexible 0.61 m

C) Curva fuerza-desplazamiento ensayo de placa (K3):

$$\begin{aligned} B_p &= 0.30 \text{ m} \\ k_{s1} &= 18587 \text{ kN/m}^3 \\ k_{s2} &= 4126 \text{ kN/m}^3 \\ C_f &= 0.800 \\ E_s &= 5400 \text{ kN/m}^2 \\ K_{se1} &= 1076 \text{ kN/m}^3 \\ K_{si2} &= 239 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Placa circular
Inicial bilinealización
P. fluencia bilinealización
Inicial
Post fluencia

$$K_s = k_{s(1 \text{ o } 2)} \left(0.65 C_f \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} \right) \frac{B_p}{B}$$

Límites de rigidez:
Rígido 1.49 m
Intermedio 0.86 m
Flexible 0.58 m

DISTRIBUCIÓN DE RESORTES K1

Edificio 6 pisos

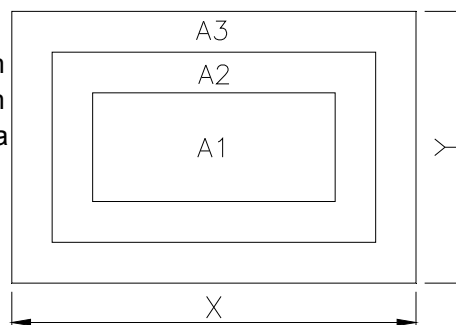
1. Datos de entrada:

X = 26 m Long losa cim
 Y = 16.9 m Long losa cim
 AT = 438 m² Área total losa

X A1= 20 m Long A1
 Y A1= 11 m Long A1
 A1 = 220 m² Área interior 1

X A2= 25 m Long A2
 Y A2= 13 m Long A2
 A2 = 105 m² Área interior 2

A3 = 113 m² Área exterior 3



$$A1 \approx \frac{AT}{2} \approx A2 + A3 ; \quad A1 = XA1 * YA1$$

$$A2 = (XA2 * YA2 - A1)$$

$$A3 = AT - (A1 + A2)$$

Ks = 3327 kN/m³ Módulo de reacción del suelo

2. Distribución módulos de reacción del suelo:

KA1 = 2414 kN/m³ KA1 = KA1; KA2=1.5 KA1; KA3=2 KA1

KA2 = 3622 kN/m³

KA3 = 4829 kN/m³ A1*KA1+A2*1.5*KA1+A3*2*KA1 = AT*KS

Ks prom = 3622 kN/m³ Módulo de reacción promedio

3. Distribución de resortes verticales:

Área	Zona	KAi (kN/m ³)	Xi (m)	Yi (m)	Área (m ²)	KZ (kN/m)
A1	Interior	2414	0.51	0.50	0.255	616
A1	Borde	2414	0.51	0.25	0.128	308
A2	Interior	3622	0.51	0.51	0.260	942
A2	Borde	3622	0.51	0.26	0.130	471
A3	Interior	4829	0.51	0.50	0.255	1231
A3	Borde	4829	0.51	0.25	0.128	616
A3	Esquina	4829	0.25	0.25	0.063	302

$$Kz = KAi * \text{Área Aferente}$$

DISTRIBUCIÓN DE RESORTES K2

Edificio 6 pisos

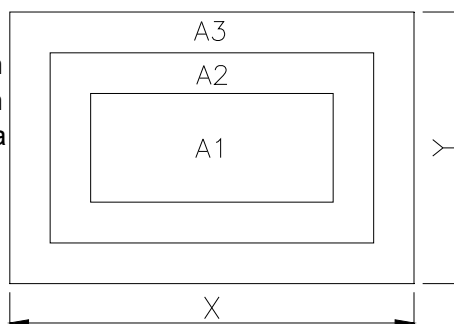
1. Datos de entrada:

X = 26 m Long losa cim
 Y = 16.9 m Long losa cim
 AT = 438 m² Área total losa

X A1= 20 m Long A1
 Y A1= 11 m Long A1
 A1 = 220 m² Área interior 1

X A2= 25 m Long A2
 Y A2= 13 m Long A2
 A2 = 105 m² Área interior 2

A3 = 113 m² Área exterior 3



$$A1 \approx \frac{AT}{2} \approx A2 + A3 ; \quad A1 = XA1 * YA1$$

$$A2 = (XA2 * YA2 - A1)$$

$$A3 = AT - (A1 + A2)$$

Ks = 1969 kN/m³ Módulo de reacción del suelo

2. Distribución módulos de reacción del suelo:

KA1 = 1429 kN/m³ KA1 = KA1; KA2 = 1.5 KA1; KA3 = 2 KA1

KA2 = 2143 kN/m³

KA3 = 2858 kN/m³ A1 * KA1 + A2 * 1.5 * KA1 + A3 * 2 * KA1 = AT * Ks

Ks prom = 2143 kN/m³ Módulo de reacción promedio

3. Distribución de resortes verticales:

Área	Zona	KAi (kN/m ³)	Xi (m)	Yi (m)	Área (m ²)	KZ (kN/m)
A1	Interior	1429	0.51	0.50	0.255	364
A1	Borde	1429	0.51	0.25	0.128	182
A2	Interior	2143	0.51	0.51	0.260	557
A2	Borde	2143	0.51	0.26	0.130	279
A3	Interior	2858	0.51	0.50	0.255	729
A3	Borde	2858	0.51	0.25	0.128	364
A3	Esquina	2858	0.25	0.25	0.063	179

Kz = KA_i * Área Aferente

DISTRIBUCIÓN DE RESORTES K3

Edificio 6 pisos

1. Datos de entrada:

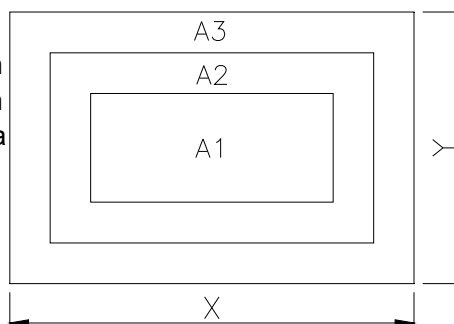
X = 26 m Long losa cim
 Y = 16.9 m Long losa cim
 AT = 438 m² Área total losa

X A1= 20 m Long A1
 Y A1= 11 m Long A1
 A1 = 220 m² Área interior 1

X A2= 25 m Long A2
 Y A2= 13 m Long A2
 A2 = 105 m² Área interior 2

A3 = 113 m² Área exterior 3

Ks = 239 kN/m³ Módulo de reacción del suelo



$$A1 \approx \frac{AT}{2} \approx A2 + A3 ; \quad A1 = XA1 * YA1$$

$$A2 = (XA2 * YA2 - A1)$$

$$A3 = AT - (A1 + A2)$$

2. Distribución módulos de reacción del suelo:

KA1 = 173 kN/m³ KA1 = KA1; KA2=1.5 KA1; KA3=2 KA1

KA2 = 260 kN/m³

KA3 = 347 kN/m³ A1*KA1+A2*1.5*KA1+A3*2*KA1 = AT*KS

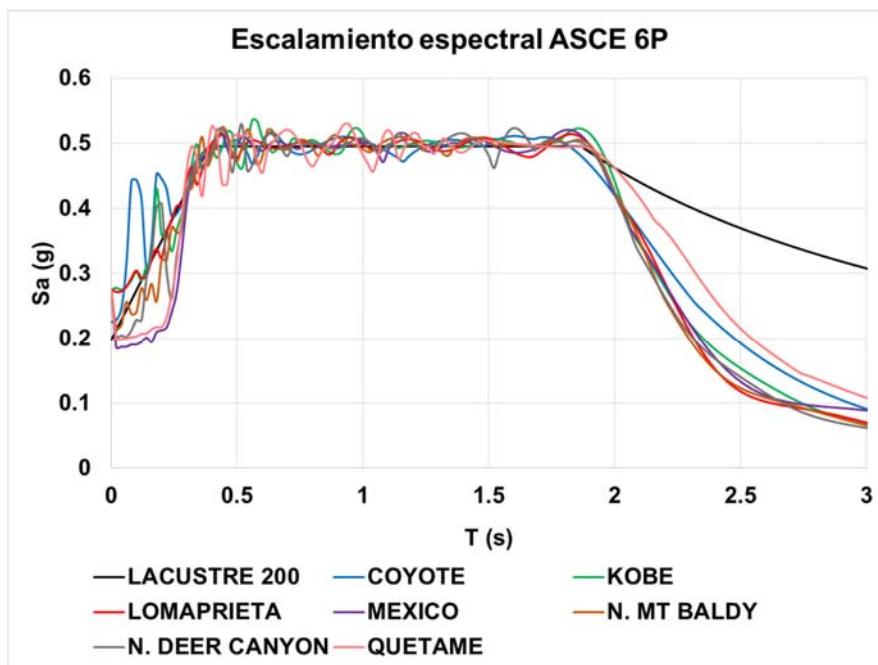
Ks prom = 260 kN/m³ Módulo de reacción promedio

3. Distribución de resortes verticales:

Área	Zona	KAi (kN/m ³)	Xi (m)	Yi (m)	Área (m ²)	KZ (kN/m)
A1	Interior	173	0.51	0.50	0.255	44
A1	Borde	173	0.51	0.25	0.128	22
A2	Interior	260	0.51	0.51	0.260	68
A2	Borde	260	0.51	0.26	0.130	34
A3	Interior	347	0.51	0.50	0.255	88
A3	Borde	347	0.51	0.25	0.128	44
A3	Esquina	347	0.25	0.25	0.063	22

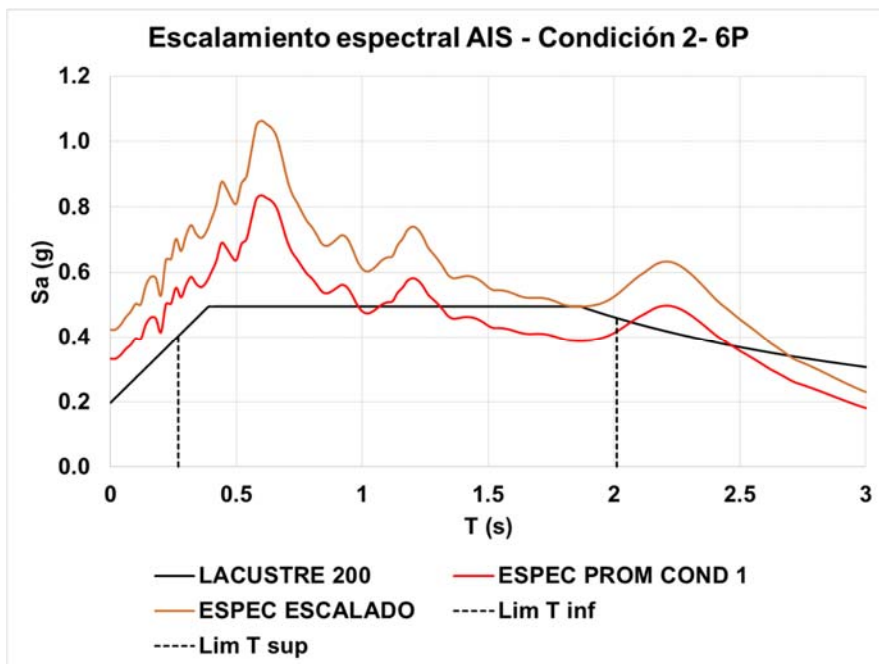
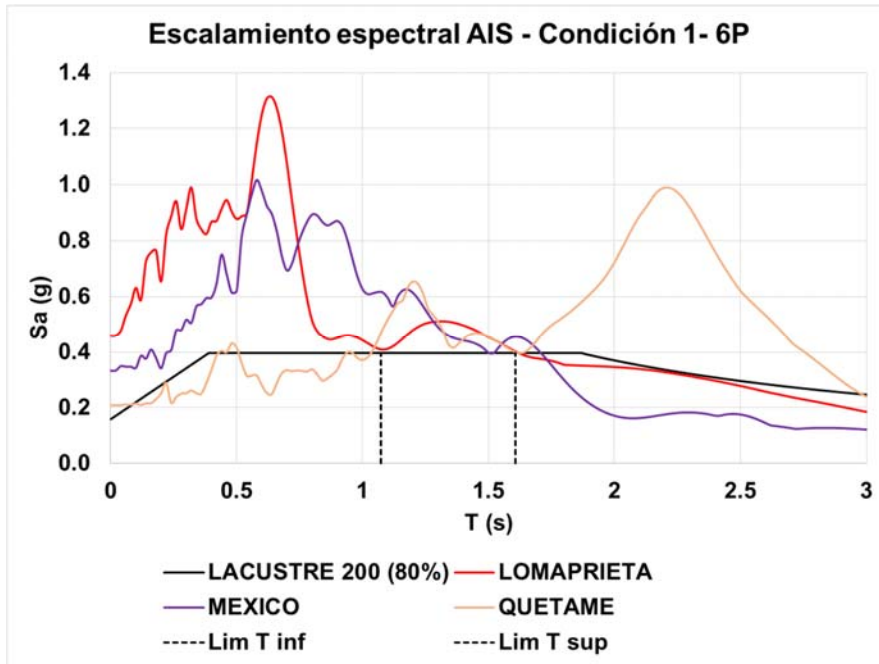
$$Kz = KA_i * \text{Área Aferente}$$

ANEXO 34 Escalamiento espectral de registros ASCE - 6P



ANEXO 35 Escalamiento espectral de registros AIS - 6P





ANEXO 36 Derivas análisis elástico - 6P

DERIVAS
Edificio 6 pisos

1. Resumen deriva máxima de piso:

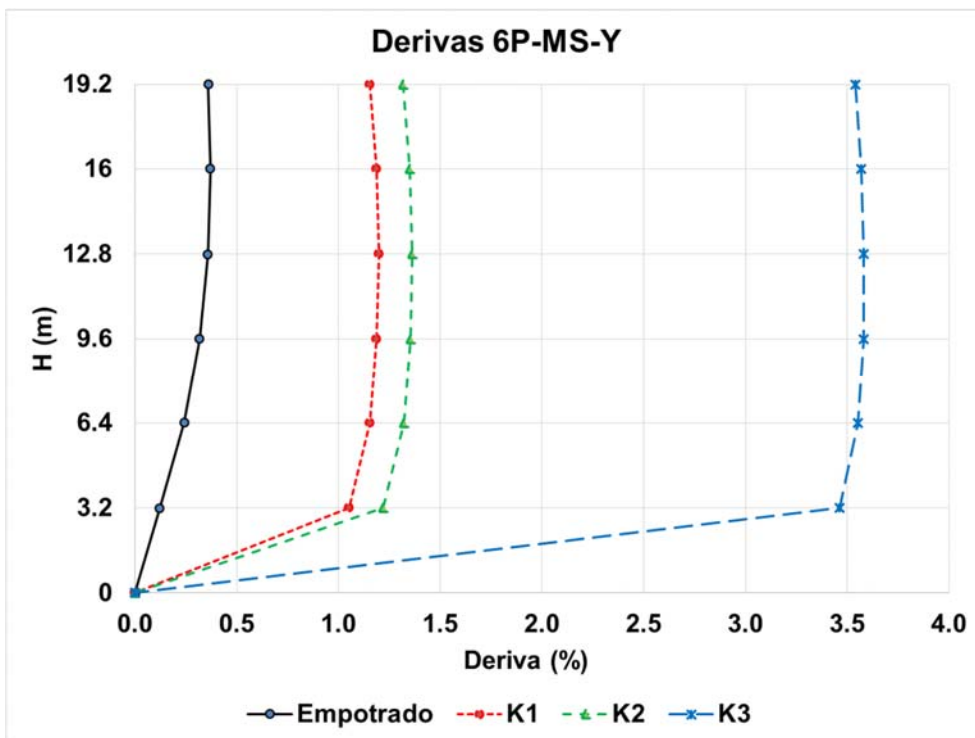
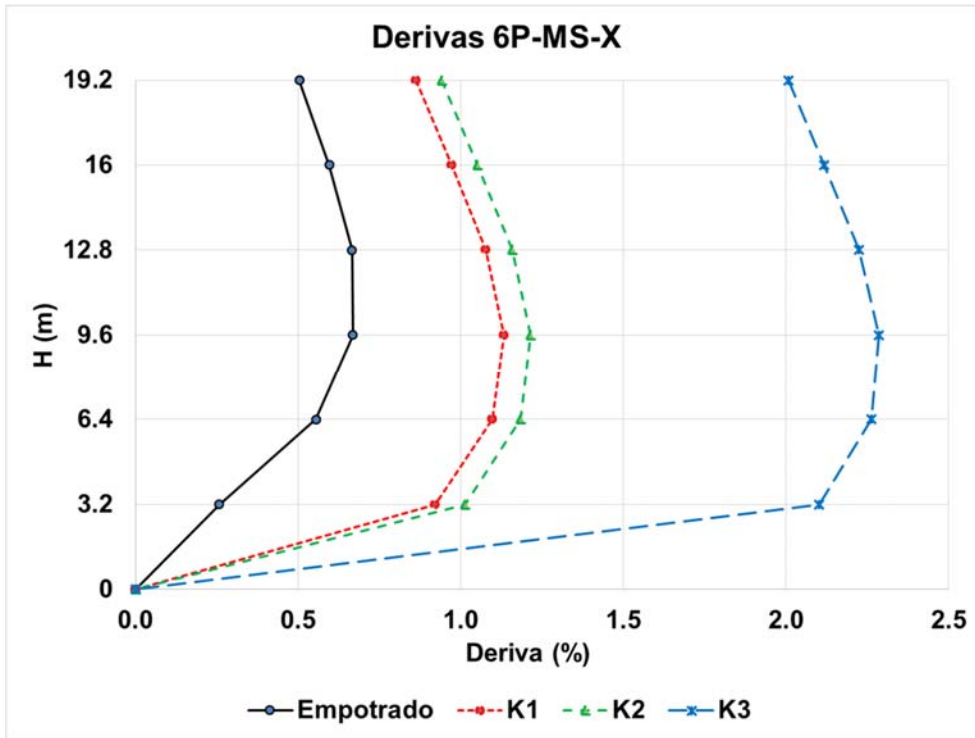
Deriva (%)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	0.86	0.47	1.34	1.42	1.44	1.63	2.77	4.68
MS	0.67	0.37	1.13	1.20	1.21	1.36	2.29	3.58
MC-CY	0.66	0.33	1.10	1.10	1.18	1.29	2.21	3.30
MC-KB	0.64	0.33	1.11	1.11	1.16	1.27	2.25	3.29
MC-LM	0.66	0.33	1.09	1.09	1.17	1.25	2.24	3.39
MC-MX	0.67	0.33	1.13	1.14	1.18	1.22	2.24	3.24
MC-MT	0.65	0.33	1.09	1.09	1.18	1.26	2.25	3.40
MC-DE	0.66	0.32	1.10	1.09	1.16	1.24	2.11	3.40
MC-QU	0.66	0.33	1.09	1.09	1.19	1.23	2.24	3.49
MC-ASCE	0.66	0.33	1.10	1.10	1.17	1.25	2.22	3.36
MCN-QU	0.54	0.29	1.09	1.13	1.39	1.77	2.55	6.48
MCN-LM	1.10	0.76	1.21	1.21	1.24	1.36	2.54	3.28
MCN-MX	1.41	0.70	1.71	1.75	1.86	1.84	2.27	1.67
MC-AIS	1.02	0.58	1.34	1.36	1.50	1.65	2.45	3.81

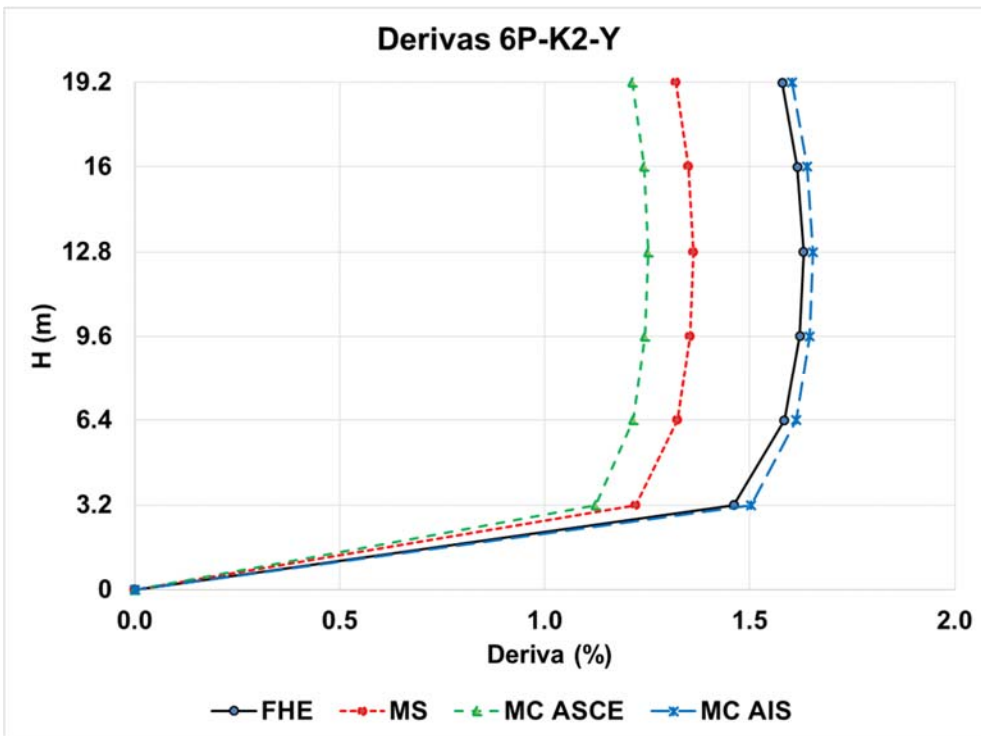
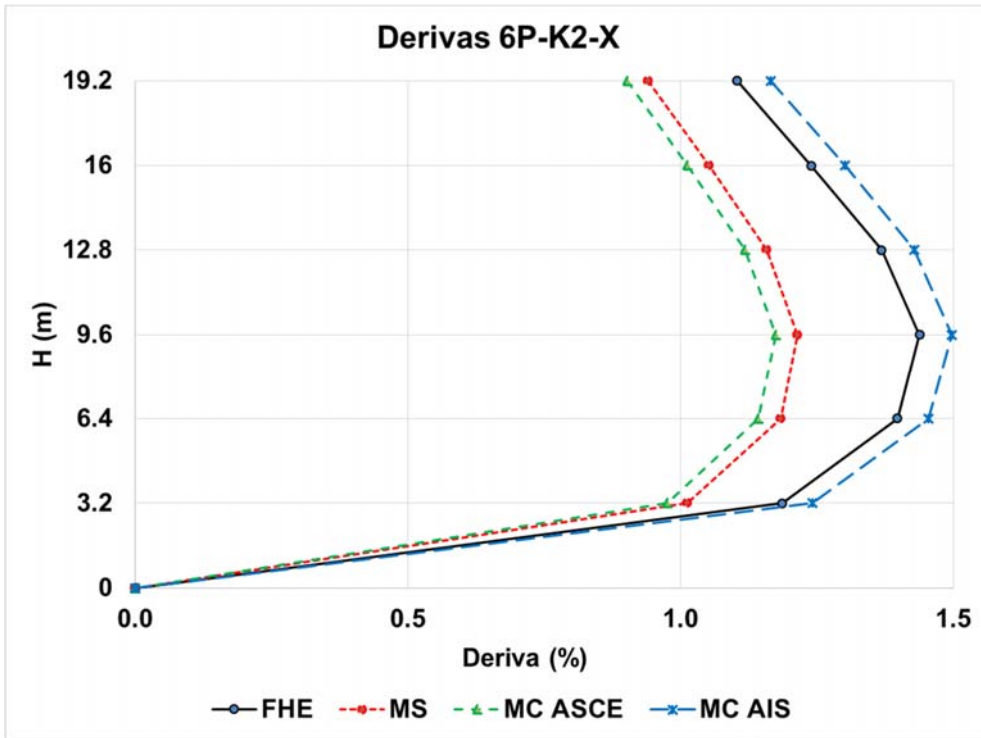
2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	56	203	68	247	222	895
MS	69	223	82	268	242	868
MC-ASCE	67	237	78	283	237	926
MC-AIS	31	133	47	183	141	553

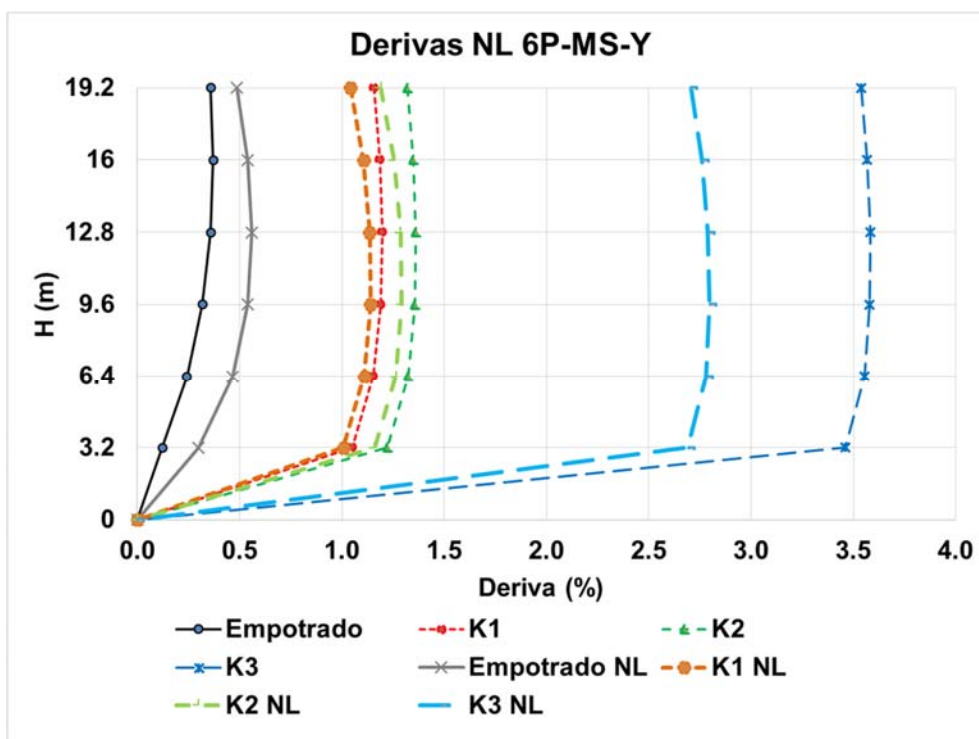
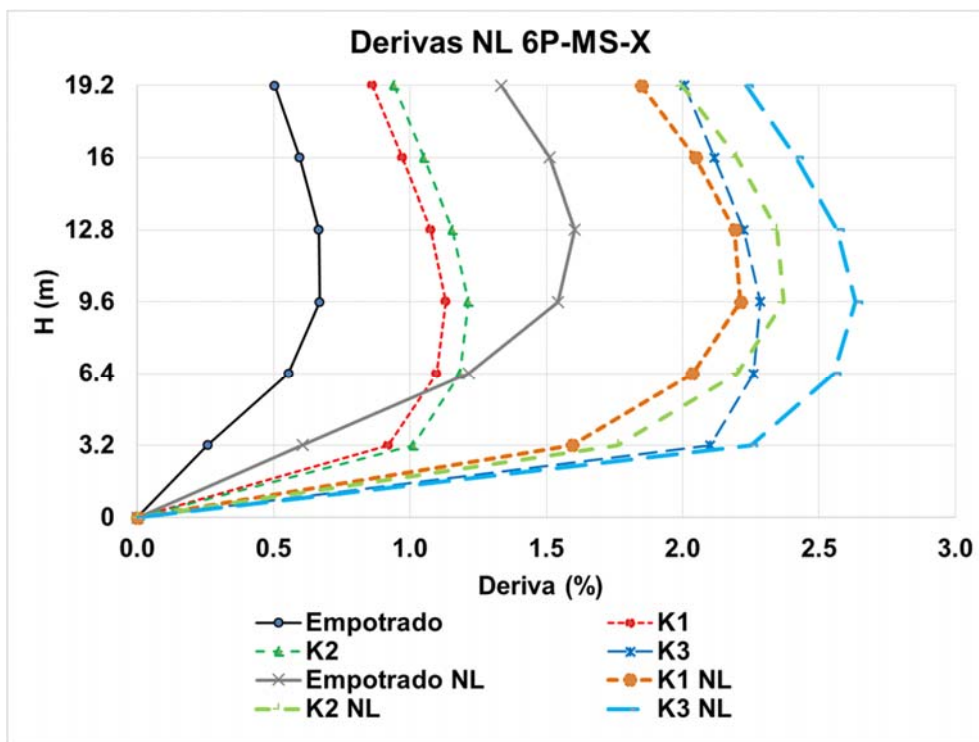
Convenciones:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| FHE = Fuerza horizontal equivalente | LM = Lomapieta |
| MS = Análisis modal espectral | MX = México |
| MC = Análisis modal cronológico | MT = Northridge MT Baldy |
| CY = Coyote Lake | DE = Northridge DeerCanyon |
| KB = Kobe | QU = Quetame |
| EM = Condición empotrada | |





ANEXO 37 Derivas análisis no lineal - 6P



ANEXO 38 Desplazamientos - 6P

DESPLAZAMIENTOS

Edificio 6 pisos

1. Resumen desplazamientos máximos de piso:

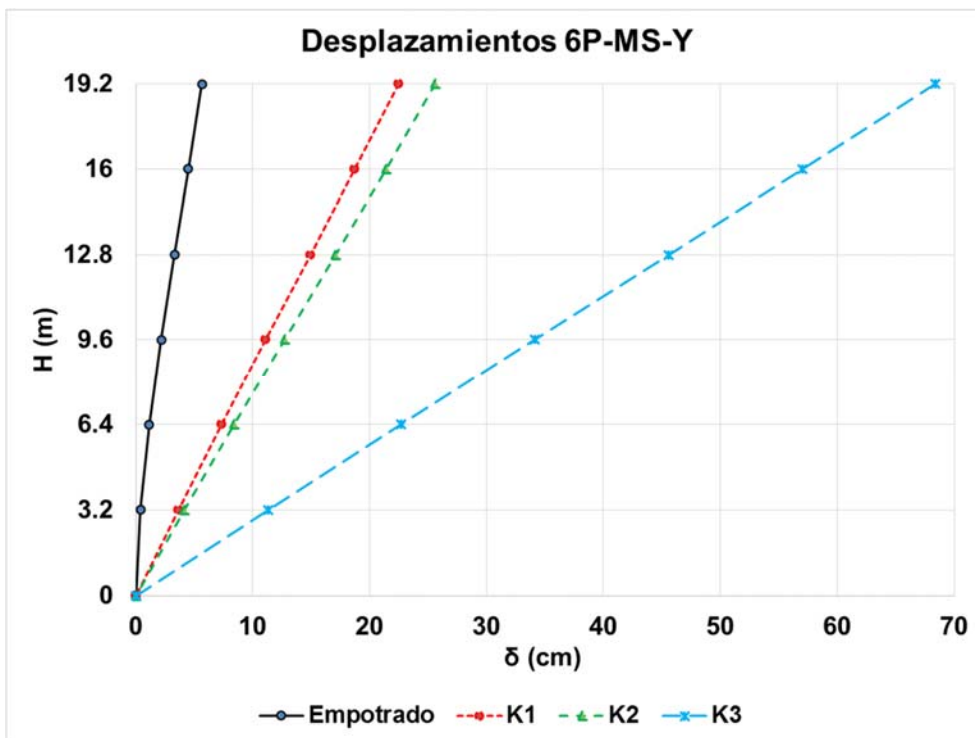
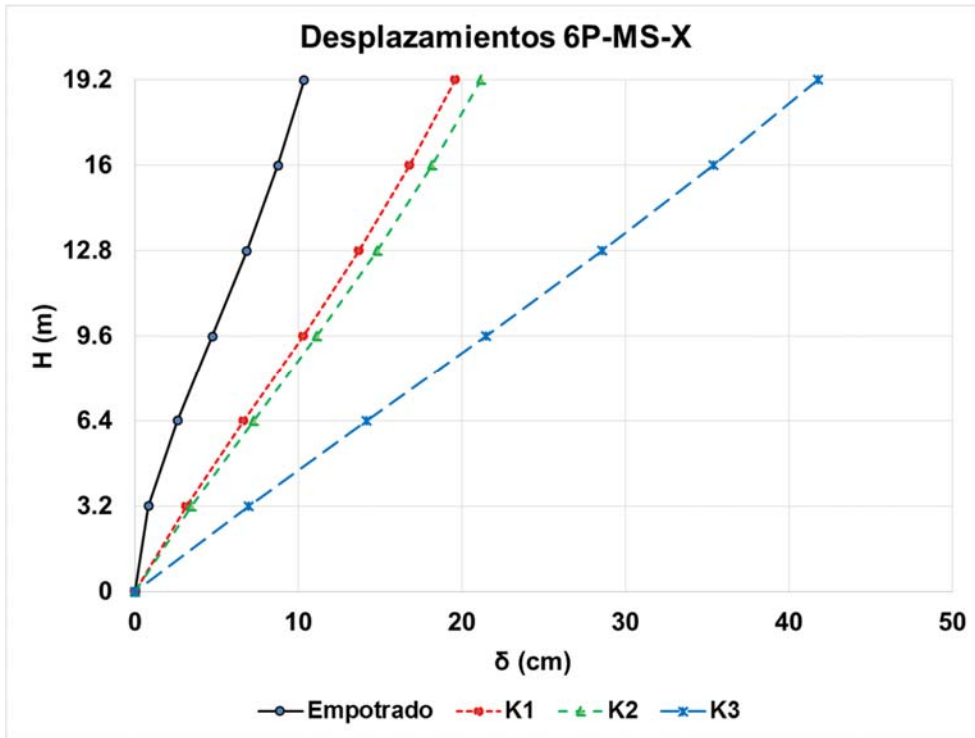
Desplazamiento (cm)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	13.3	7.3	23.1	26.7	25.0	30.7	50.5	89.2
MS	10.3	5.7	19.6	22.5	21.2	25.6	41.8	68.4
MC-CY	10.3	5.1	19.0	20.7	20.5	24.2	40.2	63.1
MC-KB	9.8	5.1	19.1	20.7	20.3	23.8	41.1	62.8
MC-LM	10.1	5.0	18.7	20.4	20.3	23.6	41.0	64.5
MC-MX	10.3	5.1	19.4	21.4	20.6	23.0	40.8	61.8
MC-MT	10.0	5.1	18.7	20.4	20.6	23.7	41.1	64.7
MC-DE	10.1	4.9	18.9	20.6	20.1	23.5	38.5	64.8
MC-QU	10.2	5.0	18.8	20.5	20.6	23.2	40.8	66.5
MC-ASCE	10.1	5.0	18.9	20.7	20.4	23.6	40.5	64.0
MCN-QU	8.4	4.4	18.7	21.3	24.2	33.4	46.5	123.7
MCN-LM	17.2	11.7	21.0	22.4	21.8	25.6	46.6	62.2
MCN-MX	21.7	10.9	29.4	32.8	32.3	34.6	41.5	31.9
MC-AIS	15.7	9.0	23.0	25.5	26.1	31.2	44.9	72.6

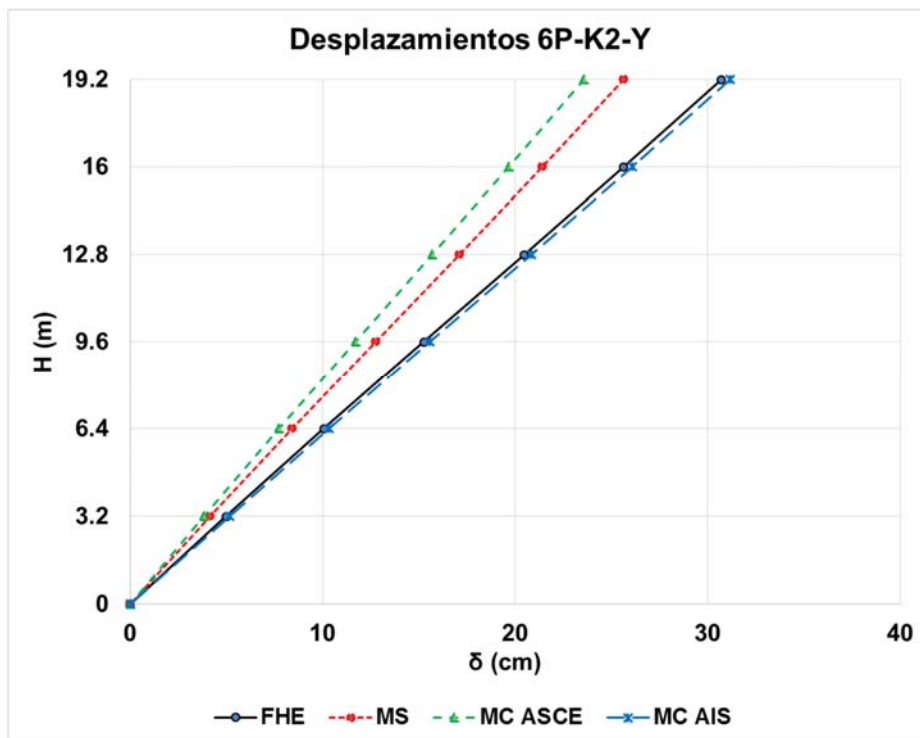
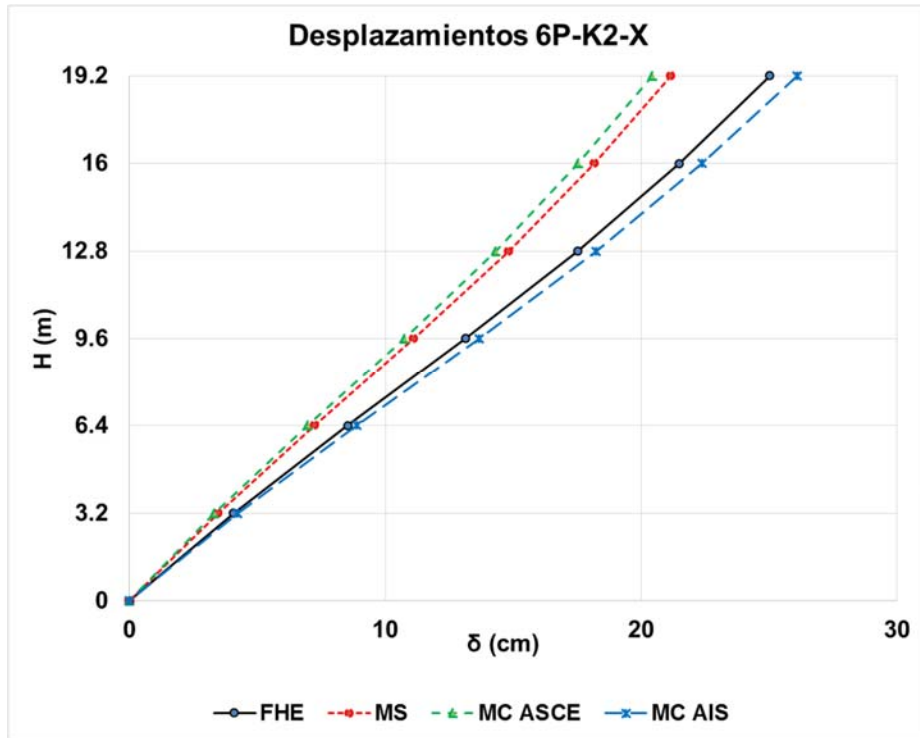
2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	74	268	89	323	281	1129
MS	89	297	105	354	304	1110
MC-ASCE	87	311	102	368	301	1171
MC-AIS	46	183	66	246	185	706

Convenciones:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| FHE = Fuerza horizontal equivalente | LM = Lomapieta |
| MS = Análisis modal espectral | MX = México |
| MC = Análisis modal cronológico | MT = Northridge MT Baldy |
| CY = Coyote Lake | DE = Northridge DeerCanyon |
| KB = Kobe | QU = Quetame |
| EM = Condición empotrada | |





ANEXO 39 Cortante sísmico - 6P

CORTANTE SÍSMICO

Edificio 6 pisos

1. Resumen cortantes máximos en la base:

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	14458	14458	14458	14458	14458	14458	14458	14458
MS	10962	10678	12050	12034	12057	12038	12010	11344
MC-CY	11726	12489	12488	13680	12511	13186	12435	11204
MC-KB	12209	11682	11515	11412	11617	11939	12039	10869
MC-LM	11444	11587	11631	11388	11397	11755	12099	10344
MC-MX	11195	11188	12458	12337	12082	11913	11667	9965
MC-MT	10754	11324	11779	11025	11353	10995	11983	10605
MC-DE	11691	10506	12111	12603	11960	12088	11635	11040
MC-QU	11471	10394	11959	11988	12045	12255	11848	10713
MC-ASCE	11498	11310	11992	12062	11852	12019	11958	10677
MCN-QU	10339	10110	13081	13541	15300	17790	14068	21042
MCN-LM	18795	25461	12919	14006	12241	14395	14306	11998
MCN-MX	24485	25215	18955	18649	18873	17823	12481	5880
MC-AIS	17873	20262	14985	15399	15471	16669	13618	12973

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
MS	9.9	12.7	10.0	12.7	9.6	6.2
MC-ASCE	4.3	6.6	3.1	6.3	4.0	-5.6
MC-AIS	-16.2	-24.0	-13.4	-17.7	-23.8	-36.0

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

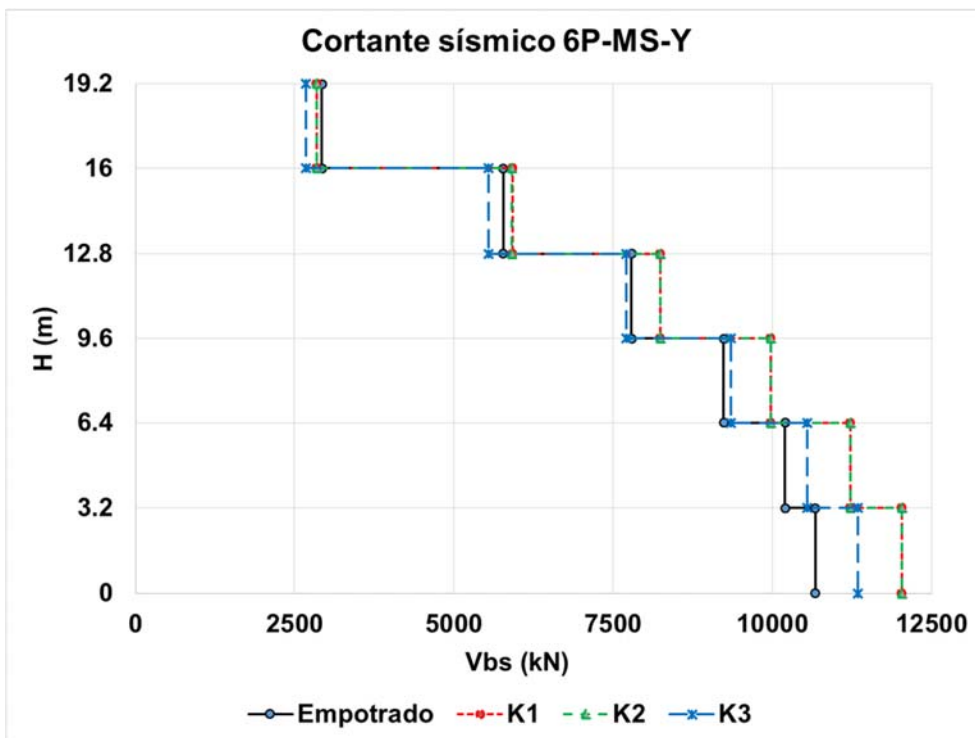
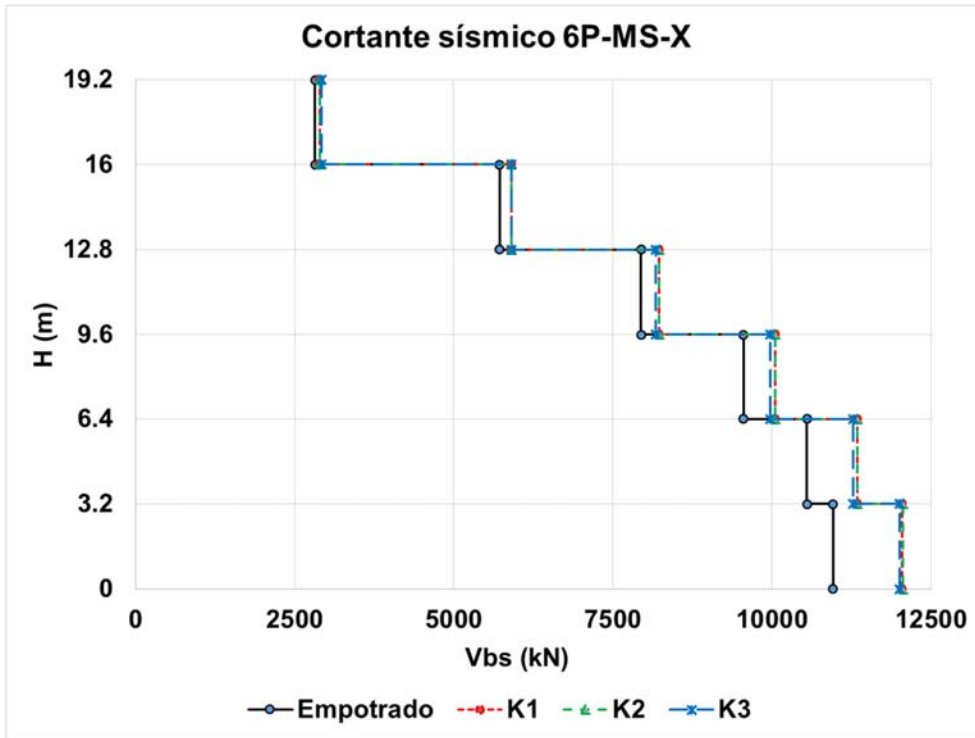
LM = Lomapieta

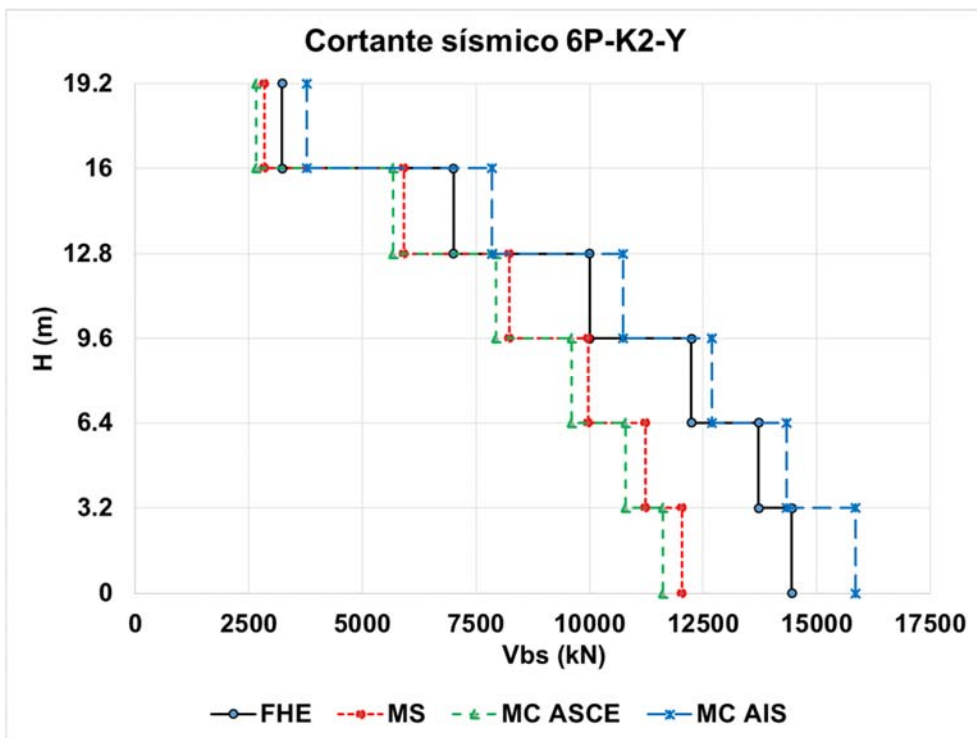
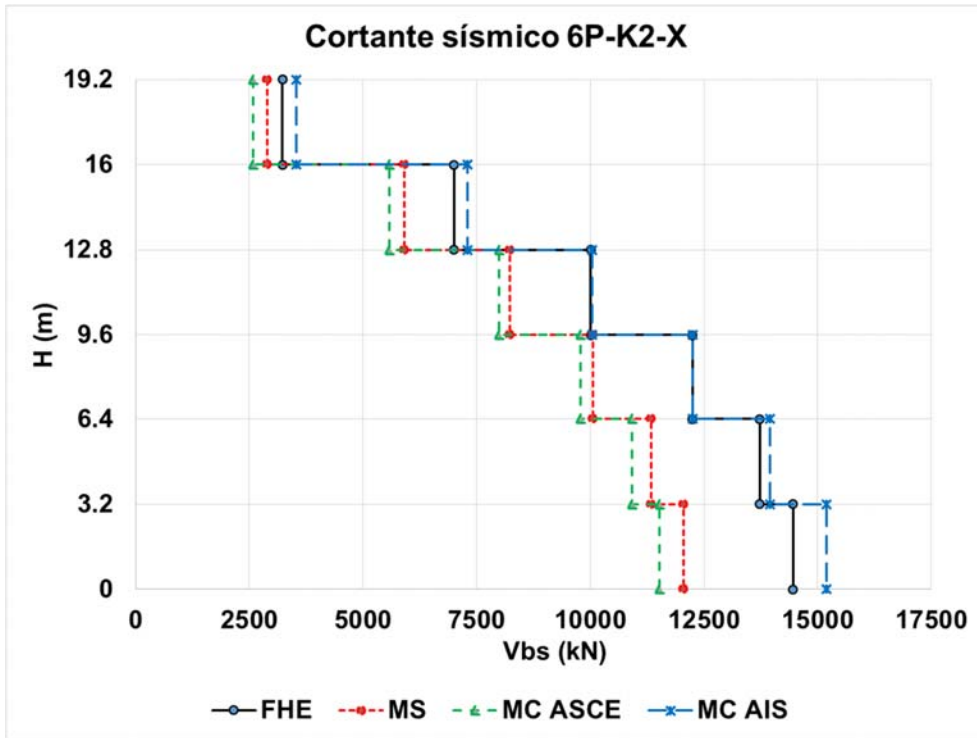
MX = México

MT = Northridge MT Baldy

DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame





ANEXO 40 Fuerzas internas en columnas - 6P

FUERZAS INTERNAS COLUMNAS

Edificio 6 pisos

1. Momentos máximos COL 01 (Ejes B-5):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	778	288	2378	726	2537	727	2907	709
MS	593	252	2069	623	2221	622	2561	549
MC-CY	573	241	1554	432	1666	431	2414	477
MC-KB	592	240	2031	607	2124	572	2446	517
MC-LM	609	240	1560	404	1683	414	2350	541
MC-MX	596	202	2064	593	2153	527	2465	491
MC-MT	564	240	1997	593	2156	600	2473	540
MC-DE	616	231	1877	537	2131	580	2355	451
MC-QU	573	238	1908	544	2072	556	2432	549
MC-ASCE	589	233	1856	530	1998	526	2420	509
MCN-QU	523	223	2020	578	2542	858	2842	1175
MCN-LM	1011	393	1778	516	1930	593	2689	597
MCN-MX	1320	383	3045	1007	3243	959	2427	291
MC-AIS	951	333	2281	700	2572	803	2652	688

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	206	152	226	152	274	146
MS	249	147	274	147	332	118
MC-ASCE	215	127	239	126	311	119
MC-AIS	140	111	170	141	179	107

3. Cortantes máximos COL 01 (Ejes B-5):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	272	209	888	382	956	387	1115	390
MS	209	182	777	335	843	337	990	316
MC-CY	175	174	582	256	632	256	927	288
MC-KB	201	173	761	326	802	320	941	294
MC-LM	207	173	583	253	637	255	906	306
MC-MX	203	145	771	328	812	306	949	292
MC-MT	200	174	749	322	818	327	952	307
MC-DE	206	167	701	305	804	323	906	278
MC-QU	196	172	714	307	783	318	937	313
MC-ASCE	198	168	694	300	755	301	931	297
MCN-QU	167	160	752	328	957	436	1094	552
MCN-LM	360	286	676	281	740	312	1035	305
MCN-MX	469	279	1139	478	1223	452	934	168
MC-AIS	332	242	856	362	973	400	1021	342

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	227	83	252	85	311	87
MS	273	84	304	85	374	74
MC-ASCE	250	78	281	79	369	76
MC-AIS	158	50	193	65	208	41

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

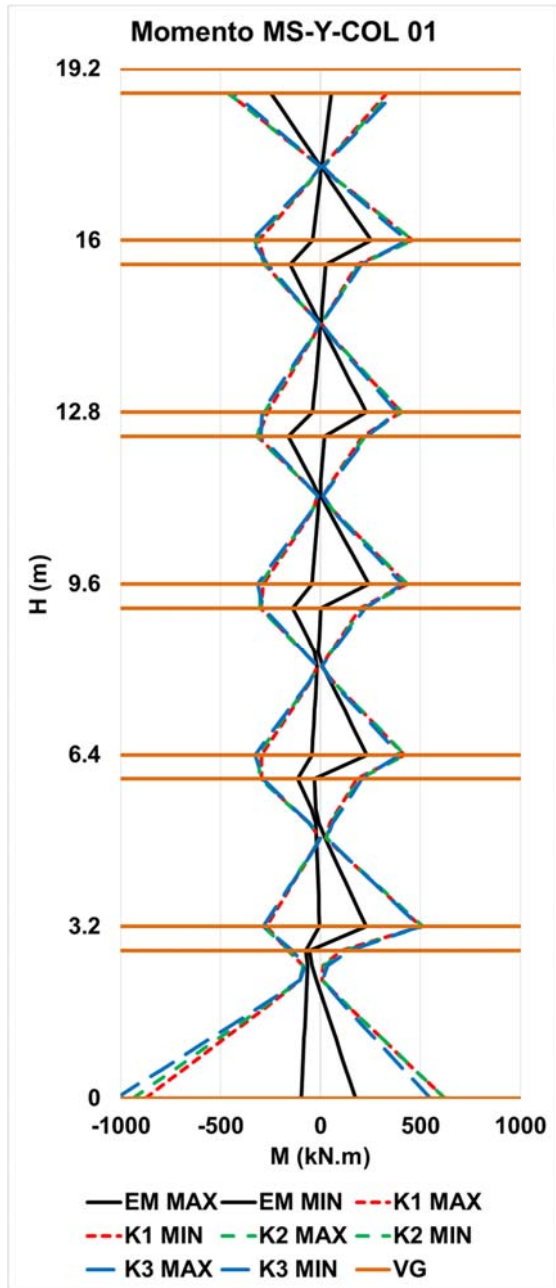
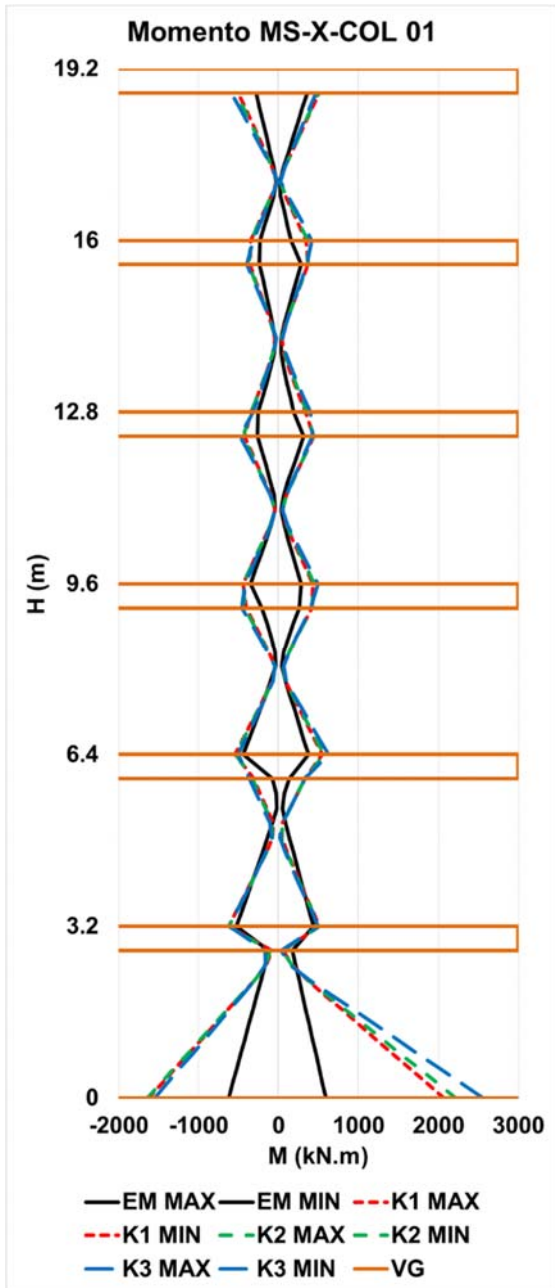
LM = Lomapieta

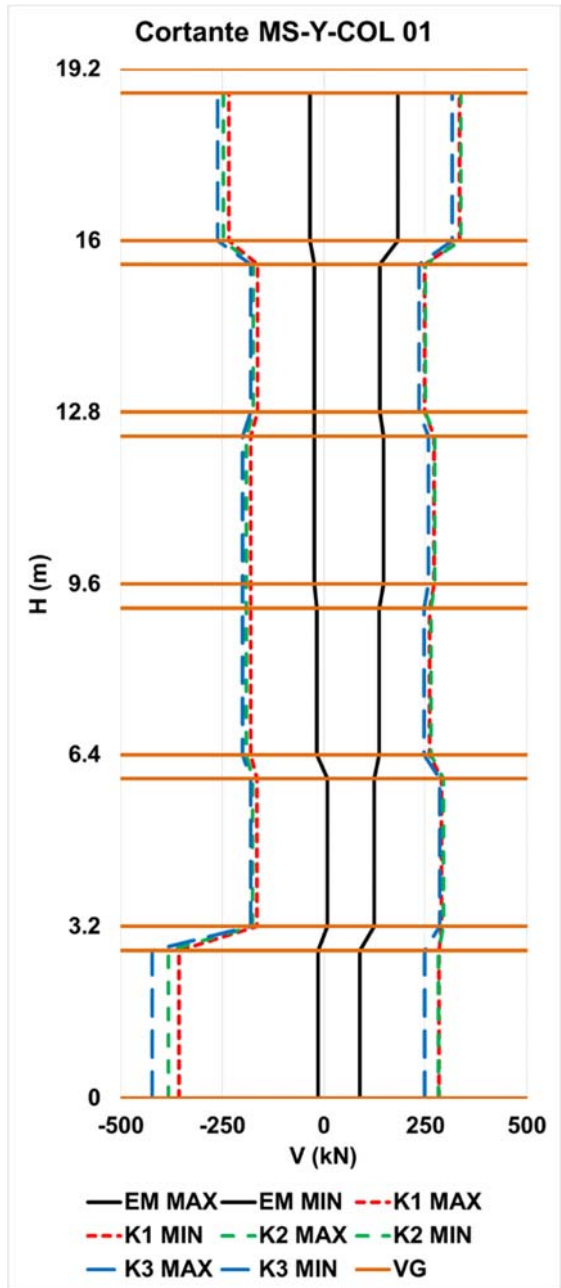
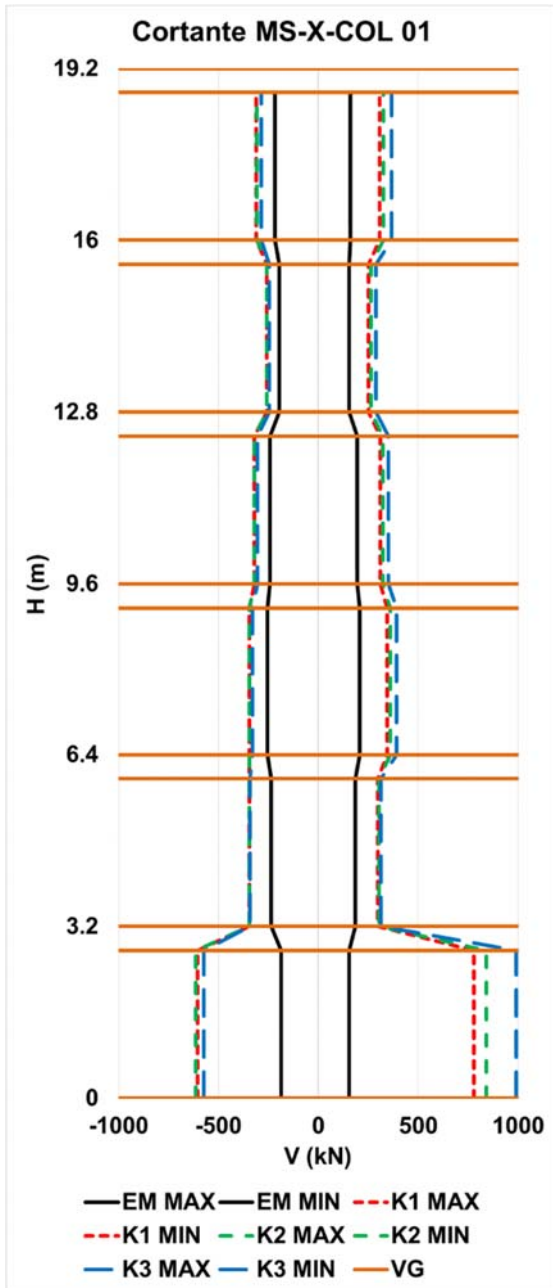
MX = México

MT = Northridge MT Baldy

DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame





ANEXO 41 Fuerzas internas en vigas - 6P

FUERZAS INTERNAS VIGAS DIRECCIÓN X

Edificio 6 pisos

1. Momentos máximos VG-02 (Eje B entre ejes 1 a 6):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P4	P2	P4	P2	P4	P2	P4
FHE	-494	-632	-774	-821	-793	-835	-842	-873
MS	-442	-557	-714	-752	-733	-767	-777	-800
MC-CY	-428	-524	-658	-684	-682	-704	-748	-764
MC-KB	-438	-543	-701	-744	-711	-748	-754	-772
MC-LM	-443	-552	-651	-684	-672	-702	-738	-757
MC-MX	-438	-545	-711	-747	-717	-749	-756	-782
MC-MT	-433	-546	-694	-736	-715	-759	-759	-785
MC-DE	-444	-549	-671	-702	-712	-744	-736	-754
MC-QU	-433	-539	-677	-713	-701	-733	-751	-776
MC-ASCE	-437	-542	-680	-716	-702	-734	-749	-770
MCN-QU	-414	-502	-704	-731	-803	-832	-839	-861
MCN-LM	-567	-748	-688	-737	-691	-737	-798	-819
MCN-MX	-656	-962	-920	-972	-938	-987	-742	-780
MC-AIS	-546	-737	-771	-813	-811	-852	-793	-820

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	56	30	60	32	70	38
MS	62	35	66	38	76	44
MC-ASCE	56	32	61	35	72	42
MC-AIS	41	10	49	16	45	11

3. Cortantes máximos VG-02 (Eje B entre ejes 1 a 6):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P4	P2	P4	P2	P4	P2	P4
FHE	281	326	362	381	374	390	396	406
MS	267	307	342	351	347	355	359	364
MC-CY	263	283	310	317	315	321	351	354
MC-KB	266	296	338	349	341	350	353	357
MC-LM	267	301	311	318	316	322	348	352
MC-MX	266	300	341	350	343	350	353	359
MC-MT	264	298	336	347	342	353	354	360
MC-DE	267	301	330	337	341	349	348	352
MC-QU	264	294	332	341	338	346	352	358
MC-ASCE	265	296	328	337	334	342	351	356
MCN-QU	259	283	339	345	373	381	379	382
MCN-LM	330	433	322	331	328	333	370	371
MCN-MX	387	513	447	468	468	483	350	358
MC-AIS	326	409	369	381	390	399	366	370

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	29	17	33	20	41	25
MS	28	14	30	16	35	19
MC-ASCE	24	14	26	15	32	20
MC-AIS	13	-7	20	-3	13	-10

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

LM = Lomaprieta

MX = México

MT = Northridge MT Baldy

DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame

P2 y P4 = Nivel de piso 2 y 4

FUERZAS INTERNAS VIGAS DIRECCIÓN Y

Edificio 6 pisos

1. Momentos máximos VG-09 (Eje 5 entre ejes A y D):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P4	P2	P4	P2	P4	P2	P4
FHE	-122	-191	-470	-494	-499	-520	-558	-571
MS	-109	-161	-410	-431	-437	-453	-495	-494
MC-CY	-99	-146	-384	-401	-426	-438	-471	-470
MC-KB	-98	-146	-399	-419	-425	-436	-473	-470
MC-LM	-97	-145	-384	-400	-419	-431	-459	-463
MC-MX	-105	-152	-404	-424	-413	-425	-467	-465
MC-MT	-101	-146	-395	-414	-424	-440	-467	-465
MC-DE	-102	-149	-383	-400	-421	-438	-480	-478
MC-QU	-103	-151	-386	-403	-416	-432	-473	-472
MC-ASCE	-101	-148	-391	-409	-421	-434	-470	-469
MCN-QU	-93	-130	-404	-425	-542	-568	-712	-731
MCN-LM	-198	-313	-415	-430	-447	-459	-457	-457
MCN-MX	-193	-296	-566	-598	-563	-583	-324	-317
MC-AIS	-161	-246	-461	-485	-518	-537	-498	-502

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	285	158	309	172	357	199
MS	278	167	302	181	355	207
MC-ASCE	288	176	318	193	367	217
MC-AIS	186	97	221	118	209	104

3. Cortantes máximos VG-09 (Eje 5 entre ejes Ay D):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P4	P2	P4	P2	P4	P2	P4
FHE	67	99	193	211	198	216	208	226
MS	58	83	166	182	169	185	168	180
MC-CY	58	79	126	136	131	139	160	164
MC-KB	58	79	161	176	161	176	162	168
MC-LM	58	79	125	136	132	140	165	174
MC-MX	53	63	163	178	154	168	161	167
MC-MT	58	79	159	174	165	179	166	174
MC-DE	56	74	151	165	163	178	157	160
MC-QU	57	78	152	167	160	175	167	178
MC-ASCE	57	76	148	162	152	165	163	169
MCN-QU	56	72	163	179	219	240	283	307
MCN-LM	91	137	138	150	156	168	164	170
MCN-MX	89	136	237	260	225	245	125	123
MC-AIS	79	115	179	196	200	218	191	200

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	186	114	194	119	209	128
MS	185	119	191	123	188	117
MC-ASCE	161	114	168	118	186	123
MC-AIS	128	70	155	89	143	74

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

LM = Lomaprieta

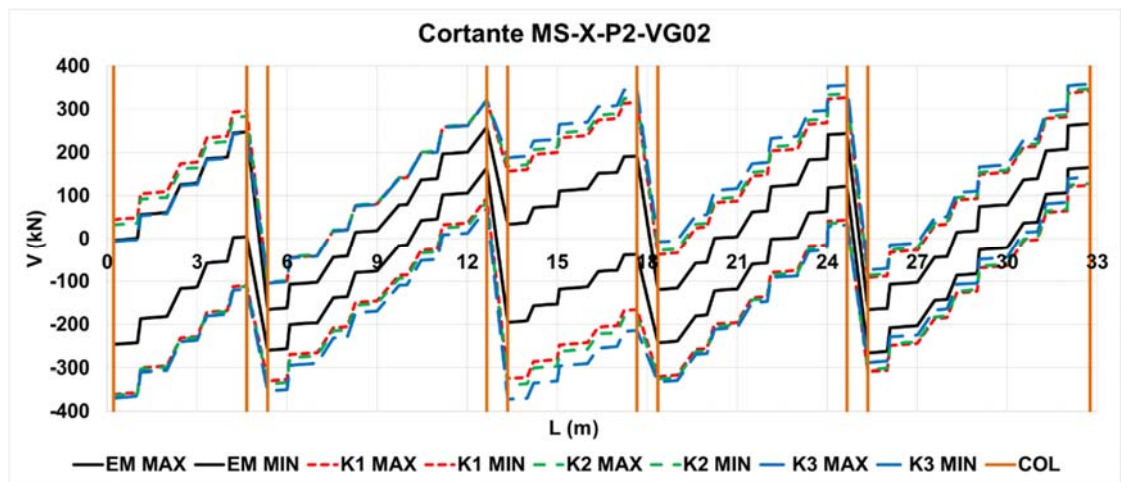
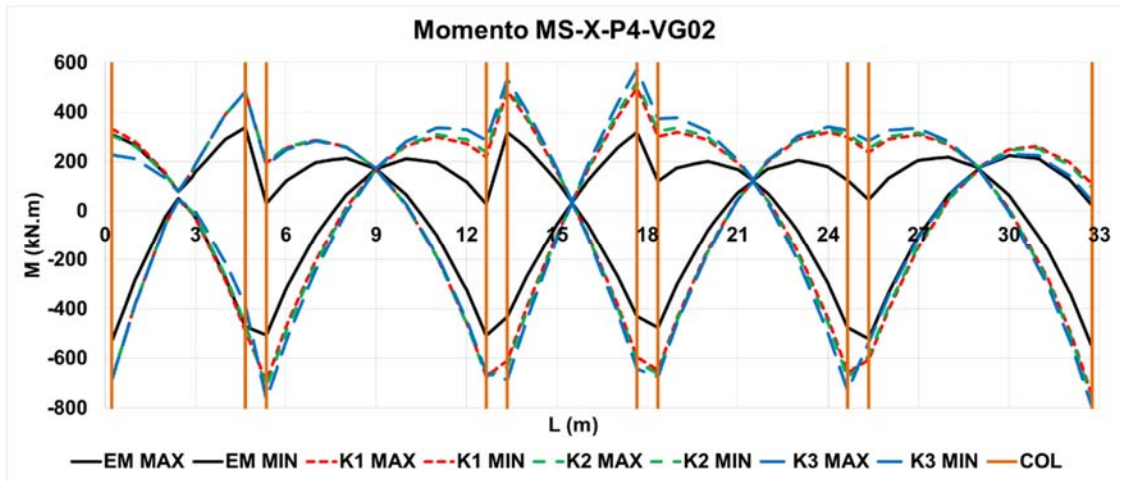
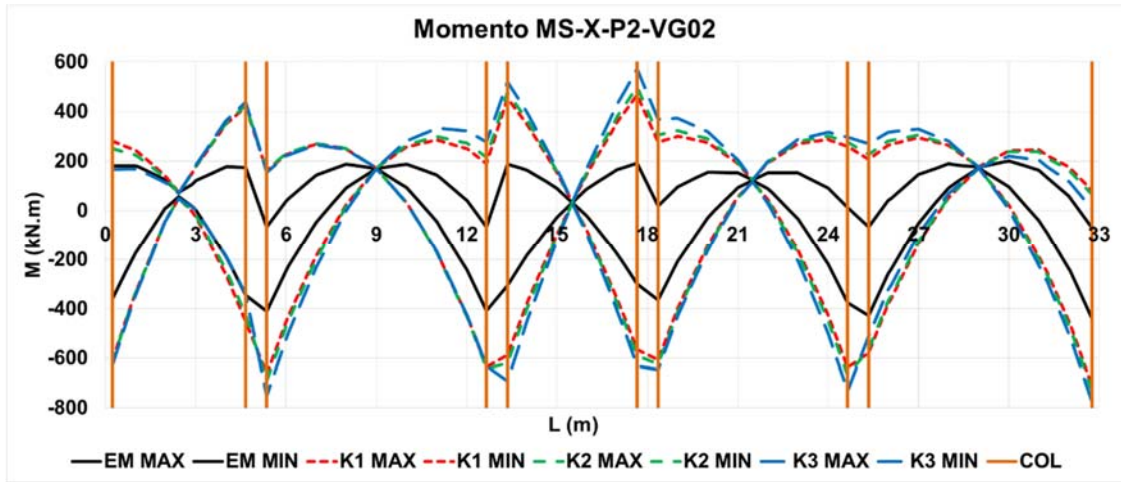
MX = México

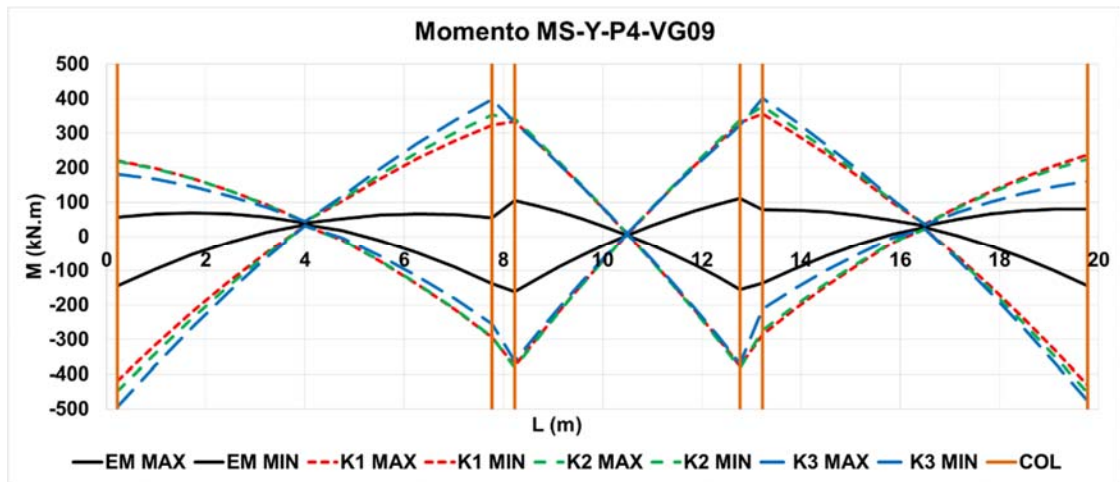
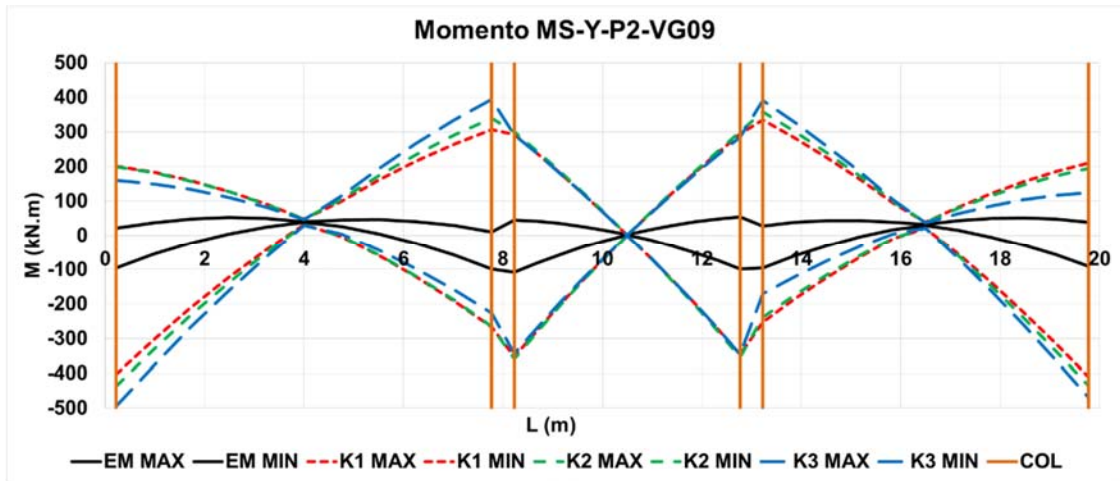
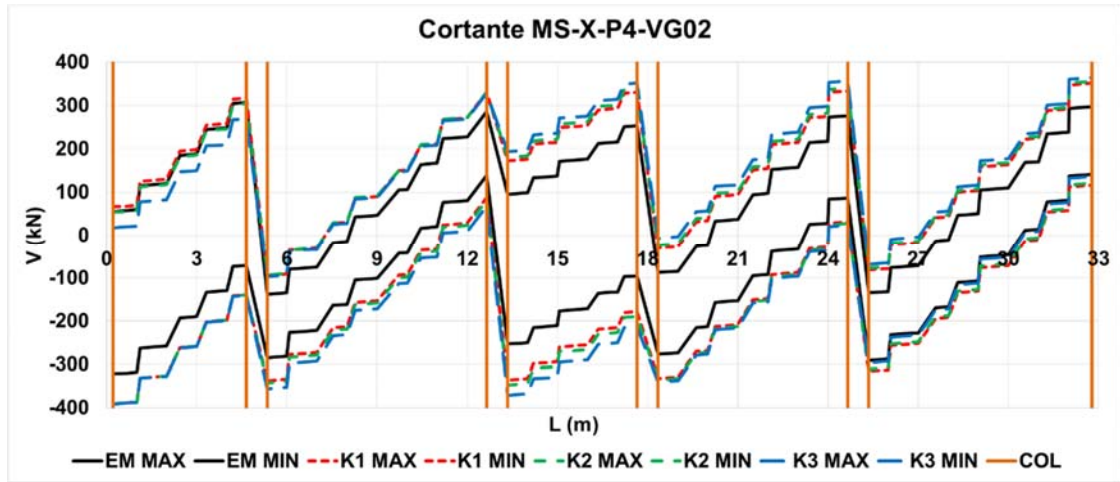
MT = Northridge MT Baldy

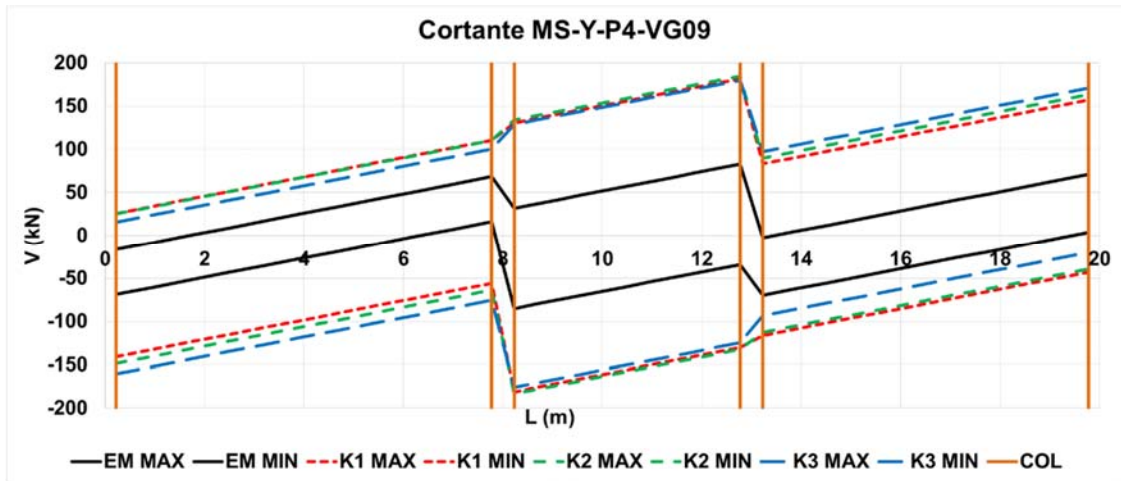
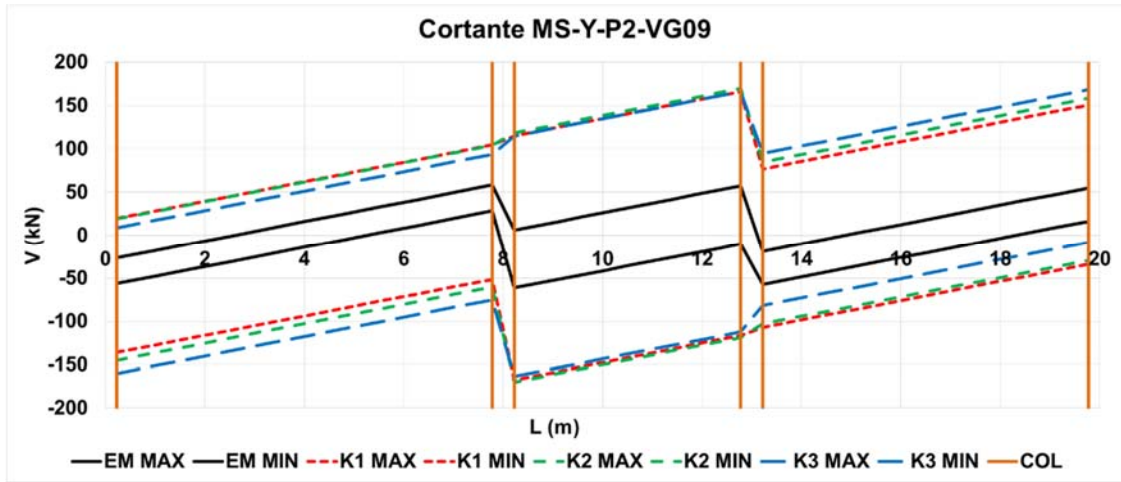
DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame

P2 y P4 = Nivel de piso 2 y 4







ANEXO 42 Fuerzas internas vigas de cimentación - 6P

FUERZAS INTERNAS VIGAS DE CIMENTACIÓN

Edificio 6 pisos

1. Momentos máximos VC-02 (X) y VC-09 (Y):

Momento (kN.m)						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	3375	2339	3533	2559	3655	2991
MS	2886	2998	3008	3345	3108	4031
MC-CY	2523	2878	2693	3253	3039	3902
MC-KB	2910	2864	2978	3276	3045	3912
MC-LM	2511	2878	2673	3218	3046	3776
MC-MX	2925	2863	2998	3220	3058	3888
MC-MT	2867	2844	3018	3063	3070	3889
MC-DE	2726	2894	2983	3130	2938	3942
MC-QU	2751	2905	2900	3229	3045	3910
MC-ASCE	2745	2875	2892	3198	3034	3888
MCN-QU	2889	2847	3482	3552	3484	5116
MCN-LM	2628	3036	2752	3367	3288	3843
MCN-MX	4064	3648	4308	3987	3052	3044
MC-AIS	3194	3177	3514	3635	3274	4001

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente
 MS = Análisis modal espectral
 MC = Análisis modal cronológico
 CY = Coyote Lake
 KB = Kobe

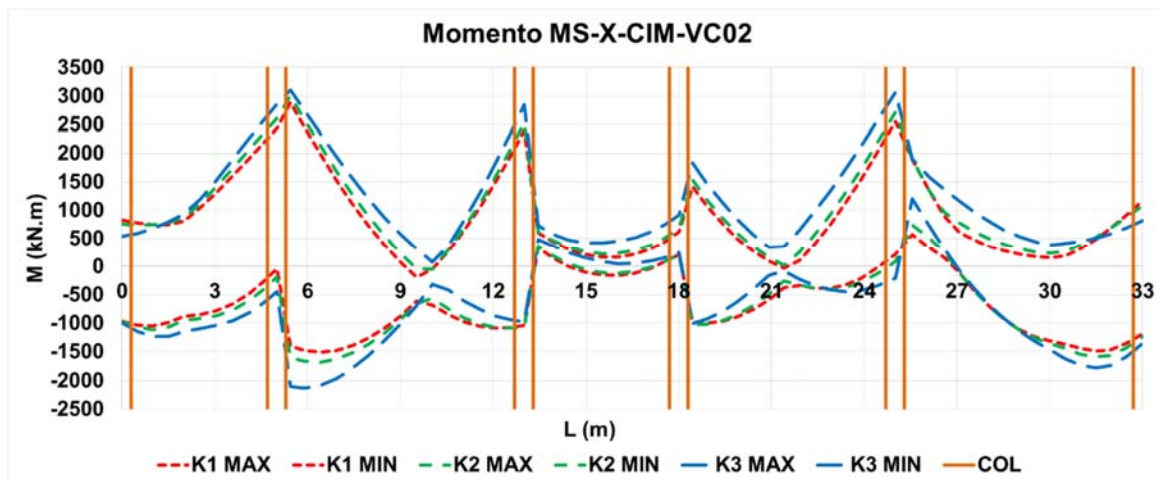
LM = Lomapieta
 MX = México
 MT = Northridge MT Baldy
 DE = Northridge DeerCanyon
 QU = Quetame

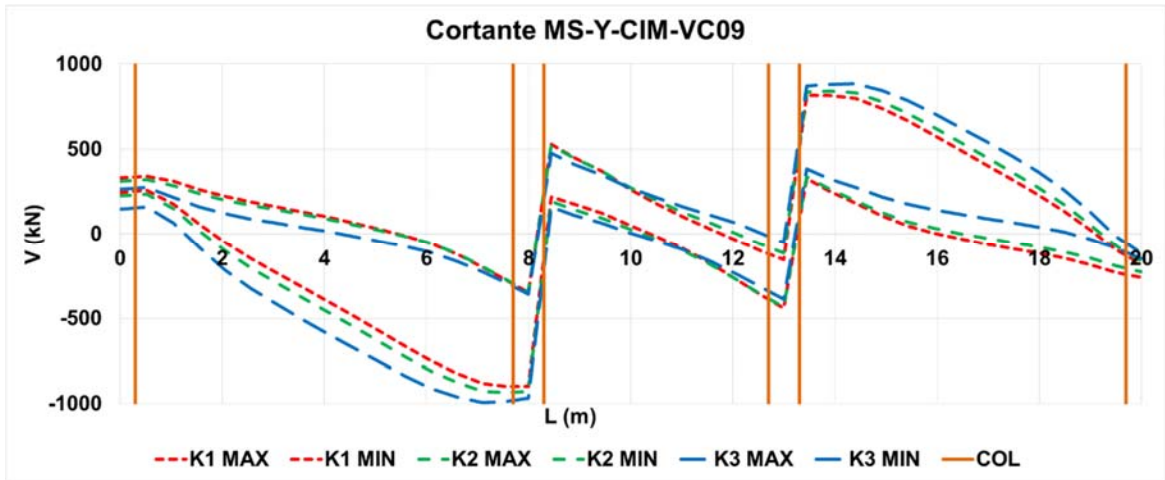
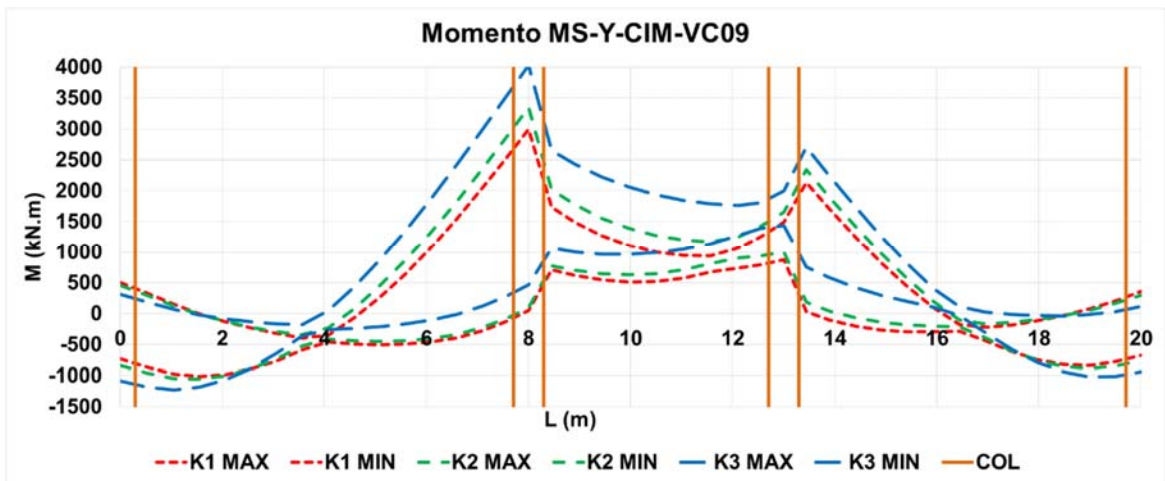
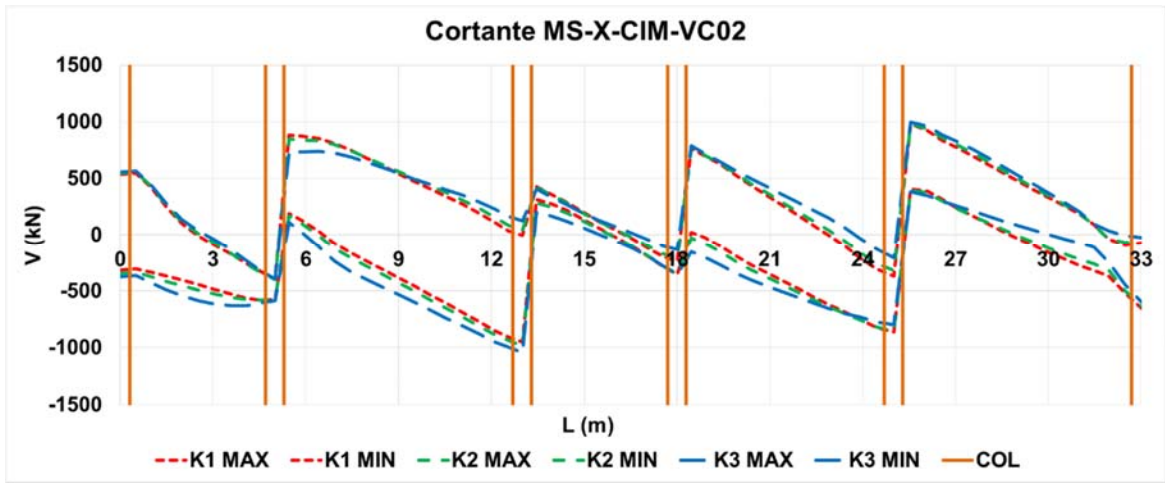
2. Cortantes máximos VC-02 (X) y VC-09 (Y):

Método	Cortante (kN)					
	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	1002	868	1019	900	1047	969
MS	983	814	983	841	994	885
MC-CY	914	749	907	770	974	860
MC-KB	985	809	975	826	979	868
MC-LM	915	744	908	766	963	875
MC-MX	988	809	979	814	982	866
MC-MT	980	805	978	834	983	880
MC-DE	962	788	975	829	965	851
MC-QU	966	791	966	822	976	883
MC-ASCE	959	785	955	809	975	869
MCN-QU	982	806	1035	933	1029	1100
MCN-LM	949	773	944	818	1013	889
MCN-MX	1143	957	1145	966	982	773
MC-AIS	1025	845	1041	906	1008	920

Convenciones:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| FHE = Fuerza horizontal equivalente | LM = Lomapieta |
| MS = Análisis modal espectral | MX = México |
| MC = Análisis modal cronológico | MT = Northridge MT Baldy |
| CY = Coyote Lake | DE = Northridge DeerCanyon |
| KB = Kobe | QU = Quetame |





ANEXO 43 Rotación en la base - 6P

ROTACIONES EN LA BASE

Edificio 6 pisos

1. Rotaciones promedio en la base Eje B dirección X, Eje 4 dirección Y:

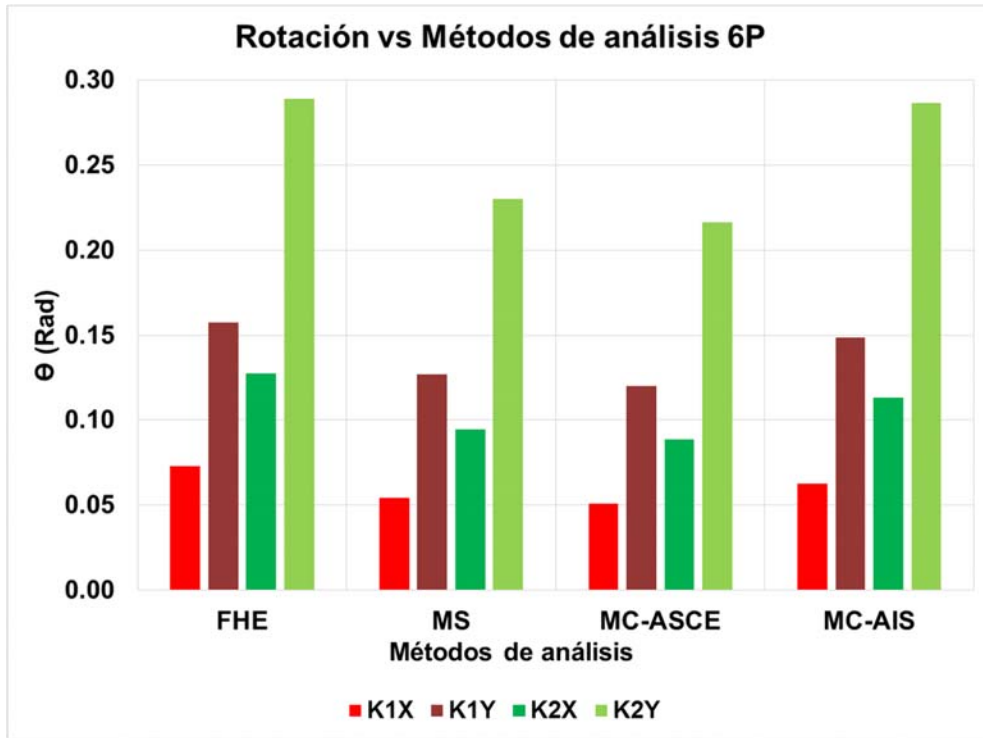
Rotaciones (rad)						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	0.073	0.158	0.127	0.289	0.941	1.267
MS	0.054	0.127	0.094	0.230	0.824	1.161
MC-CY	0.046	0.110	0.078	0.205	0.809	1.135
MC-KB	0.055	0.126	0.094	0.230	0.818	1.140
MC-LM	0.046	0.109	0.078	0.201	0.798	1.133
MC-MX	0.053	0.125	0.093	0.219	0.801	1.134
MC-MT	0.053	0.124	0.092	0.216	0.818	1.145
MC-DE	0.052	0.122	0.092	0.220	0.794	1.132
MC-QU	0.052	0.123	0.091	0.225	0.815	1.154
MC-ASCE	0.051	0.120	0.088	0.216	0.807	1.139
MCN-QU	0.053	0.125	0.106	0.294	0.864	1.330
MCN-LM	0.052	0.126	0.087	0.237	0.874	1.128
MCN-MX	0.083	0.195	0.146	0.328	0.829	0.783
MC-AIS	0.062	0.149	0.113	0.286	0.856	1.080

2. Resumen:

Rotaciones (rad)						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	0.073	0.158	0.127	0.289	0.941	1.267
MS	0.054	0.127	0.094	0.230	0.824	1.161
MC-ASCE	0.051	0.120	0.088	0.216	0.807	1.139
MC-AIS	0.062	0.149	0.113	0.286	0.856	1.080

Convenciones:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| FHE = Fuerza horizontal equivalente | LM = Lomapieta |
| MS = Análisis modal espectral | MX = México |
| MC = Análisis modal cronológico | MT = Northridge MT Baldy |
| CY = Coyote Lake | DE = Northridge DeerCanyon |
| KB = Kobe | QU = Quetame |



ANÁLISIS PÓRTICO EQUIVALENTE

Edificio 6 pisos

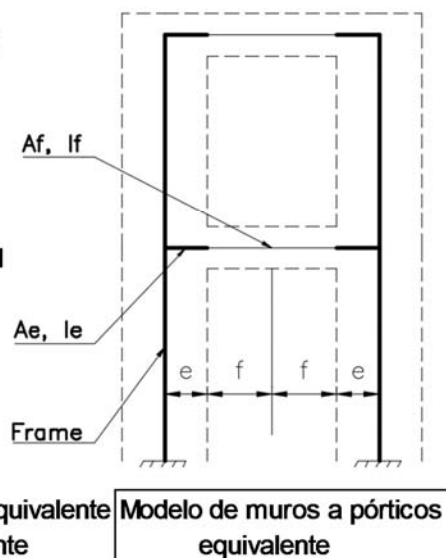
1. Datos de entrada para aplicación del método aproximado:

A) Viga de conexión (fuera de la zona rígida)

$bf = 0.40$ m Ancho
 $Hf = 0.45$ m Alto
 $f = 2.00$ m Longitud media
 $I_f = 0.0030$ m³ Inercia a flexión
 $A_f = 0.18$ m² Área transversal

B) Viga de rigidez (zona rígida equivalente)

$be = 0.40$ m Ancho
 $He = 0.45$ m Alto
 $e = 2.00$ m Longitud
 $Fie = 700$ Factor inercia equivalente
 $Ie = 2.13$ m³ Inercia equivalente
 $Fae = 100$ Factor área equivalente
 $Ae = 18.00$ m² Área equivalente
 $Fie = 300 (e / f) + 300 (e / f)^2 + 100 (e / f)^3$
 $Fae = 100 (e / f) \quad Ae = Af * Fae \quad Ie = If * Fie$



2. Resumen distribución de zonas rígidas en elementos:

Eje	f (m)	e (m)	Fie	Fae	Fie	Fae
			Aproximado		Nominal	
A (1-2)	1.5	2.0	1170	133	1000	200
A (5-6)	2.0	2.0	700	100	1000	200
1 (B-C)	3.5	5.0	1332	143	1000	200
3 (B-C)	3.5	5.0	1332	143	1000	200

Nota: Valores de Fie y Fae mayores a los nominales para los modelos no aumentan significativamente los resultados de los análisis

ANEXO 45 Análisis momento curvatura en elementos estructurales - 6P

ANÁLISIS RÓTULAS PLÁSTICAS

Edificio 6 pisos

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φ _{curv} SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φ _y	My	Φ _u	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
V1	P2	V2P2E2	S 4#6 2#7 ()	1'	IZ	3	0.41	0.14	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
V4	P3		I 4#6	1'	IZ	3	0.35	0.12	0.0077	198	0.3455	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	2	DE	3	0.41	0.86	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	2	DE	3	0.35	0.88	0.0077	198	0.3455	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0077	198	0.3455	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
		V1P2E3	S 4#6 2#6 ()	3	DE	8	0.35	0.96	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.7	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	3	DE	8	0.35	0.96	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.7	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	4	DE	5	0.35	0.93	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.7	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	4	DE	5	0.35	0.93	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.7	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
		V1P2E5	S 4#5 2#6 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	5	DE	7	0.29	0.96	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
			S 4#5 2#6 ()	5	IZ	6	0.35	0.06	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	5	IZ	6	0.29	0.05	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
		V2P2E2	S 4#6 2#7 ()	5'	DE	6	0.41	0.93	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	5'	DE	6	0.35	0.94	0.0077	198	0.3455	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
V1	P4	V2P6E2	S 4#7 2#6 ()	1'	IZ	3	0.41	0.14	0.0087	286	0.2515	344	2.8	7.0	14	1.20	28.9	0	29.0
V4	P5		I 4#6	1'	IZ	3	0.35	0.12	0.0102	201	0.3326	247	2.8	7.0	14	1.23	32.6	0	32.7

Rótulas plásticas																					
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D			
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ		
	P6	V2P2E2	S 4#7 2#6 ()	2	DE	3	0.41	0.86	0.0087	286	0.2515	344	2.8	7.0	14	1.20	28.9	0	29.0		
			I 4#6	2	DE	3	0.35	0.88	0.0102	201	0.3326	247	2.8	7.0	14	1.23	32.6	0	32.7		
			S 4#7 2#6 ()	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0087	286	0.2515	344	2.8	7.0	14	1.20	28.9	0	29.0		
			I 4#6	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0102	201	0.3326	247	2.8	7.0	14	1.23	32.6	0	32.7		
			S 4#6 2#7 ()	3	DE	8	0.41	0.95	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1		
			I 4#6	3	DE	8	0.35	0.96	0.0077	198	0.3455	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8		
			S 4#6 2#7 ()	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1		
			I 4#6	3	IZ	5	0.38	0.08	0.0077	198	0.3455	242	3.4	8.6	17	1.22	44.7	0	44.8		
			S 4#6 2#7 ()	4	DE	5	0.41	0.92	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1		
			I 4#6	4	DE	5	0.38	0.92	0.0077	198	0.3455	242	3.4	8.6	17	1.22	44.7	0	44.8		
		S 4#6 2#7 ()	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1			
		I 4#6	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0077	198	0.3455	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8			
		S 4#5 2#6 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6			
		I 4#5	5	DE	7	0.29	0.96	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4			
		S 4#5 2#6 ()	5	IZ	6	0.42	0.07	0.0105	202	0.3510	245	2.3	5.7	11	1.22	33.5	0	33.6			
		I 4#5	5	IZ	6	0.39	0.06	0.0098	149	0.3357	179	2.6	6.6	13	1.20	34.3	0	34.4			
		S 4#6 2#7 ()	5'	DE	6	0.45	0.93	0.0084	258	0.2764	317	2.7	6.7	13	1.22	33.0	0	33.1			
		I 4#6	5'	DE	6	0.42	0.93	0.0077	198	0.3455	242	3.1	7.8	16	1.22	44.7	0	44.8			
		V1 V4	CUB	V1P2E5	S 4#5 2#6 ()	1'	IZ	3	0.35	0.12	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
					I 4#5	1'	IZ	3	0.29	0.10	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
S 4#5 2#6 ()	2				DE	3	0.35	0.88	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6		
I 4#5	2				DE	3	0.29	0.90	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4		
S 4#5 2#6 ()	2				IZ	8	0.35	0.04	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6		
I 4#5	2				IZ	8	0.29	0.04	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4		
S 4#5 2#6 ()	3				DE	8	0.35	0.96	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6		
I 4#5	3				DE	8	0.29	0.96	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4		
S 4#5 2#6 ()	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6					

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
			I 4#5	3	IZ	5	0.29	0.06	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
			S 4#5 2#6 ()	4	DE	5	0.35	0.93	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	4	DE	5	0.29	0.94	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
			S 4#5 2#6 ()	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	4	IZ	7	0.29	0.04	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
			S 4#5 2#6 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	5	DE	7	0.29	0.96	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
			S 4#5 2#6 ()	5	IZ	6	0.35	0.06	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	5	IZ	6	0.29	0.05	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
			S 4#5 2#6 ()	5'	DE	6	0.35	0.94	0.0105	202	0.3510	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	5'	DE	6	0.29	0.95	0.0098	149	0.3357	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
V2	P2	V2P3E1	S 4#7 2#5 ()	1	IZ	5	0.41	0.08	0.0087	268	0.2251	307	2.8	7.0	14	1.15	25.9	0	26.0
V3	P3		I 4#5	1	IZ	5	0.29	0.06	0.0072	144	0.3074	180	4.7	11.8	24	1.25	42.5	0	42.6
	P4	V2P3E2	S 4#7 2#8 ()	2	DE	5	0.47	0.91	0.0091	320	0.2057	360	2.3	5.9	12	1.13	22.7	0	22.8
	P5		I 4#6	2	DE	5	0.35	0.93	0.0102	210	0.3597	252	2.8	6.9	14	1.20	35.1	0	35.2
	P6		S 4#7 2#8 ()	2	IZ	8	0.47	0.06	0.0091	320	0.2057	360	2.3	5.9	12	1.13	22.7	0	22.8
			I 4#6	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0102	210	0.3597	252	2.8	6.9	14	1.20	35.1	0	35.2
			S 4#7 2#8 ()	3	DE	8	0.47	0.94	0.0091	320	0.2057	360	2.3	5.9	12	1.13	22.7	0	22.8
			I 4#6	3	DE	8	0.35	0.96	0.0102	210	0.3597	252	2.8	6.9	14	1.20	35.1	0	35.2
			S 4#7 2#8 ()	3	IZ	5	0.47	0.09	0.0091	320	0.2057	360	2.3	5.9	12	1.13	22.7	0	22.8
			I 4#6	3	IZ	5	0.38	0.08	0.0102	210	0.3597	252	2.6	6.5	13	1.20	35.1	0	35.2
		V2P3E1	S 4#7 2#5 ()	4	DE	5	0.41	0.92	0.0087	268	0.2251	307	2.8	7.0	14	1.15	25.9	0	26.0
			I 4#5	4	DE	5	0.35	0.93	0.0072	144	0.3074	180	4.0	10.0	20	1.25	42.5	0	42.6
			S 4#7 2#5 ()	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0087	268	0.2251	307	2.8	7.0	14	1.15	25.9	0	26.0
			I 4#5	4	IZ	7	0.29	0.04	0.0072	144	0.3074	180	4.7	11.8	24	1.25	42.5	0	42.6
		V2P3E2	S 4#7 2#8 ()	5	DE	7	0.47	0.93	0.0091	320	0.2057	360	2.3	5.9	12	1.13	22.7	0	22.8
			I 4#6	5	DE	7	0.35	0.95	0.0102	210	0.3597	252	2.8	6.9	14	1.20	35.1	0	35.2

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
			S 4#7 2#8 ()	5	IZ	8	0.47	0.06	0.0091	320	0.2057	360	2.3	5.9	12	1.13	22.7	0	22.8
			I 4#6	5	IZ	8	0.35	0.04	0.0102	210	0.3597	252	2.8	6.9	14	1.20	35.1	0	35.2
		V2P2E6	S 4#8 2#8 ()	6	DE	8	0.47	0.94	0.0096	366	0.1996	425	2.2	5.5	11	1.16	20.7	0	20.8
			I 4#6 2#5 ()	6	DE	8	0.35	0.96	0.0105	253	0.3586	314	2.7	6.7	13	1.24	34.1	0	34.2
V2	CUB	V1P2E3	S 4#6 2#6 ()	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.6	17	1.25	41.6	0	41.7
V3			I 4#6	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	2	DE	5	0.35	0.93	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.6	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	2	DE	5	0.35	0.93	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.6	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	3	DE	8	0.35	0.96	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.6	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	3	DE	8	0.35	0.96	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	3	IZ	5	0.38	0.08	0.0082	246	0.3408	307	3.2	8.1	16	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	3	IZ	5	0.38	0.08	0.0103	200	0.3574	241	2.6	6.5	13	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	4	DE	5	0.38	0.92	0.0082	246	0.3408	307	3.2	8.1	16	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	4	DE	5	0.38	0.92	0.0103	200	0.3574	241	2.6	6.5	13	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.6	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.6	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	5	DE	7	0.35	0.95	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
			S 4#6 2#6 ()	5	IZ	8	0.35	0.04	0.0082	246	0.3408	307	3.5	8.6	17	1.25	41.6	0	41.7
			I 4#6	5	IZ	8	0.35	0.04	0.0103	200	0.3574	241	2.8	6.9	14	1.20	34.8	0	34.9
		V2P2E2	S 4#6 2#7 ()	6	DE	8	0.41	0.95	0.0084	258	0.2764	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	6	DE	8	0.35	0.96	0.0077	198	0.3455	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
V5	P2	V5P2EA	S 3#5	A	IZ	8	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
V10	P3		I 3#5	A	IZ	8	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
	P4		S 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P5		I 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
	P6		S 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
	CUB		I 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.6	23	1.25	42.2	0	42.3
V6	P2	V5P2EA	S 3#5	A	IZ	8	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
V7	P3		I 3#5	A	IZ	8	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
V8	P4		S 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
V9	P5		I 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
	P6		S 3#5	B	IZ	5	0.29	0.06	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
	CUB		I 3#5	B	IZ	5	0.29	0.06	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	DE	5	0.29	0.94	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	DE	5	0.29	0.94	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
	S 3#5		D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3	
	I 3#5		D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.3074	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3	
COL 1	P2	P2C1YP	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0039	774	0.1199	818	1.3	15.7	22	1.06	30.6	0	30.7
(OV)	P2		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0039	774	0.1199	818	1.3	15.7	22	1.06	30.6	0	30.7
(Ejes)	P3	P3C1YP	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0039	774	0.1199	818	1.7	17.4	24	1.06	30.6	0	30.7
A1,A3	P3		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0039	774	0.1199	818	1.7	17.4	24	1.06	30.6	0	30.7
A4,A6	P4	P4C1YP	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0039	674	0.1619	757	2.1	19.0	27	1.12	41.1	0	41.2
D1,D3	P4		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0039	674	0.1619	757	2.1	19.0	27	1.12	41.1	0	41.2
D4,D6	P5	P5C1YP	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0039	674	0.1619	757	2.4	20.9	29	1.12	41.1	0	41.2
	P5		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0039	674	0.1619	757	2.4	20.9	29	1.12	41.1	0	41.2
	P6	P6C1YP	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	561	0.2127	657	2.2	17.8	25	1.17	41.5	0	41.6
	P6		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	561	0.2127	657	2.2	17.8	25	1.17	41.5	0	41.6

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	CUB	P7C1YP	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	561	0.2127	657	2.2	17.8	25	1.17	41.5	0	41.6
	CUB		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	561	0.2127	657	2.2	17.8	25	1.17	41.5	0	41.6
COL 1	P2	P2C1XP	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0062	481	0.2175	516	1.2	9.8	14	1.07	35.3	0	35.4
(OV)	P2		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0062	481	0.2175	516	1.2	9.8	14	1.07	35.3	0	35.4
(Ejes)	P3	P3C1XP	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0062	481	0.2175	516	1.4	10.9	15	1.07	35.3	0	35.4
A1,A3	P3		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0062	481	0.2175	516	1.4	10.9	15	1.07	35.3	0	35.4
A4,A6	P4	P4C1XP	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0067	423	0.2795	476	1.5	11.1	16	1.13	42.0	0	42.1
D1,D3	P4		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0067	423	0.2795	476	1.5	11.1	16	1.13	42.0	0	42.1
D4,D6	P5	P5C1XP	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0067	423	0.2795	476	1.7	12.2	17	1.13	42.0	0	42.1
	P5		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0067	423	0.2795	476	1.7	12.2	17	1.13	42.0	0	42.1
	P6	P6C1XP	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0086	354	0.3558	412	1.4	10.5	15	1.16	41.3	0	41.4
	P6		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0086	354	0.3558	412	1.4	10.5	15	1.16	41.3	0	41.4
	CUB	P7C1XP	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0086	354	0.3558	412	1.4	10.5	15	1.16	41.3	0	41.4
	CUB		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0086	354	0.3558	412	1.4	10.5	15	1.16	41.3	0	41.4
COL 1	P2	P2C1YA	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0062	481	0.2175	516	1.2	9.8	14	1.07	35.3	0	35.4
(OH)	P2		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0062	481	0.2175	516	1.2	9.8	14	1.07	35.3	0	35.4
(Ejes)	P3	P3C1YA	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0062	481	0.2175	516	1.4	10.9	15	1.07	35.3	0	35.4
A2,A5	P3		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0062	481	0.2175	516	1.4	10.9	15	1.07	35.3	0	35.4
D2,D5	P4	P4C1YA	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0067	423	0.2795	476	1.5	11.1	16	1.13	42.0	0	42.1
B2,B3	P4		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0067	423	0.2795	476	1.5	11.1	16	1.13	42.0	0	42.1
B4,B5	P5	P5C1YA	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0067	423	0.2795	476	1.6	12.2	17	1.13	42.0	0	42.1
C2,C3	P5		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0067	423	0.2795	476	1.6	12.2	17	1.13	42.0	0	42.1
C4,C5	P6	P6C1YA	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0086	354	0.3558	412	1.4	10.5	15	1.16	41.3	0	41.4
	P6		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0086	354	0.3558	412	1.4	10.5	15	1.16	41.3	0	41.4
	CUB	P7C1YA	C 16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0086	354	0.3558	412	1.4	10.5	15	1.16	41.3	0	41.4
	CUB		C 16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0086	354	0.3558	412	1.4	10.5	15	1.16	41.3	0	41.4
COL 1	P2	P2C1XA	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0039	774	0.1199	818	1.5	15.7	22	1.06	30.6	0	30.7

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φ _{curv} SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
(OH)	P2		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0039	774	0.1199	818	1.5	15.7	22	1.06	30.6	0	30.7
(Ejes)	P3	P3C1XA	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0039	774	0.1199	818	1.9	17.4	24	1.06	30.6	0	30.7
A2,A5	P3		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0039	774	0.1199	818	1.9	17.4	24	1.06	30.6	0	30.7
D2,D5	P4	P4C1XA	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0039	674	0.1619	757	2.3	19.0	27	1.12	41.1	0	41.2
B2,B3	P4		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0039	674	0.1619	757	2.3	19.0	27	1.12	41.1	0	41.2
B4,B5	P5	P5C1XA	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0039	674	0.1619	757	2.5	20.9	29	1.12	41.1	0	41.2
C2,C3	P5		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0039	674	0.1619	757	2.5	20.9	29	1.12	41.1	0	41.2
C4,C5	P6	P6C1XA	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	561	0.2127	657	2.2	17.8	25	1.17	41.5	0	41.6
	P6		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	561	0.2127	657	2.2	17.8	25	1.17	41.5	0	41.6
	CUB	P7C1XA	C 16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	561	0.2127	657	2.3	17.8	25	1.17	41.5	0	41.6
	CUB		C 16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	561	0.2127	657	2.3	17.8	25	1.17	41.5	0	41.6
COL 2	P2	P2C2YP	C 6#7+8#5	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0038	854	0.1124	912	1.3	13.8	19	1.07	29.8	0	29.9
(OV)	P2		C 6#7+8#5	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0038	854	0.1124	912	1.3	13.8	19	1.07	29.8	0	29.9
(Ejes)	P3	P3C2YP	C 6#7+8#5	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0038	854	0.1124	912	1.6	15.8	22	1.07	29.8	0	29.9
B1	P3		C 6#7+8#5	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0038	854	0.1124	912	1.6	15.8	22	1.07	29.8	0	29.9
C1	P4	P4C2YP	C 6#7+8#5	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0039	716	0.1678	832	2.0	17.7	25	1.16	43.4	0	43.5
B6	P4		C 6#7+8#5	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0039	716	0.1678	832	2.0	17.7	25	1.16	43.4	0	43.5
C6	P5	P5C2YP	C 6#7+8#5	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0039	716	0.1678	832	2.3	20.1	28	1.16	43.4	0	43.5
	P5		C 6#7+8#5	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0039	716	0.1678	832	2.3	20.1	28	1.16	43.4	0	43.5
	P6	P6C2YP	C 6#7+8#5	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0066	588	0.2094	711	1.5	12.1	17	1.21	31.8	0	31.9
	P6		C 6#7+8#5	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0066	588	0.2094	711	1.5	12.1	17	1.21	31.8	0	31.9
	CUB	P7C2YP	C 6#7+8#5	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0066	588	0.2094	711	1.4	12.1	17	1.21	31.8	0	31.9
	CUB		C 6#7+8#5	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0066	588	0.2094	711	1.4	12.1	17	1.21	31.8	0	31.9
COL 2	P2	P2C2XP	C 6#7+8#5	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0059	529	0.2068	575	1.0	8.6	12	1.09	34.8	0	34.9
(OV)	P2		C 6#7+8#5	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0059	529	0.2068	575	1.0	8.6	12	1.09	34.8	0	34.9
(Ejes)	P3	P3C2XP	C 6#7+8#5	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0059	529	0.2068	575	1.2	9.9	14	1.09	34.8	0	34.9
B1	P3		C 6#7+8#5	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0059	529	0.2068	575	1.2	9.9	14	1.09	34.8	0	34.9

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
C1 B6 C6	P4	P4C2XP	C 6#7+8#5	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0066	448	0.2923	520	1.4	10.3	14	1.16	44.4	0	44.5
	P4		C 6#7+8#5	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0066	448	0.2923	520	1.4	10.3	14	1.16	44.4	0	44.5
	P5	P5C2XP	C 6#7+8#5	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0066	448	0.2923	520	1.5	11.8	16	1.16	44.4	0	44.5
	P5		C 6#7+8#5	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0066	448	0.2923	520	1.5	11.8	16	1.16	44.4	0	44.5
	P6	P6C2XP	C 6#7+8#5	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0083	357	0.3404	436	1.3	9.5	13	1.22	41.0	0	41.1
	P6		C 6#7+8#5	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0083	357	0.3404	436	1.3	9.5	13	1.22	41.0	0	41.1
	CUB	P7C2XP	C 6#7+8#5	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0083	357	0.3404	436	1.3	9.5	13	1.22	41.0	0	41.1
	CUB		C 6#7+8#5	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0083	357	0.3404	436	1.3	9.5	13	1.22	41.0	0	41.1
M1 (OV) (Ejes) C1 C6	P2	P2M1YP	M 8#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0002	8128	0.0078	9082	61.6	184.7	246	1.12	38.6	0	38.7
	P2		M 8#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0002	8128	0.0078	9082	61.6	184.7	246	1.12	38.6	0	38.7
	P3	P3M1YP	M 8#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0002	8128	0.0078	9082	61.6	184.7	246	1.12	38.6	0	38.7
	P3		M 8#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0002	8128	0.0078	9082	61.6	184.7	246	1.12	38.6	0	38.7
	P4	P4M1YP	M 8#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0002	6972	0.0092	8359	64.2	192.7	257	1.20	47.7	0	47.8
	P4		M 8#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0002	6972	0.0092	8359	64.2	192.7	257	1.20	47.7	0	47.8
	P5	P5M1YP	M 8#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0002	6972	0.0092	8359	64.2	192.7	257	1.20	47.7	0	47.8
	P5		M 8#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0002	6972	0.0092	8359	64.2	192.7	257	1.20	47.7	0	47.8
	P6	P6M1YP	M 8#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0007	6247	0.0126	7497	16.9	50.6	67	1.20	17.1	0	17.2
	P6		M 8#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0007	6247	0.0126	7497	16.9	50.6	67	1.20	17.1	0	17.2
	CUB	P7M1YP	M 8#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0007	6247	0.0126	7497	16.9	50.6	67	1.20	17.1	0	17.2
	CUB		M 8#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0007	6247	0.0126	7497	16.9	50.6	67	1.20	17.1	0	17.2
M1 (OV) (Ejes) C1 C6	P2	P2M1XP	M 8#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0124	322	0.2694	323	1.0	3.0	4	1.00	21.7	0	21.8
	P2		M 8#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0124	322	0.2694	323	1.0	3.0	4	1.00	21.7	0	21.8
	P3	P3M1XP	M 8#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0124	322	0.2694	323	1.0	3.0	4	1.00	21.7	0	21.8
	P3		M 8#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0124	322	0.2694	323	1.0	3.0	4	1.00	21.7	0	21.8
	P4	P4M1XP	M 8#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0116	270	0.2668	295	1.1	3.2	4	1.09	23.0	0	23.1
	P4		M 8#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0116	270	0.2668	295	1.1	3.2	4	1.09	23.0	0	23.1
	P5	P5M1XP	M 8#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0116	270	0.2668	295	1.1	3.2	4	1.09	23.0	0	23.1

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P5		M 8#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0116	270	0.2668	295	1.1	3.2	4	1.09	23.0	0	23.1
	P6	P6M1XP	M 8#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0110	212	0.2430	265	1.1	3.4	5	1.25	22.1	0	22.2
	P6		M 8#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0110	212	0.2430	265	1.1	3.4	5	1.25	22.1	0	22.2
	CUB	P7M1XP	M 8#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0110	212	0.2430	265	1.1	3.4	5	1.25	22.1	0	22.2
	CUB		M 8#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0110	212	0.2430	265	1.1	3.4	5	1.25	22.1	0	22.2
M2	P2	P2M2YA	M 32#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0156	315	0.3520	323	0.5	1.4	2	1.02	22.5	0	22.6
(OH)	P2		M 32#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0156	315	0.3520	323	0.5	1.4	2	1.02	22.5	0	22.6
(Ejes)	P3	P3M2YA	M 8#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0156	315	0.3520	323	0.5	1.4	2	1.02	22.5	0	22.6
A1,A6	P3		M 8#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0156	315	0.3520	323	0.5	1.4	2	1.02	22.5	0	22.6
D1,D6	P4	P4M2YA	M 8#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0127	147	0.2235	155	1.0	2.9	4	1.05	17.5	0	17.6
	P4		M 8#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0127	147	0.2235	155	1.0	2.9	4	1.05	17.5	0	17.6
	P5	P5M2YA	M 8#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0127	147	0.2235	155	1.0	2.9	4	1.05	17.5	0	17.6
	P5		M 8#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0127	147	0.2235	155	1.0	2.9	4	1.05	17.5	0	17.6
	P6	P6M2YA	M 8#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0122	133	0.2217	145	1.0	3.0	4	1.09	18.1	0	18.2
	P6		M 8#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0122	133	0.2217	145	1.0	3.0	4	1.09	18.1	0	18.2
	CUB	P7M2YA	M 8#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0122	133	0.2217	145	1.0	3.0	4	1.09	18.1	0	18.2
	CUB		M 8#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0122	133	0.2217	145	1.0	3.0	4	1.09	18.1	0	18.2
M2	P2	P2M2XA	M 32#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0020	3522	0.0297	3880	3.7	11.0	15	1.10	14.6	0	14.7
(OH)	P2		M 32#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0020	3522	0.0297	3880	3.7	11.0	15	1.10	14.6	0	14.7
(Ejes)	P3	P3M2XA	M 8#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0020	3522	0.0297	3880	3.7	11.0	15	1.10	14.6	0	14.7
A1,A6	P3		M 8#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0020	3522	0.0297	3880	3.7	11.0	15	1.10	14.6	0	14.7
D1,D6	P4	P4M2XA	M 8#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0016	1653	0.0313	1904	7.9	23.7	32	1.15	19.9	0	20.0
	P4		M 8#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0016	1653	0.0313	1904	7.9	23.7	32	1.15	19.9	0	20.0
	P5	P5M2XA	M 8#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0016	1653	0.0313	1904	7.9	23.7	32	1.15	19.9	0	20.0
	P5		M 8#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0016	1653	0.0313	1904	7.9	23.7	32	1.15	19.9	0	20.0
	P6	P6M2XA	M 8#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0015	1536	0.0407	1838	8.1	24.4	33	1.20	26.7	0	26.8
	P6		M 8#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0015	1536	0.0407	1838	8.1	24.4	33	1.20	26.7	0	26.8

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M- Φ				Φ curv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φ_y	M_y	Φ_u	M_u	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	CUB	P7M2XA	M	8#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0015	1536	0.0407	1838	8.1	24.4	33	1.20	26.7	0	26.8
	CUB		M	8#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0015	1536	0.0407	1838	8.1	24.4	33	1.20	26.7	0	26.8

Convenciones:

EL = Elemento (V) viga, (COL) columna, o (M) muro	L (m) = Longitud del elemento
N = Nivel de entrepiso	Lp (m) = Longitud de plastificación
S = Refuerzo superior en vigas	Lrel (m) = Longitud relativa para ubicación de rótula
I = Refuerzo inferior en vigas	Φ_y, Φ_u = Curvaturas de fluencia y última (1/m)
() = Refuerzo en segunda fila	M_y, M_u = Momentos de fluencia y últimos (kN.m)
C, M = Refuerzo de columna o elemento de borde en muro	IO, LS, CP = Criterios de aceptación ASCE17
Ej = Ejes en vigas, (X, Y) dirección para columnas y muros	C = Comienzo de la degradación por resistencia
P = Posición (IZ) izquierda, (DE) derecha, (B) abajo, (A) arriba	D = Pérdida final de resistencia
OH = Dimensión mayor del elemento paralelo al eje X global	
OV = Dimensión mayor del elemento paralelo al eje Y global	

Nota: Las rótulas sobre un elemento tipo viga se localizan de izquierda a derecha según los ejes. Para un elemento tipo columna serán de abajo hacia arriba.

ANÁLISIS CURVAS Y ESPECTROS DE CAPACIDAD

Edificio 6 pisos

1. Resumen análisis no lineal estático:

Parámetros de capacidad								
Dato	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Mef	0.75	0.74	0.64	0.64	0.64	0.63	0.51	0.52
Γ_n	49.1	48.9	51.0	50.9	50.9	50.4	45.5	45.9
Φ_n (m)	0.028	0.030	0.028	0.029	0.027	0.029	0.025	0.026
δ max (m)	0.28	0.20	0.52	0.52	0.54	0.70	0.67	0.69
Vsb max (kN)	9969	21050	9836	20974	9640	23634	8750	9785
dpi (m)	0.200	0.092	0.373	0.213	0.384	0.243	0.596	0.586
dy (m)	0.106	0.067	0.140	0.145	0.139	0.166	0.277	0.441
dp (m)	0.175	0.061	0.270	0.136	0.287	0.157	0.410	0.440
μ	1.89	1.38	2.67	1.48	2.76	1.46	2.15	1.33
α	0.29	0.68	0.21	0.63	0.22	0.63	0.31	0.76
Δ max (%)	1.60	0.56	2.21	1.14	2.37	1.29	2.63	2.80

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Dato	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
dp	54	123	64	157	134	621
Vsb	-1	0	-3	12	-12	-54
μ	41	7	47	6	14	-4

Convenciones:

- Mef = Masa efectiva del modo fundamental
- Γ_n = Factor de participación modal
- Φ_n = Amplitud modal de techo
- δ max = Desplazamiento inicial estimado de análisis
- Vsb max = Cortante asociado al desplazamiento inicial
- dpi = Desplazamiento último de la estructura
- dy = Desplazamiento de fluencia
- dp = Punto de comportamiento
- μ = Ductilidad por desplazamiento esperada
- α = Rigidez post-elástica
- Δ max = Deriva máxima de análisis
- EM = Condición empotrada

ANÁLISIS DE MASAS - NO LINEAL

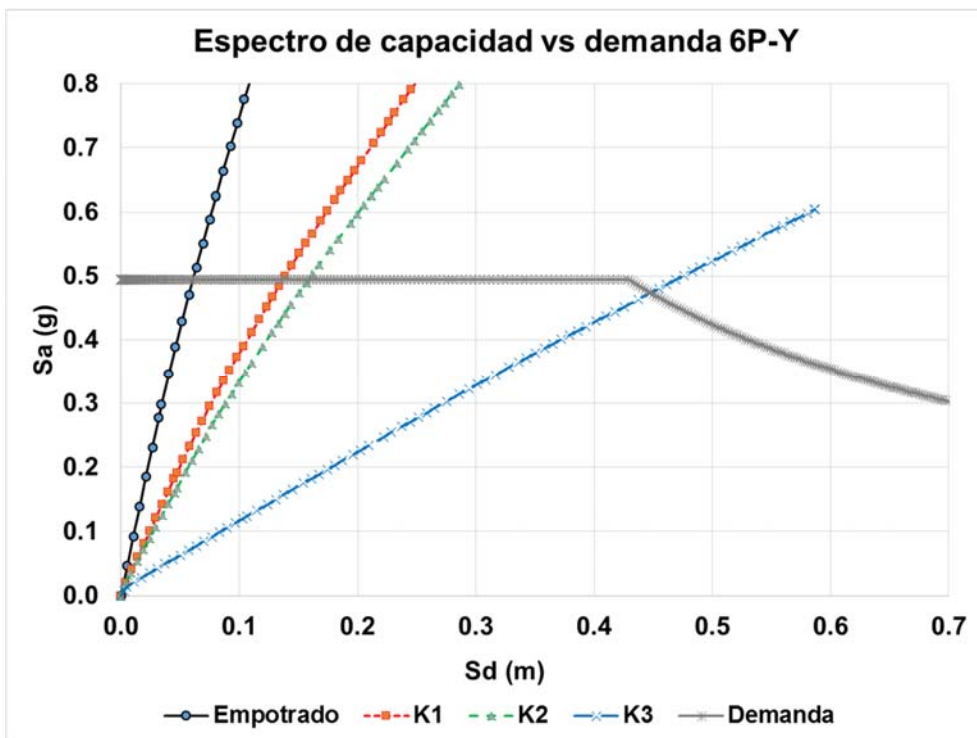
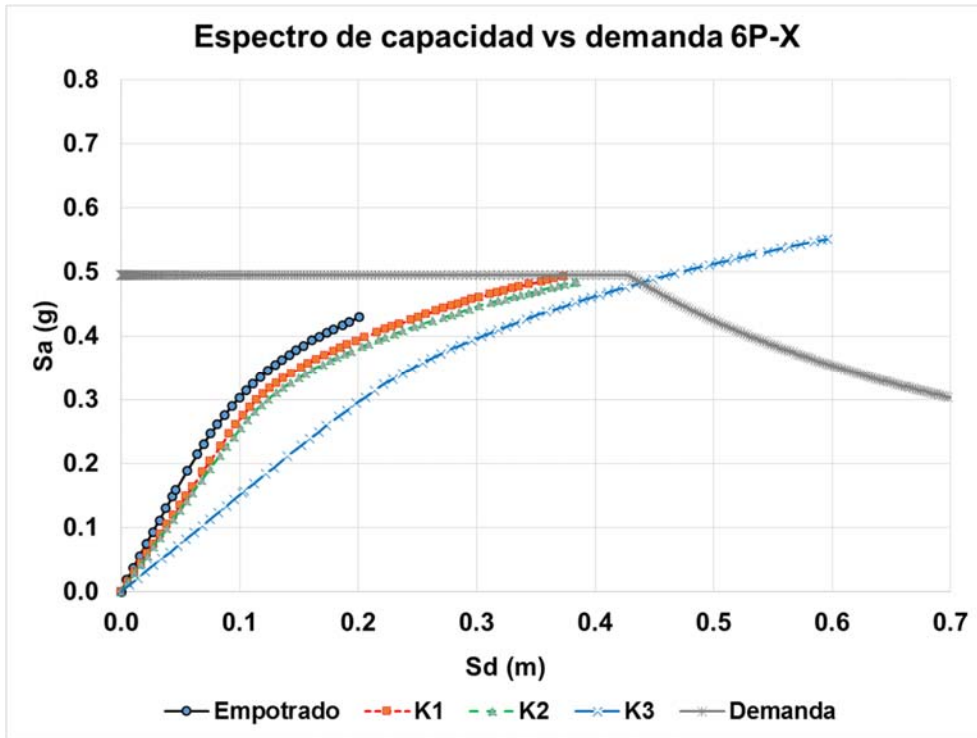
Edificio 6 pisos

1. Masas programa piso 2 al 6 :

Descripción	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m2)	Cantidad (#)	Longitud (m)	Carga (kN/m2)	Peso (kN)
Peso propio							
Vigas	0.4	0.4	-	4	33	-	507
Vigas	0.3	0.4	-	7	20	-	403
Viguetas	0.1	0.4	-	23	20	-	442
Viguetas	0.1	0.4	-	4	7	-	27
Viguetas	0.1	0.4	-	4	8	-	31
Losa	-	0.05	635	1	-	-	762
Columnas	0.45	0.7	-	24	3.2	-	581
Muros	0.2	5	-	2	3.2	-	154
Muros	0.2	2	-	4	3.2	-	123
Cargas sobreimpuestas							
Viva (25%)	-	-	635	-	-	2	318
Muerta (100%)	-	-	635	-	-	3.25	2064
						Peso total =	5410 kN
γ conc = 24 kN/m3						Masa total =	552 t

2. Masas programa cubierta:

Descripción	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m2)	Cantidad (#)	Longitud (m)	Carga (kN/m2)	Peso (kN)
Peso propio							
Vigas	0.4	0.4	-	4	33	-	507
Vigas	0.3	0.4	-	7	20	-	403
Viguetas	0.1	0.4	-	23	20	-	442
Viguetas	0.1	0.4	-	4	7	-	27
Viguetas	0.1	0.4	-	4	8	-	31
Losa	-	0.05	635	1	-	-	762
Columnas	0.45	0.7	-	24	1.6	-	290
Muros	0.2	5	-	2	1.6	-	77
Muros	0.2	2	-	4	1.6	-	61
Cargas sobreimpuestas							
Viva (25%)	-	-	635	-	-	1.8	286
Muerta (100%)	-	-	635	-	-	1.6	1016
						Peso total =	3902 kN
γ conc = 24 kN/m3						Masa total =	398 t



ANEXO 47 Microzonificación sísmica - 12P

ESPECTRO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

Edificio 12 pisos

1. Datos de entrada con análisis de base empotrada:

Tipo de análisis = Modal espectral
Grupo de uso = II Oficinas
I = 1.1 Coeficiente de importancia
Clasificación del suelo = Bogotá Lacustre 200
Zona de amenaza sísmica = Intermedia
Sistema estructural = Sistema combinado
Aa = 0.15
Av = 0.20
To = 0.39 s Periodo inicial
Tc = 1.87 s Periodo corto
TL = 4.00 s Periodo largo
Fa = 1.20
Fv = 3.50
H = 38.4 m Altura edificio
Ta = $C_t * (h)^\alpha$ Periodo aproximado
Ct = 0.049
 $\alpha = 0.75$
Ta = 0.76 s
Cu = 1.2
CuTa = 0.91 s Máximo periodo

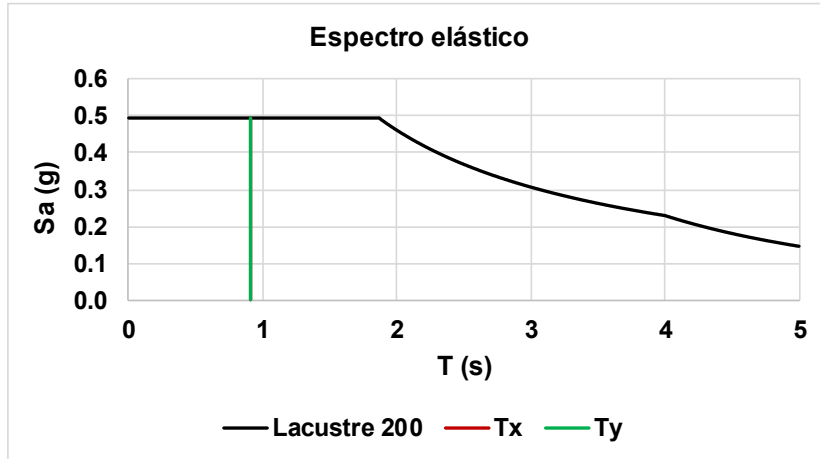
2. Periodos de vibración para análisis:

Periodo estructural Tx = 1.12 s Análisis con programa de cálculo
Periodo estructural Ty = 1.05 s Análisis con programa de cálculo
Periodo estructural Tx = 0.91 s Máximo para FHE
Periodo estructural Ty = 0.91 s Máximo para FHE

3. Revisión por resonancia:

Periodo del suelo = 2.5 s - 3.5 s
% de evaluación = 10%
Rango inferior = 2.25 s
Rango superior = 3.85 s
Revisión Tx = OK Fuera del rango
Revisión Ty = OK Fuera del rango

4. Espectro elástico de diseño:



5. Parámetros de diseño:

Sax =	0.495 g	Para Tx = 0.91 s
Say =	0.495 g	Para Ty = 0.91 s
Kx =	1.20	Coef amplificación FHE
Ky =	1.20	Coef amplificación FHE
Ro x =	5.0	Coef básico de disipación
Ro y =	5.0	Coef básico de disipación
Φa x =	1	Irregularidad en altura
Φa y =	1	Irregularidad en altura
Φp x =	1	Irregularidad en planta
Φp y =	1	Irregularidad en planta
Φr x =	1	Irregularidad por redundancia
Φr y =	1	Irregularidad por redundancia
Rx =	5.0	Coef diseño de disipación
Ry =	5.0	Coef diseño de disipación

ANEXO 48 Periodos de vibración - 12P

1. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.				
Modo	Dirección	K1	K2	K3
1	X	41	39	145
2	Y	49	46	116
3	Z	33	32	46

2. Resumen para 36 modos:

Periodo de vibración (s)					
Modo	Dirección	Empotrado	K1	K2	K3
1	X	1.12	1.58	1.56	2.74
2	Y	1.05	1.56	1.53	2.27
3	Z	0.88	1.17	1.17	1.28
4	X	0.24	0.29	0.29	0.29
5	Y	0.21	0.26	0.25	0.26
6	Z	0.18	0.21	0.21	0.21
7	X	0.10	0.12	0.12	0.12
8	Y	0.09	0.12	0.12	0.12
9	Z	0.08	0.09	0.09	0.09
10	X	0.06	0.09	0.09	0.09
11	Y	0.05	0.08	0.08	0.09
12	Z	0.05	0.07	0.06	0.07
13	X	0.04	0.06	0.06	0.06
14	Y	0.04	0.05	0.05	0.05
15	Z	0.03	0.05	0.05	0.05
16	X	0.03	0.04	0.04	0.04
17	Y	0.03	0.04	0.04	0.04
18	Z	0.03	0.03	0.03	0.03
19	X	0.03	0.03	0.03	0.03
20	Y	0.02	0.03	0.03	0.03
21	Z	0.02	0.03	0.03	0.03
22	X	0.02	0.03	0.03	0.03
23	Y	0.02	0.03	0.03	0.03
24	Z	0.02	0.03	0.03	0.03
25	X	0.02	0.03	0.03	0.03
26	Y	0.02	0.02	0.02	0.02
27	Z	0.02	0.02	0.02	0.02
28	X	0.02	0.02	0.02	0.02
29	Y	0.02	0.02	0.02	0.02
30	Z	0.02	0.02	0.02	0.02
31	X	0.02	0.02	0.02	0.02
32	Y	0.02	0.02	0.02	0.02
33	Z	0.02	0.02	0.02	0.02
34	X	0.01	0.02	0.02	0.02
35	Y	0.01	0.02	0.02	0.02
36	Z	0.01	0.02	0.02	0.02

ANEXO 49 Fuerza horizontal equivalente - 12P

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Edificio 12 pisos

1. Dirección X base empotrada:

Tx = 0.91 s Sax = 0.495 g Vsx = 35022 kN
 Kx = 1.20 West = 70751 kN

Nivel	Hi (m)	Hx (m)	Wx (kN)	Wx*(Hx)^kx	Cvx	Fix (kN)
CUB	3.2	38.4	4094	326111	0.120	4199
P12	3.2	35.2	6060	434812	0.160	5598
P11	3.2	32.0	6060	387820	0.143	4993
P10	3.2	28.8	6060	341760	0.126	4400
P9	3.2	25.6	6060	296714	0.109	3820
P8	3.2	22.4	6060	252783	0.093	3255
P7	3.2	19.2	6060	210093	0.077	2705
P6	3.2	16.0	6060	168809	0.062	2173
P5	3.2	12.8	6060	129152	0.047	1663
P4	3.2	9.6	6060	91448	0.034	1177
P3	3.2	6.4	6060	56217	0.021	724
P2	3.2	3.2	6060	24470	0.009	315
$\Sigma =$			70751	2720190	1.00	35022

2. Dirección Y base empotrada:

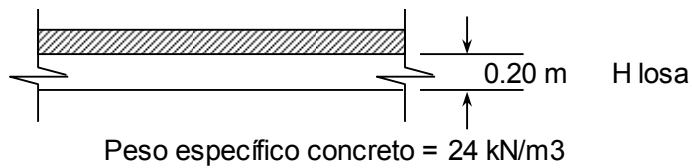
Ty = 0.91 s Say = 0.495 g Vsy = 35022 kN
 Ky = 1.20 West = 70751 kN

Nivel	Hi (m)	Hy (m)	Wy (kN)	Wy*(Hy)^ky	Cvy	Fiy (kN)
CUB	3.2	38.4	4094	326111	0.120	4199
P12	3.2	35.2	6060	434812	0.160	5598
P11	3.2	32.0	6060	387820	0.143	4993
P10	3.2	28.8	6060	341760	0.126	4400
P9	3.2	25.6	6060	296714	0.109	3820
P8	3.2	22.4	6060	252783	0.093	3255
P7	3.2	19.2	6060	210093	0.077	2705
P6	3.2	16.0	6060	168809	0.062	2173
P5	3.2	12.8	6060	129152	0.047	1663
P4	3.2	9.6	6060	91448	0.034	1177
P3	3.2	6.4	6060	56217	0.021	724
P2	3.2	3.2	6060	24470	0.009	315
$\Sigma =$			70751	2720190	1.00	35022

DISEÑO LOSA DE CIMENTACIÓN

Edificio 12 pisos

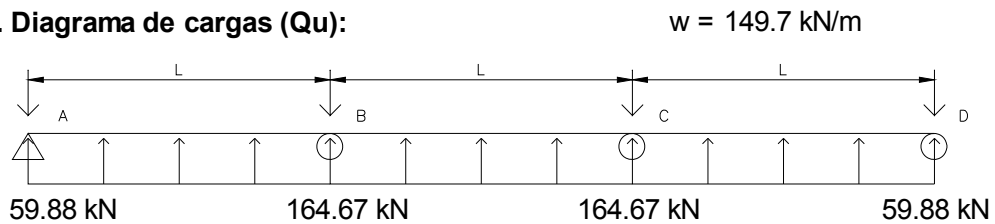
1. Datos de entrada:



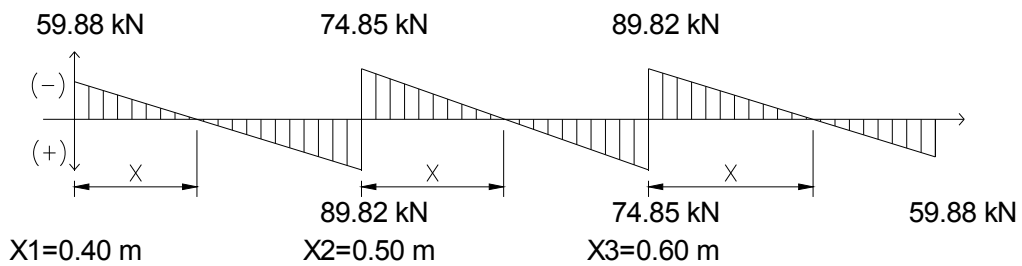
2. Avalúo de cargas:

Carga bajo losa = 99.8 kN/m²
 Carga última de diseño = 149.7 kN/m² (1.5x99.8)

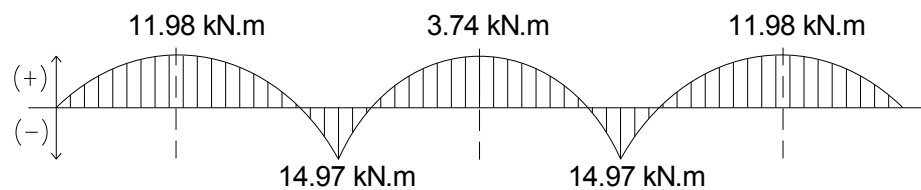
3. Diagrama de cargas (Qu):



4. Diagrama de cortantes (Vu):



5. Diagrama de momentos (Mu):



6. Revisión a flexión:

$\phi =$	0.90				
$F'c =$	35 MPa		ρ mínima =	0.002	
$Fy =$	420 MPa		As min =	4.00 cm ²	
b (ancho) =	1.00 m				
d' (+ recubrimiento) =	0.075 m		As sumin inf =	3.54 cm ²	
$d =$	0.125 m		As sumin sup =	3.54 cm ²	
$L =$	1.00 m		As total =	7.09 cm ²	OK

$Mu(-) =$	11.98 kN.m	$\rho =$	0.002058	As req =	2.57 cm ²	OK
As sumin principal =	Barra	9.50 mm		3.54 cm ²		C/0.20
As adicional =	Barra	0.00 mm		0.00 cm ²		C/0.20
				3.54 cm ²		

$Mu(+)$ =	14.97 kN.m	$\rho =$	0.002582	As req =	3.23 cm ²	OK
As sumin principal =	Barra	9.50 mm		3.54 cm ²		C/0.20
As adicional =	Barra	0.00 mm		0.00 cm ²		C/0.20
				3.54 cm ²		

7. Revisión a cortante:

$\phi =$	0.75				
$\phi Vc =$	92.44 kN	$>Vu$	$\phi Vc =$	740 kN/m ²	$>Vu$
$Vu =$	89.82 kN		$Vu =$	719 kN/m ²	OK

8. Resumen:

* Usar losa 20cm, con barras arriba y abajo # 3 (C/0.20m) en la dirección principal y barras #3 (C/0.20m) de repartición en la dirección perpendicular por retracción.

ANEXO 51 Cargas y esfuerzos sobre el suelo - 12P

ESFUERZOS SOBRE EL SUELO

Edificio 12 pisos

1. Datos de entrada cargas en cimentación:

Base Cim	Coord X (m)	Coord Y (m)	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	X*Fz (kN*m)	Y*Fz (kN*m)
1	0	0	198.4	8.6	1594	0	0
2	5	0	-190.2	37.3	1690	8452	0
3	13	0	-19.7	49.6	3212	41757	0
4	18	0	12.6	46.1	3047	54849	0
5	25	0	-17.6	47.1	2762	69048	0
6	33	0	-216.7	8.7	1739	57384	0
7	0	8	20.0	194.2	1660	0	13276
8	5	8	32.0	-29.9	4496	22478	35965
9	13	8	-37.8	305.2	2574	33456	20588
10	18	8	26.8	289.4	2440	43925	19522
11	25	8	14.9	-28.0	5262	131557	42098
12	33	8	-52.3	246.1	2090	68984	16723
13	0	13	18.6	-182.2	1531	0	19904
14	5	13	29.8	18.5	4205	21023	54659
15	13	13	-35.6	-291.0	2424	31507	31507
16	18	13	25.5	-275.0	2290	41219	29770
17	25	13	12.4	16.9	4885	122118	63501
18	33	13	-47.1	-232.3	1941	64054	25233
19	0	20	184.3	-6.7	1482	0	29647
20	5	20	-177.8	-28.6	1576	7881	31524
21	13	20	-17.5	-38.0	2911	37845	58224
22	18	20	11.2	-35.3	2765	49767	55297
23	25	20	-15.6	-36.2	2525	63123	50499
24	33	20	-201.7	-6.8	1621	53502	32426
25	1	0	4.4	3.0	313	313	0
28	1	20	4.2	-2.3	291	291	5827
29	2	0	4.4	3.8	316	633	0
32	2	20	4.1	-2.9	295	589	5894
33	3	0	5.2	3.9	321	964	0
36	3	20	4.9	-3.0	299	898	5988
37	4	0	8.9	3.5	331	1323	0
40	4	20	8.1	-2.7	308	1232	6162
121	29	0	229.5	7.5	160	4648	0
124	29	20	212.6	-6.0	149	4331	2987
125	30	0	-10.5	7.1	365	10952	0

128	30	20	-9.3	-5.6	339	10163	6775
129	31	0	-6.9	4.5	354	10959	0
132	31	20	-6.1	-3.5	329	10188	6573
133	32	0	-5.4	3.2	345	11048	0
136	32	20	-4.7	-2.5	321	10287	6429
1646	0	9	0.2	-6.7	320	0	2880
1647	0	10	0.0	-3.2	311	0	3110
1648	0	11	0.0	-0.5	306	0	3364
1649	0	12	0.2	2.5	304	0	3649
1654	13	9	-0.1	-16.8	500	6499	4499
1655	13	10	0.0	-5.9	480	6244	4803
1656	13	11	0.0	1.5	474	6164	5216
1657	13	12	-0.1	10.5	480	6237	5757
1658	18	9	0.1	-15.7	474	8527	4263
1659	18	10	0.0	-5.6	455	8190	4550
1660	18	11	0.0	1.2	449	8080	4938
1661	18	12	0.1	9.5	454	8167	5445
1666	33	9	-0.5	-8.9	403	13305	3629
1667	33	10	-0.1	-4.3	392	12952	3925
1668	33	11	-0.1	-0.3	386	12753	4251
1669	33	12	-0.4	3.7	385	12690	4615
2532	0.5	20	4.2	-1.2	290	145	5806
2533	1.5	20	4.1	-2.5	293	440	5866
2534	2.5	20	4.3	-2.7	297	743	5943
2535	3.5	20	6.0	-2.6	303	1062	6066
2536	4.5	20	11.9	-1.9	316	1423	6326
2537	0.5	0	4.4	1.5	312	156	0
2538	1.5	0	4.4	3.2	315	473	0
2539	2.5	0	4.6	3.5	319	798	0
2540	3.5	0	6.5	3.4	326	1139	0
2541	4.5	0	13.1	2.5	340	1529	0
2546	29.5	20	-11.8	-8.4	346	10202	6917
2547	30.5	20	-7.4	-4.0	334	10175	6672
2548	31.5	20	-5.2	-2.8	325	10242	6503
2549	32.5	20	-4.3	-1.2	319	10368	6380
2554	29.5	0	-13.2	10.4	373	11007	0
2555	30.5	0	-8.4	5.1	359	10956	0
2556	31.5	0	-6.0	3.6	349	11009	0
2557	32.5	0	-5.0	1.6	342	11127	0
2940	0	8.5	0.5	-9.1	326	0	2775
2941	0	9.5	0.1	-4.7	315	0	2992
2942	0	10.5	0.0	-1.8	308	0	3234
2943	0	11.5	0.1	0.9	305	0	3502
2944	0	12.5	0.5	4.2	305	0	3807

2950	13	8.5	-0.2	-25.6	517	6726	4398
2951	13	9.5	0.0	-10.6	488	6345	4636
2952	13	10.5	0.0	-2.1	476	6186	4996
2953	13	11.5	0.0	5.5	475	6179	5466
2954	13	12.5	-0.2	17.1	488	6348	6104
2955	18	8.5	0.2	-24.0	490	8826	4168
2956	18	9.5	0.0	-9.9	462	8324	4393
2957	18	10.5	0.0	-2.1	451	8111	4732
2958	18	11.5	0.0	4.9	450	8096	5172
2959	18	12.5	0.1	15.8	462	8309	5770
2965	33	8.5	-1.3	-11.5	410	13539	3487
2966	33	9.5	-0.2	-6.5	397	13109	3774
2967	33	10.5	-0.1	-2.2	389	12834	4084
2968	33	11.5	-0.2	1.7	385	12706	4428
2969	33	12.5	-1.1	5.6	385	12699	4810
$\Sigma =$			0	0	88277	1443890	889102

2. Revisión peso x piso:

$$\begin{aligned}
 Fz \text{ total} &= 88277 \text{ kN} \\
 \text{Area x piso} &= 635 \text{ m}^2 \\
 \text{Peso x m}^2 &= 11.58 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

3. Peso losa de cimentación:

Elemento	H (m)	Long (m)	Peso (kN)
Losa 20	0.2	1	5184
Losa 10	0.1	1	2592
VC 80X170	1.4	160	4301
VC 60X170	1.4	140	2830
VTC 20X170	1.4	655	4403
$\Sigma =$			19310

4. Revisión de esfuerzos:

$$\begin{aligned}
 \text{Centro de cargas X} &= 16.36 \text{ m} & \text{Excentricidad X} &= -0.14 \text{ m} \\
 \text{Centro de losa X} &= 16.50 \text{ m} & & \\
 \text{Centro de cargas Y} &= 10.07 \text{ m} & \text{Excentricidad Y} &= 0.07 \text{ m} \\
 \text{Centro de losa Y} &= 10.00 \text{ m} & & \\
 \text{Área losa cim (AT)} &= 1080 \text{ m}^2 & \text{Peso losa cim (Pcim)} &= 17.9 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma \text{ terreno} &= 99.6 \text{ kN/m}^2 \text{ (Fz/AT+Pcim)} \\
 \sigma \text{ admisible} &= 99.8 \text{ kN/m}^2 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

ANEXO 52 Refuerzo de elementos estructurales - 12P

REFUERZO EN ELEMENTOS

Edificio 12 pisos

1. Refuerzos en vigas:

VG	Nivel	Ref	Eje 1	CL	Eje 2	CL	Eje 3	CL	Eje 4	CL	Eje 5	CL	Eje 6
01 04	P2 P3	S	4#5	4#5	4#5 2#6 ()	4#5	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#6 ()	4#5	4#5 2#6 ()	4#5 2#6 ()	4#5
		I	4#5	4#5	2#6 2#5	2#6 2#5	2#6 2#5	4#5	2#6 2#5	4#5	4#5	4#5	4#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
01 04	P4 P5	S	4#5	4#5	4#5 2#6 ()	4#5	4#6 2#7 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()	4#5
		I	4#5	4#5	2#6 2#5	2#6 2#5	2#6 2#5	4#5	2#6 2#5	4#5	4#5 2#5 ()	4#5 2#5 ()	4#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
01 04	P6 P7	S	4#6	4#6	4#6 2#7 ()	4#6	4#7 2#6 ()	4#7	4#7 2#6 ()	4#7	4#7 2#8 ()	4#7 2#8 ()	4#5
		I	4#5	4#5	2#6 2#5	2#6 2#5	2#6 2#5	4#5	2#6 2#5	4#5	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()	4#6
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
01 04	P8 P9 P10 P11 P12 CUB	S	4#6	4#6	4#6 2#7 ()	4#6	4#7 2#6 ()	4#7	4#7 2#6 ()	4#7	4#7 2#8 ()	4#7 2#8 ()	4#5
		I	4#5	4#5	2#6 2#5	2#6 2#5	2#6 2#5	4#5	2#6 2#5	4#5	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()	4#6
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
02 03	P2 P3	S	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()	4#8 2#8 ()
		I	2#6 2#5	4#5	4#6	4#6 2#5 ()	4#6	4#5	4#6	4#5 2#5 ()	4#6 2#5 ()	4#6 2#5 ()	4#6 2#5 ()
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.20
02 03	P4 P5	S	4#6 2#6 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6	4#7 2#7 ()	4#7	4#7 2#7 ()	4#6	4#6 2#7 ()	4#6 2#7 ()	4#8 2#8 ()
		I	2#6 2#5	4#5	4#6	4#6 2#5 ()	4#6	4#5	4#6	4#5 2#5 ()	4#6 2#5 ()	4#6 2#5 ()	4#6 2#5 ()
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10

02 03	P6 P7	S	4#7 2#6 ()	4#7	4#7 2#6 ()	4#7	4#7 2#7 ()	4#7	4#7 2#7 ()	4#7	4#7 2#6 ()	4#7 2#6 ()	4#8 2#8 ()
		I	4#6	4#5	4#6	4#6 2#5 ()	4#6	4#5	4#6	4#5 2#5 ()	4#6 2#6 ()	4#6 2#6 ()	4#6 2#5 ()
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
02 03	P8 P9 P10 P11 P12 CUB	S	4#7 2#6 ()	4#7	4#7 2#6 ()	4#7	4#7 2#7 ()	4#7	4#7 2#7 ()	4#7	4#7 2#6 ()	4#7 2#6 ()	4#8 2#8 ()
		I	4#6	4#5	4#6	4#6 2#5 ()	4#6	4#5	4#6	4#5 2#5 ()	4#6 2#6 ()	4#6 2#6 ()	4#6 2#5 ()
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10

Vg	Nivel	Ref	Eje A	CL	Eje B	CL	Eje C	CL	Eje D
05 06 07 08 09 10	P2 P3 P4 P5	S	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
		I	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
05 06 07 08 09 10	P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12 CUB	S	3#5 2#5 ()	3#5	3#5 2#5 ()	3#5	3#5 2#5 ()	3#5	3#5 2#5 ()
		I	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
11	P2 P3 P4 P5	S	3#5 2#6 ()	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5 2#6 ()
		I	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
11	P6 P7	S	3#5 2#6 ()	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5 2#6 ()
		I	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10
11	P8 P9 P10 P11 P12 CUB	S	3#5 2#7 ()	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5 2#7 ()
		I	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5	3#5
		Es	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.10

2. Refuerzos en columnas:

Col	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	CUB
1	Lon	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8	16#7 14#8
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
Col	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	CUB
2	Lon	22#6	22#6	22#6	22#6	22#6	22#6	22#6	22#6	22#6	22#6	22#6	22#6
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
Col	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	CUB
3	Lon	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7	8#6 12#7
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10
Col	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	CUB
4	Lon	20#7	20#7	20#7	20#7	20#7	20#7	20#7	20#7	20#7	20#7	20#7	20#7
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10

3. Refuerzos en muros:

M	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	CUB
1	Lon	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Tran	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Bord	44#5	36#5	32#5	20#5	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20

M	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	CUB
2	Lon	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Tran	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Bord	36#5	32#5	20#5	16#5	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
M	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	CUB
3	Lon	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Tran	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Bord	44#5	36#5	28#5	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
M	Ref	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	CUB
4	Lon	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Tran	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20
	Bord	44#5	40#5	36#5	32#5	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3	8#3
	Es	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.10	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20	#3 - 0.20

Convenciones:

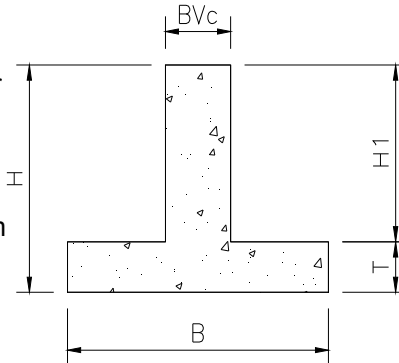
- () = Refuerzo en segunda fila para vigas
- S = Refuerzo superior en vigas
- I = Refuerzo inferior en vigas
- CL = Centro de luz entre ejes de vanos
- Es = Separación y diámetro estribo de refuerzo
- Lon = Refuerzo longitudinal en columnas y muros
- Tran = Refuerzo transversal en columnas y muros
- Bord = Elementos de borde longitudinales en muros

RIGIDEZ DEL CIMIENTO Y MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO

Edificio 12 pisos

1. Datos de entrada:

- H = 1.70 m Altura cimiento
- T = 0.20 m Espesor losa inferior
- B = 1.00 m Ancho efectivo cim
- H1 = 1.50 m Altura libre
- BVc = 0.60 m Ancho de la viga
- L = 8.00 m Longitud efectiva cim
- F'c = 35 MPa Resistencia cim
- Ec = 27806 MPa (4700*√f'c)



2. Centroide y momento de inercia:

Sección	Área (m ²)	Y (m)	AY (m ³)	I (m ⁴)	(Y-Ycen) ² (m ²)	I total (m ⁴)
1 (BVc*H1)	0.90	0.95	0.855	0.16875	0.02388	0.1902
2 (B*T)	0.20	0.10	0.02	0.00067	0.48366	0.0974
Σ=	1.1		0.875			0.2876

Ycentr = 0.80 m I sección = 0.2876 m⁴

3. Factor de amortiguación del sistema cimiento-suelo (Hetenyi, 1979) :

- Ks = 1578 kN/m³
- β = 0.084
- β*L = 0.670

$$\beta = \frac{4}{\sqrt{4 * E_c * I_c}} \sqrt{B * K_s}$$

Límites tipo de cimiento para β*L:

- π/4 = 0.7854 Rígido si es menor
- 3π/8 = 1.1781 Intermedio
- π/2 = 1.5708 Flexible si es mayor

- Variar H1 para Δ = 0
- Rígido Δ1= -0.1150
- Intermedio Δ2= -0.5077
- Flexible Δ3= -0.9004

4. Evaluación módulo de reacción del suelo:

A) Ks admisible aproximado (K1):

- σ adm = 99.80 kN/m²
- δ esp = 0.03 m
- Ks = 3327 kN/m³

$$K_s = \frac{\sigma_{adm}}{\delta_{esp}}$$

Límites de rigidez:

- Rígido 1.77 m
- Intermedio 1.01 m
- Flexible 0.68 m

B) Considerando la flexibilidad del suelo y del cimiento (K2):

* ASCE 41 (2017):

$v = 0.33$	$K_s = \frac{1.3G}{B(1-v)}$	Límites de rigidez: Rígido 1.87 m Intermedio 1.07 m Flexible 0.72 m
$E_s = 5400 \text{ kN/m}^2$		
$G = 2030 \text{ kN/m}^2$	$G = \frac{E_s}{2(1+v)}$	
$K_s = 3939 \text{ kN/m}^3$		

* A.S. Vesic (1961):

$v = 0.33$	$k_s = \frac{0.65}{B} * \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} * \left(\frac{E_s}{1-v^2} \right)$	Límites de rigidez: Rígido 1.52 m Intermedio 0.87 m Flexible 0.59 m
$E_s = 5400 \text{ kN/m}^2$		
$1/C_f = 0.354$	$\frac{1}{C_f} = 0.65 * \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}}$	
$K_s = 2144 \text{ kN/m}^3$		

* Manuel Delgado (1998):

$v = 0.33$	$E_o = C_e * C_u$	$E_s = E_o * \left(\frac{(1+v)(1-2v)}{(1-v)} \right)$
$C_u = 49.71 \text{ kN/m}^2$		
$C_e = 140$	Entre (80-140)	$k_{s1} = \frac{E_o}{B_p} * \frac{1}{C_f} * \left(\frac{(1-2v)}{(1-v)^2} \right)$
$E_o = 6959 \text{ kN/m}^2$	Módulo edométrico	
$E_s = 4697 \text{ kN/m}^2$		$K_s = k_{s1} \left(0.65 C_f \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} \right) \frac{B_p}{B}$
$1/C_f = 1.25$	Placa circular	Límites de rigidez: Rígido 1.44 m Intermedio 0.83 m Flexible 0.56 m
$C_f = 0.800$		
$B_p = 0.30 \text{ m}$	Placa circular	
$k_{s1} = 21963 \text{ kN/m}^3$		
$K_s = 1843 \text{ kN/m}^3$		

C) Curva fuerza-desplazamiento ensayo de placa (K3):

$B_p = 0.30 \text{ m}$	Placa circular	Límites de rigidez: Rígido 1.17 m Intermedio 0.78 m Flexible 0.53 m
$k_{s1} = 18587 \text{ kN/m}^3$	Inicial bilinealización	
$k_{s2} = 4126 \text{ kN/m}^3$	P. fluencia bilinealización	
$C_f = 0.800$		
$E_s = 5400 \text{ kN/m}^2$		
$K_{se1} = 1578 \text{ kN/m}^3$	Inicial	$K_s = k_{s1} \text{ o } k_{s2} \left(0.65 C_f \frac{12 \sqrt{E_s * B^4}}{\sqrt{E_c * l_c}} \right) \frac{B_p}{B}$
$K_{si2} = 350 \text{ kN/m}^3$	Post fluencia	

DISTRIBUCIÓN DE RESORTES K1

Edificio 12 pisos

1. Datos de entrada:

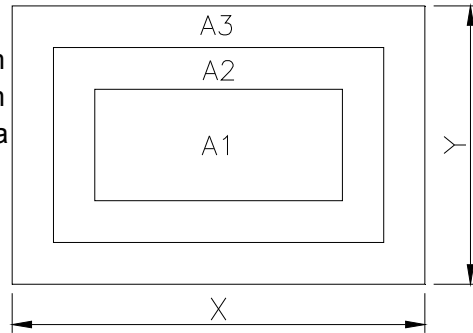
X = 40 m Long losa cim
 Y = 27 m Long losa cim
 AT = 1080 m² Área total losa

X A1= 31 m Long A1
 Y A1= 18 m Long A1
 A1 = 558 m² Área interior 1

X A2= 35.2 m Long A2
 Y A2= 22.3 m Long A2
 A2 = 228 m² Área interior 2

A3 = 294 m² Área exterior 3

Ks = 3327 kN/m³ Módulo de reacción del suelo



$$A1 \approx \frac{AT}{2} \approx A2 + A3 ; A1 = XA1 * YA1$$

$$A2 = (XA2 * YA2 - A1)$$

$$A3 = AT - (A1 + A2)$$

2. Distribución módulos de reacción del suelo:

KA1 = 2415 kN/m³ KA1 = KA1; KA2=1.5 KA1; KA3=2 KA1

KA2 = 3623 kN/m³

KA3 = 4830 kN/m³ A1*KA1+A2*1.5*KA1+A3*2*KA1 = AT*KS

Ks prom = 3623 kN/m³ Módulo de reacción promedio

3. Distribución de resortes verticales:

Área	Zona	KAi (kN/m ³)	Xi (m)	Yi (m)	Área (m ²)	KZ (kN/m)
A1	Interior	2415	0.5	0.5	0.250	604
A2	Interior	3623	0.5	0.585	0.293	1060
A3	Interior	4830	0.5	0.585	0.293	1413
A3	Borde	4830	0.5	0.293	0.146	706
A3	Esquina	4830	0.293	0.293	0.086	413

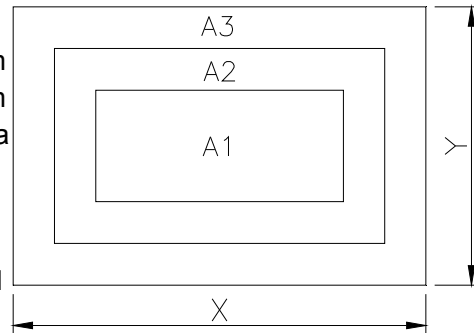
$$Kz = KA_i * \text{Área Aferente}$$

DISTRIBUCIÓN DE RESORTES K2

Edificio 12 pisos

1. Datos de entrada:

X = 40 m	Long losa cim
Y = 27 m	Long losa cim
AT = 1080 m ²	Área total losa
X A1= 31 m	Long A1
Y A1= 18 m	Long A1
A1 = 558 m ²	Área interior 1
X A2= 35.2 m	Long A2
Y A2= 22.3 m	Long A2
A2 = 228 m ²	Área interior 2
A3 = 294 m ²	Área exterior 3



$$A1 \approx \frac{AT}{2} \approx A2 + A3 ; A1 = XA1 * YA1$$

$$A2 = (XA2 * YA2 - A1)$$

$$A3 = AT - (A1 + A2)$$

Ks = 3939 kN/m³ Módulo de reacción del suelo

2. Distribución módulos de reacción del suelo:

KA1 = 2859 kN/m ³	KA1 = KA1; KA2=1.5 KA1; KA3=2 KA1
KA2 = 4289 kN/m ³	
KA3 = 5719 kN/m ³	A1*KA1+A2*1.5*KA1+A3*2*KA1 = AT*KS

Ks prom = 4289 kN/m³ Módulo de reacción promedio

3. Distribución de resortes verticales:

Área	Zona	KAi (kN/m ³)	Xi (m)	Yi (m)	Área (m ²)	KZ (kN/m)
A1	Interior	2859	0.5	0.5	0.250	715
A2	Interior	4289	0.5	0.585	0.293	1255
A3	Interior	5719	0.5	0.585	0.293	1673
A3	Borde	5719	0.5	0.293	0.146	836
A3	Esquina	5719	0.293	0.293	0.086	489

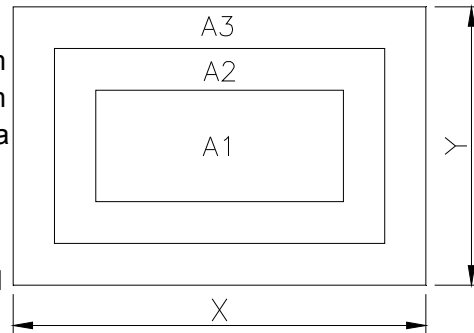
$$Kz = KA_i * \text{Área Aferente}$$

DISTRIBUCIÓN DE RESORTES K3

Edificio 12 pisos

1. Datos de entrada:

X = 40 m	Long losa cim
Y = 27 m	Long losa cim
AT = 1080 m ²	Área total losa
X A1= 31 m	Long A1
Y A1= 18 m	Long A1
A1 = 558 m ²	Área interior 1
X A2= 35.2 m	Long A2
Y A2= 22.3 m	Long A2
A2 = 228 m ²	Área interior 2
A3 = 294 m ²	Área exterior 3



$$A1 \approx \frac{AT}{2} \approx A2 + A3 ; A1 = XA1 * YA1$$

$$A2 = (XA2 * YA2 - A1)$$

$$A3 = AT - (A1 + A2)$$

Ks = 350 kN/m³ Módulo de reacción del suelo

2. Distribución módulos de reacción del suelo:

KA1 = 254 kN/m ³	KA1 = KA1; KA2=1.5 KA1; KA3=2 KA1
KA2 = 381 kN/m ³	
KA3 = 508 kN/m ³	A1*KA1+A2*1.5*KA1+A3*2*KA1 = AT*KS

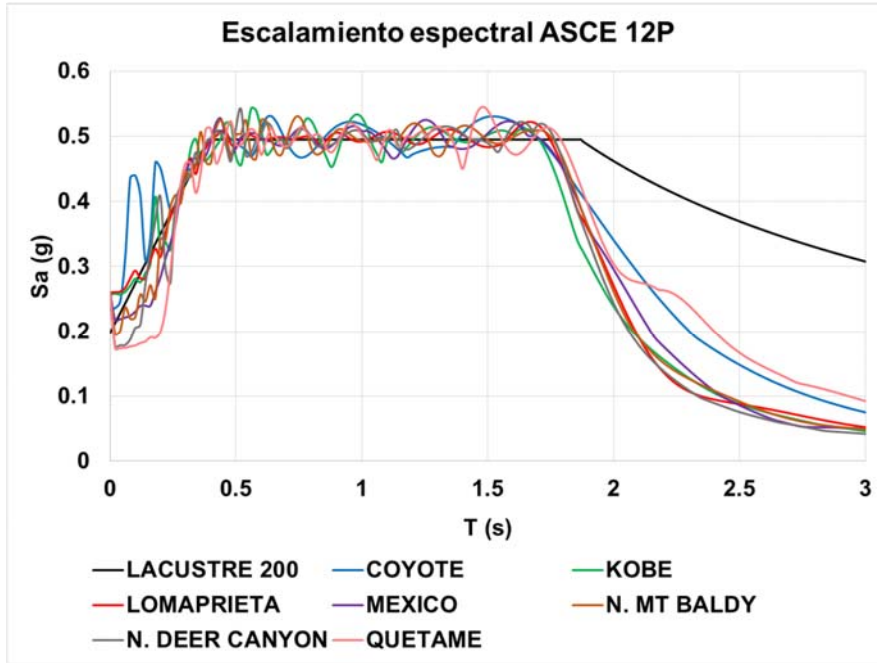
Ks prom = 381 kN/m³ Módulo de reacción promedio

3. Distribución de resortes verticales:

Área	Zona	KAi (kN/m ³)	Xi (m)	Yi (m)	Área (m ²)	KZ (kN/m)
A1	Interior	254	0.5	0.5	0.250	64
A2	Interior	381	0.5	0.585	0.293	111
A3	Interior	508	0.5	0.585	0.293	149
A3	Borde	508	0.5	0.293	0.146	74
A3	Esquina	508	0.293	0.293	0.086	43

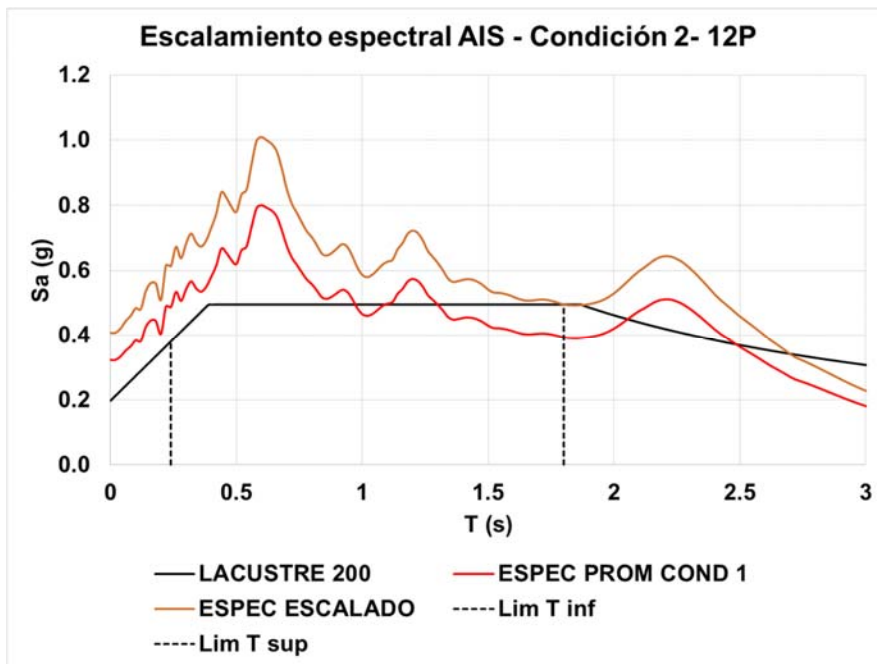
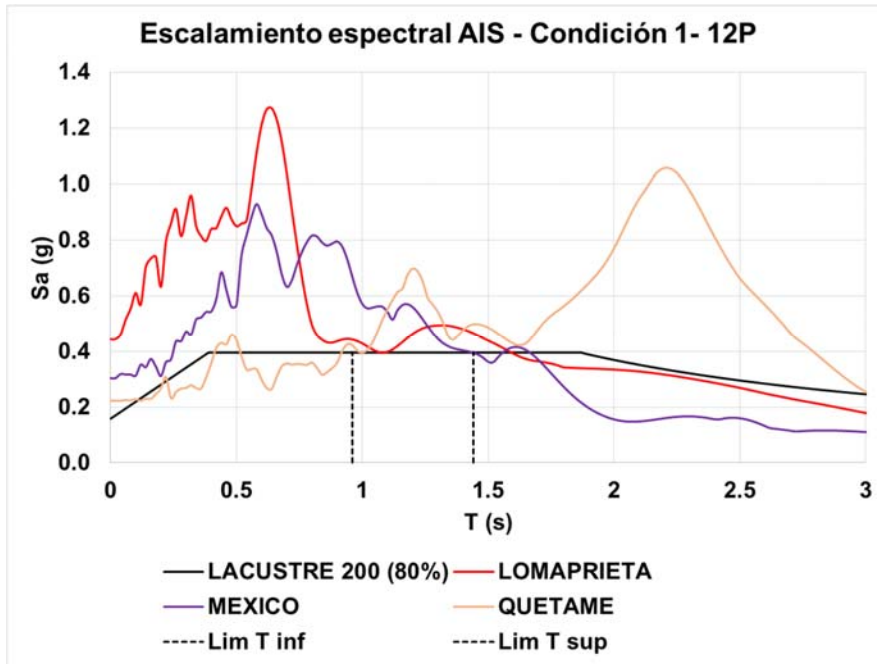
$$Kz = KAi * \text{Área Aferente}$$

ANEXO 55 Escalamiento espectral de registros ASCE - 12P



ANEXO 56 Escalamiento espectral de registros AIS - 12P





ANEXO 57 Derivas análisis elástico - 12P

DERIVAS
Edificio 12 pisos

1. Resumen deriva máxima de piso:

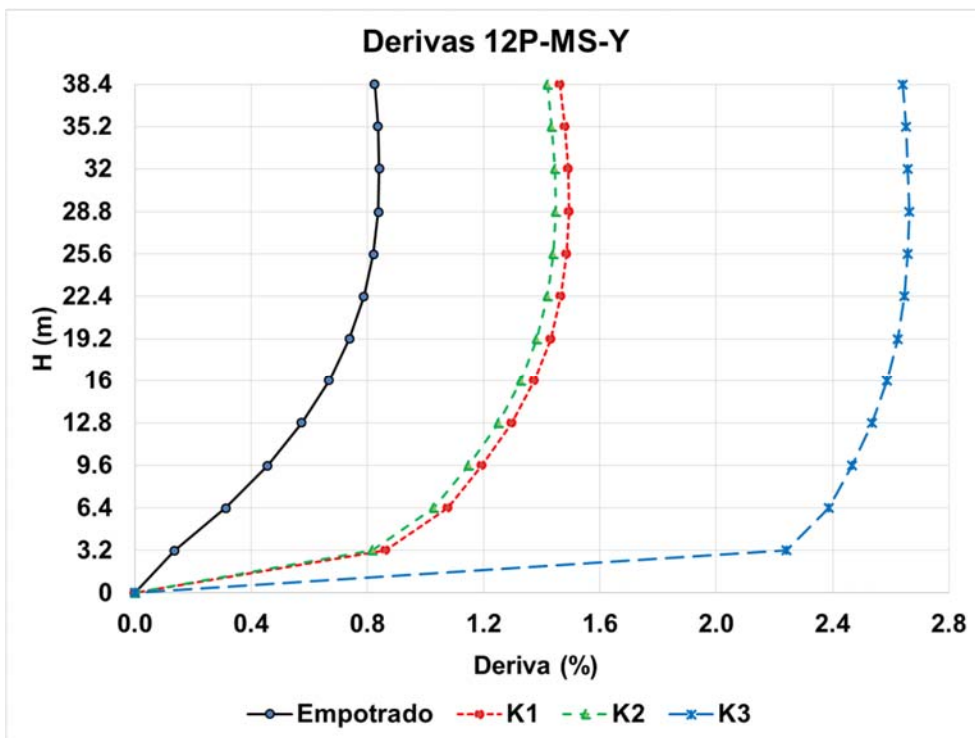
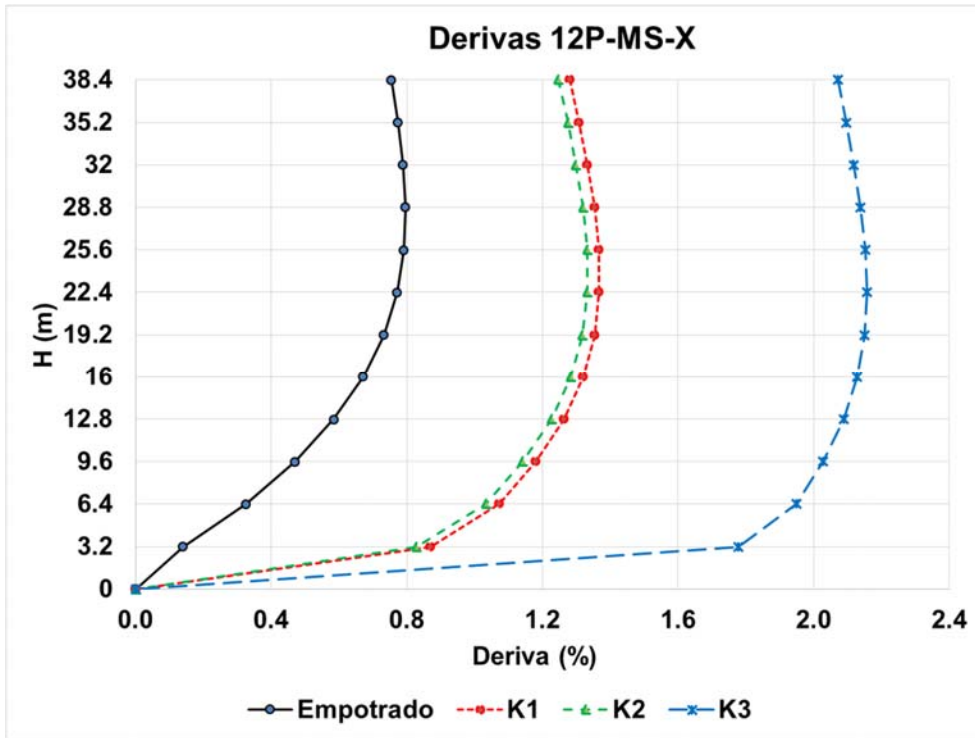
Método	Deriva (%)							
	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	1.11	1.13	1.78	1.96	1.74	1.90	3.42	5.15
MS	0.80	0.84	1.37	1.49	1.33	1.45	2.16	2.66
MC-CY	0.74	0.72	1.36	1.38	1.31	1.33	2.14	2.52
MC-KB	0.76	0.73	1.33	1.34	1.29	1.30	1.88	2.51
MC-LM	0.78	0.72	1.32	1.31	1.25	1.25	2.13	2.48
MC-MX	0.73	0.76	1.36	1.38	1.31	1.31	2.10	2.50
MC-MT	0.78	0.70	1.32	1.36	1.27	1.30	2.09	2.66
MC-DE	0.74	0.72	1.28	1.28	1.23	1.30	2.11	2.66
MC-QU	0.76	0.72	1.26	1.31	1.27	1.33	2.16	2.64
MC-ASCE	0.76	0.72	1.32	1.34	1.28	1.30	2.09	2.57
MCN-QU	1.10	0.81	1.43	1.48	1.44	1.49	9.98	6.20
MCN-LM	0.81	0.77	1.37	1.42	1.37	1.42	3.06	3.23
MCN-MX	1.00	1.09	1.35	1.35	1.26	1.21	2.79	2.80
MC-AIS	0.97	0.89	1.38	1.42	1.36	1.38	5.27	4.08

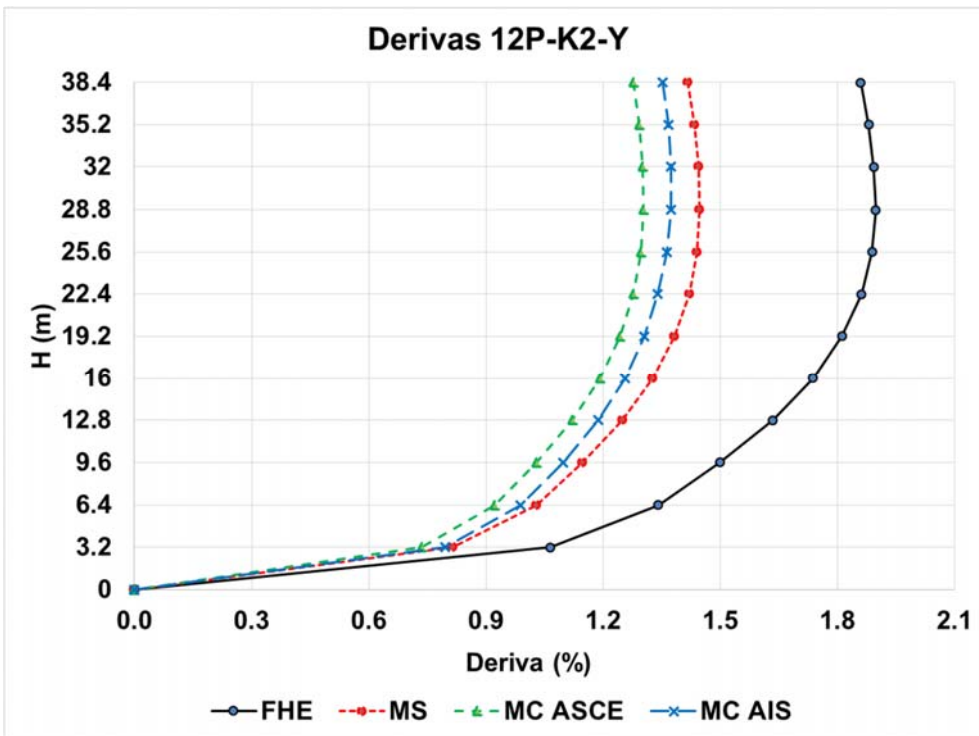
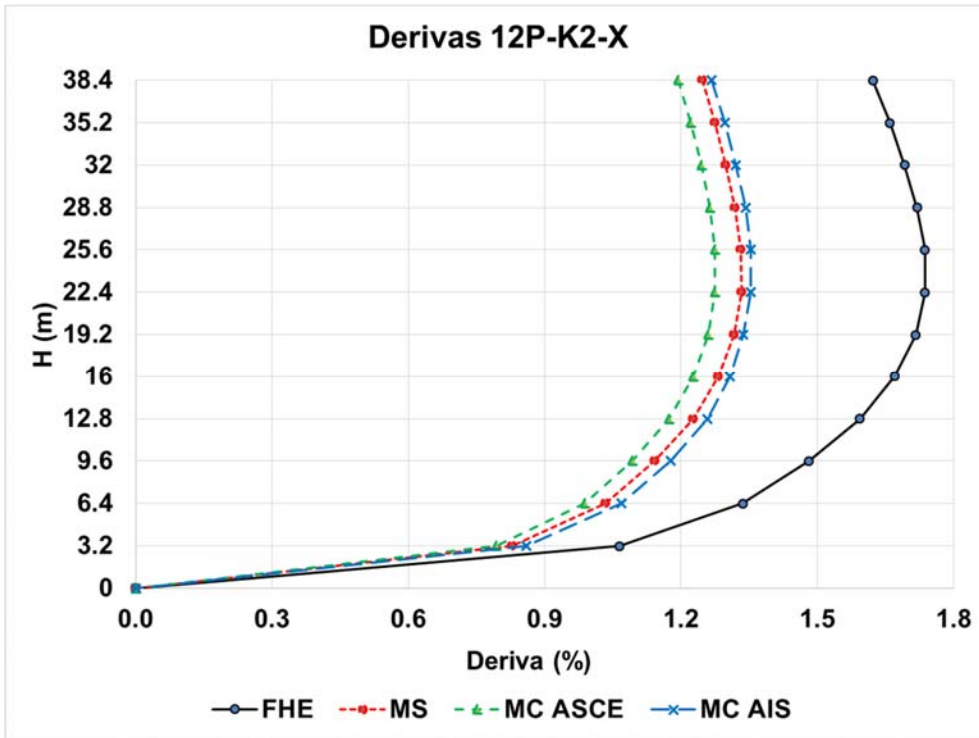
2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

Método	% Var máx.					
	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	61	74	57	68	209	357
MS	72	78	67	72	171	217
MC-ASCE	74	84	69	80	176	254
MC-AIS	43	60	40	55	444	360

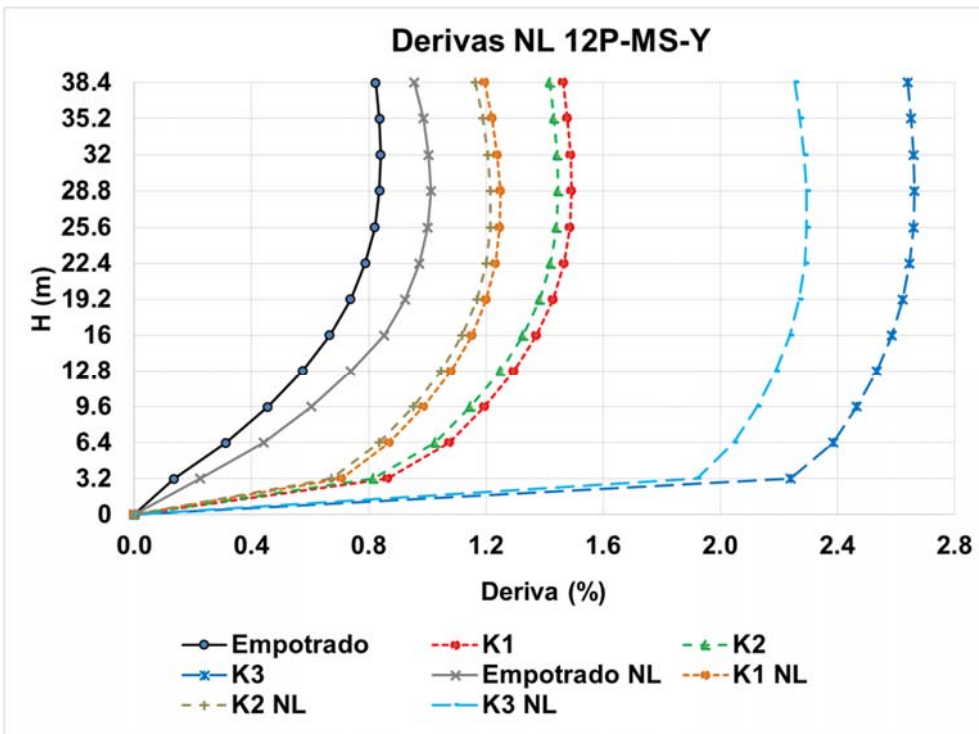
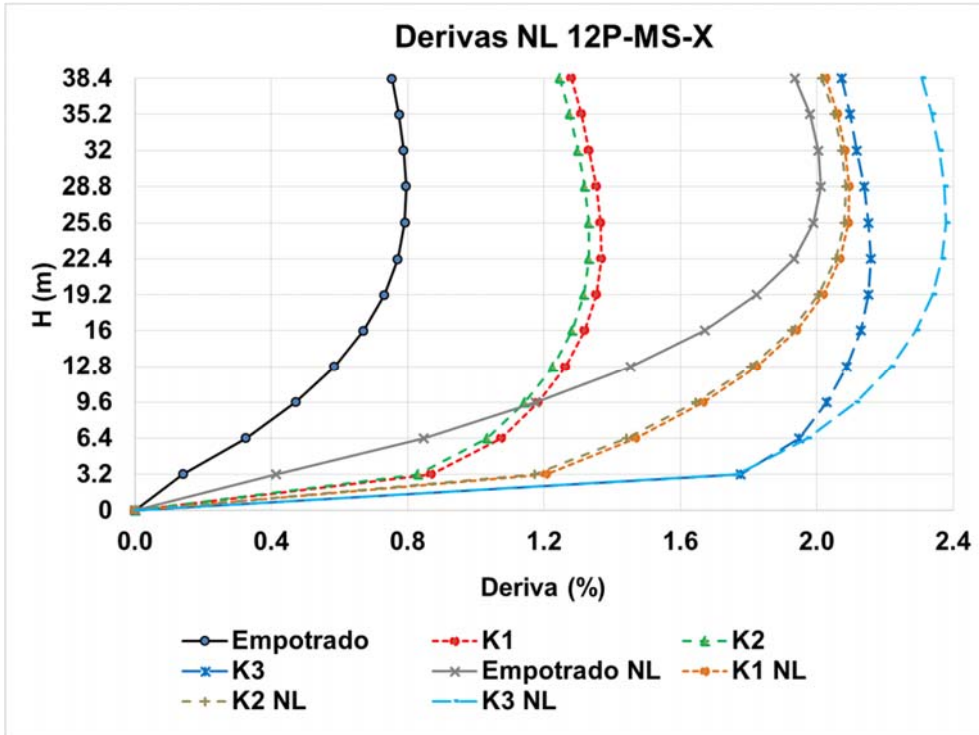
Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente LM = Lomapieta
 MS = Análisis modal espectral MX = México
 MC = Análisis modal cronológico MT = Northridge MT Baldy
 CY = Coyote Lake DE = Northridge DeerCanyon
 KB = Kobe QU = Quetame
 EM = Condición empotrada





ANEXO 58 Derivas análisis no lineal - 12P



ANEXO 59 Desplazamientos - 12P

DESPLAZAMIENTOS

Edificio 12 pisos

1. Resumen desplazamientos máximos de piso:

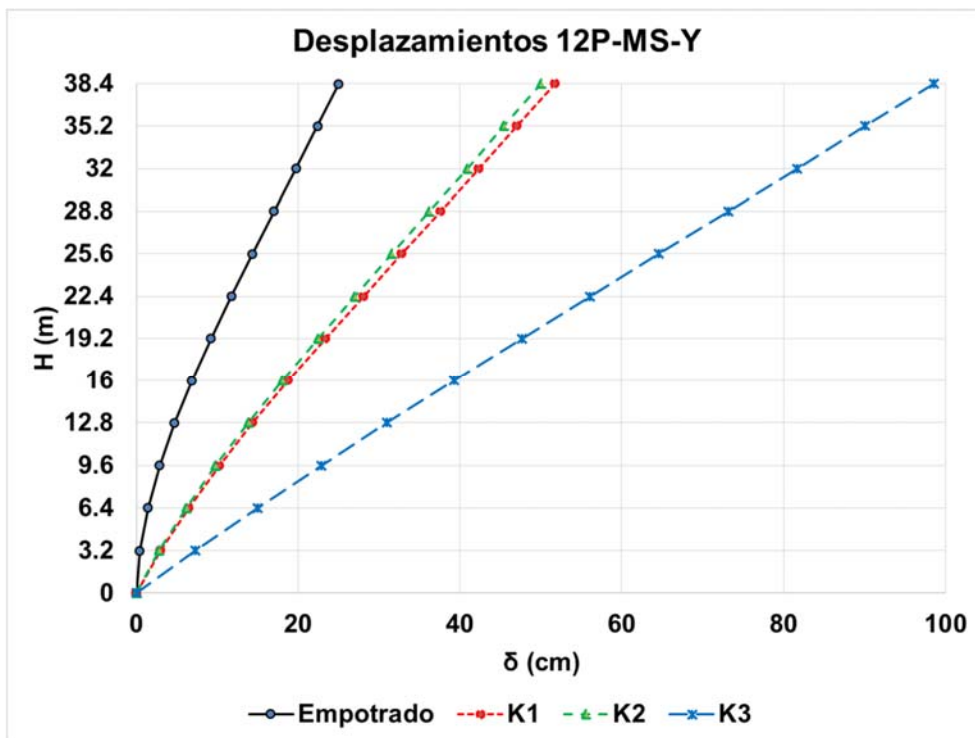
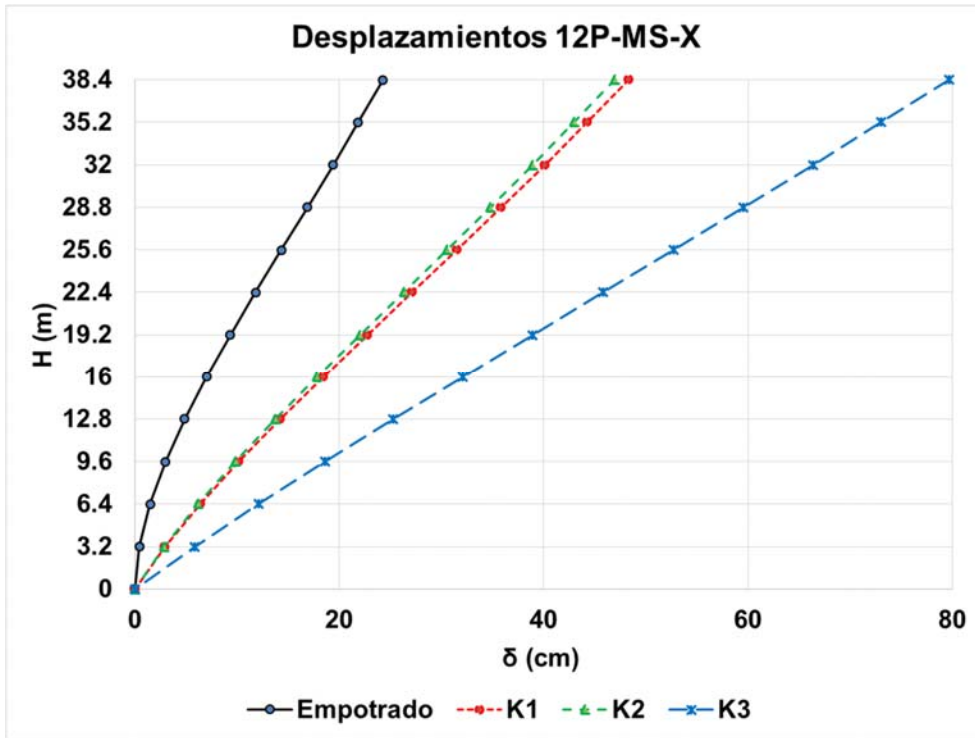
Desplazamiento (cm)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	34.0	33.7	62.9	67.9	61.1	65.5	126.2	190.6
MS	24.3	25.0	48.4	51.7	47.0	50.0	79.7	98.6
MC-CY	22.6	21.4	48.1	47.9	46.4	46.3	79.3	93.8
MC-KB	23.1	21.5	46.7	46.5	45.2	44.8	69.7	93.2
MC-LM	23.7	21.3	46.2	45.3	44.0	43.2	78.6	91.6
MC-MX	22.1	22.2	48.0	47.6	46.2	45.1	77.6	92.7
MC-MT	23.7	20.9	46.5	46.7	44.7	44.6	77.0	98.4
MC-DE	22.7	21.5	45.2	44.2	43.2	44.5	78.1	98.1
MC-QU	23.5	21.5	44.6	45.5	44.6	46.0	79.7	97.7
MC-ASCE	23.1	21.5	46.5	46.2	44.9	44.9	77.1	95.0
MCN-QU	34.1	24.3	50.8	51.7	51.0	51.9	368.7	228.8
MCN-LM	24.1	21.9	47.4	48.7	47.3	48.6	111.9	119.2
MCN-MX	30.2	32.0	47.9	46.6	44.7	41.5	102.2	101.6
MC-AIS	29.5	26.1	48.7	49.0	47.6	47.3	194.2	149.9

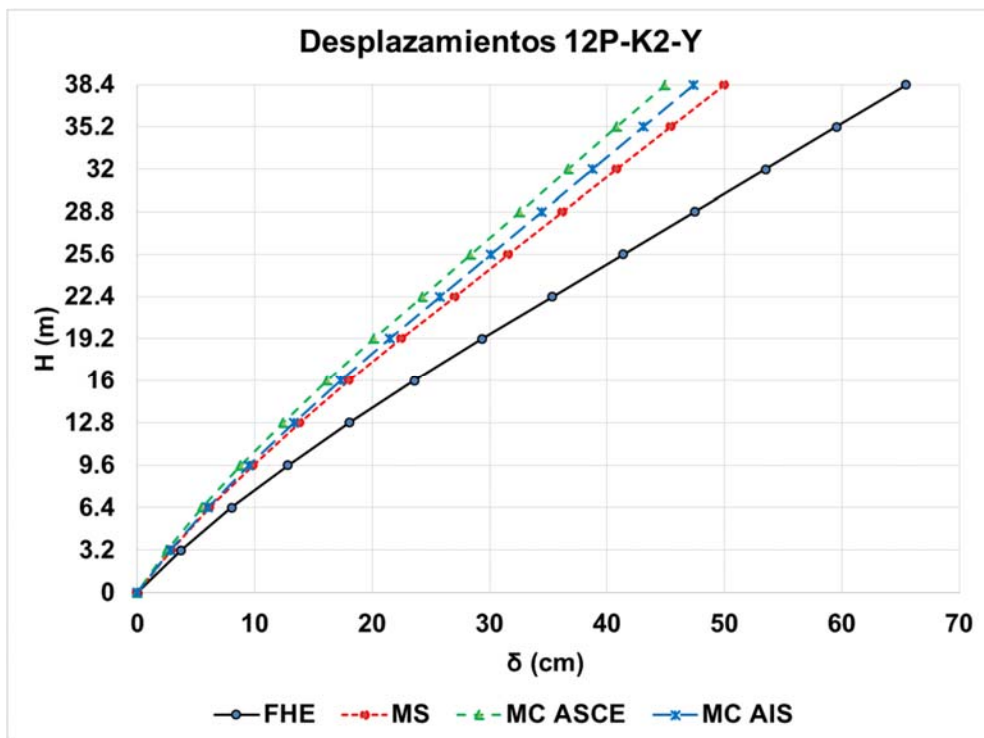
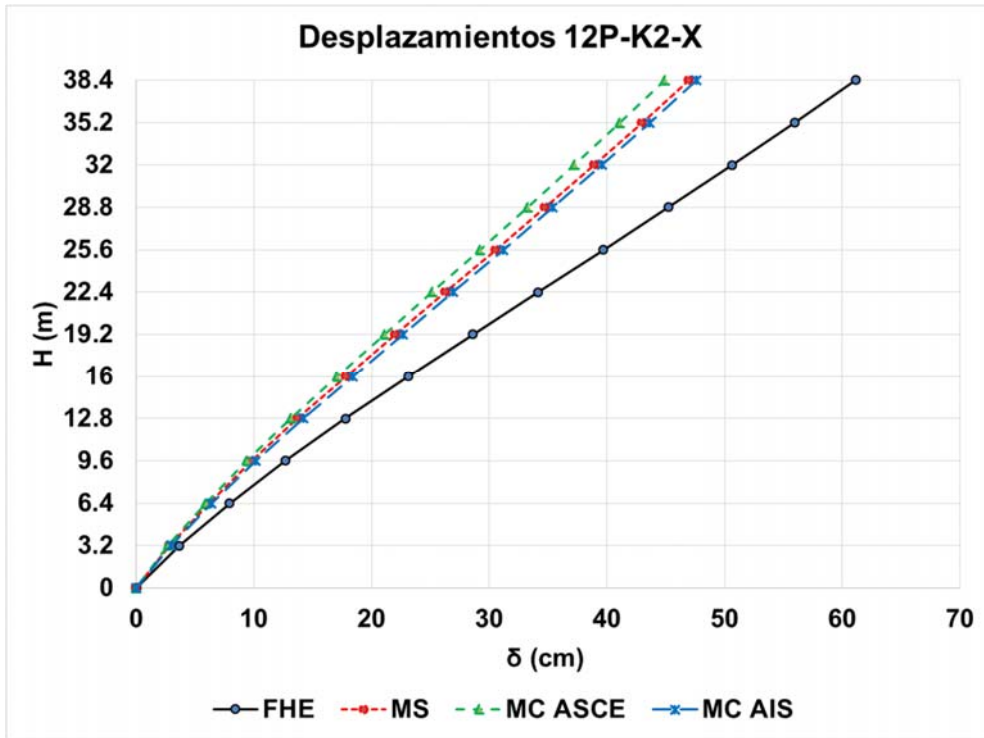
2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	85	101	80	94	271	465
MS	99	107	94	100	228	294
MC-ASCE	101	115	95	109	234	343
MC-AIS	65	88	62	82	559	475

Convenciones:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| FHE = Fuerza horizontal equivalente | LM = Lomapieta |
| MS = Análisis modal espectral | MX = México |
| MC = Análisis modal cronológico | MT = Northridge MT Baldy |
| CY = Coyote Lake | DE = Northridge DeerCanyon |
| KB = Kobe | QU = Quetame |
| EM = Condición empotrada | |





ANEXO 60 Cortante sísmico - 12P

CORTANTE SÍSMICO

Edificio 12 pisos

1. Resumen cortantes máximos en la base:

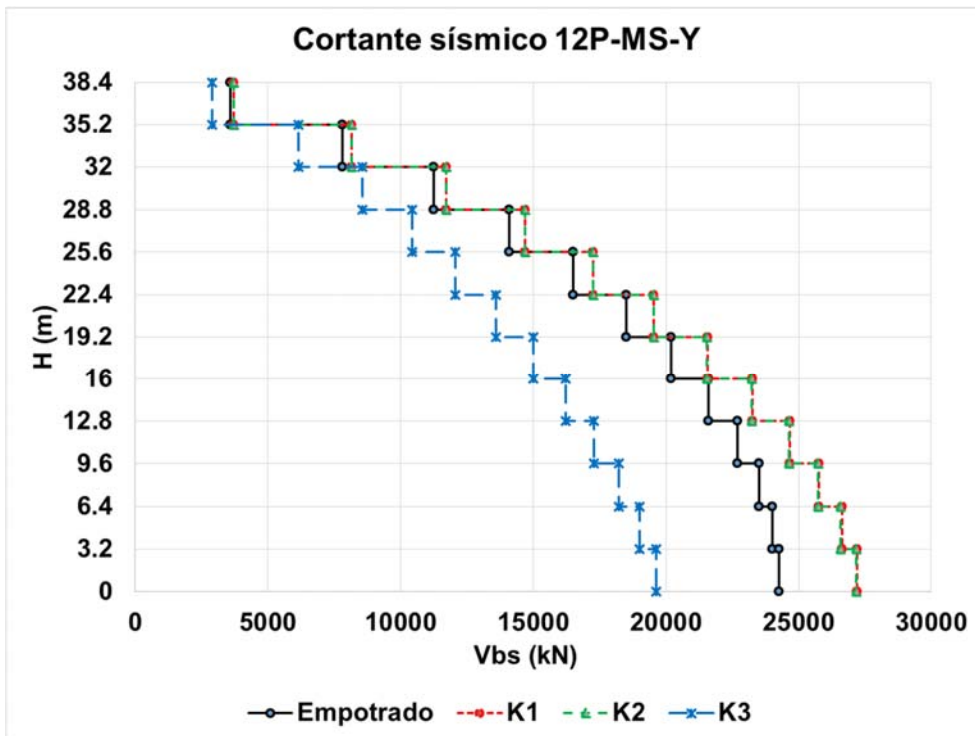
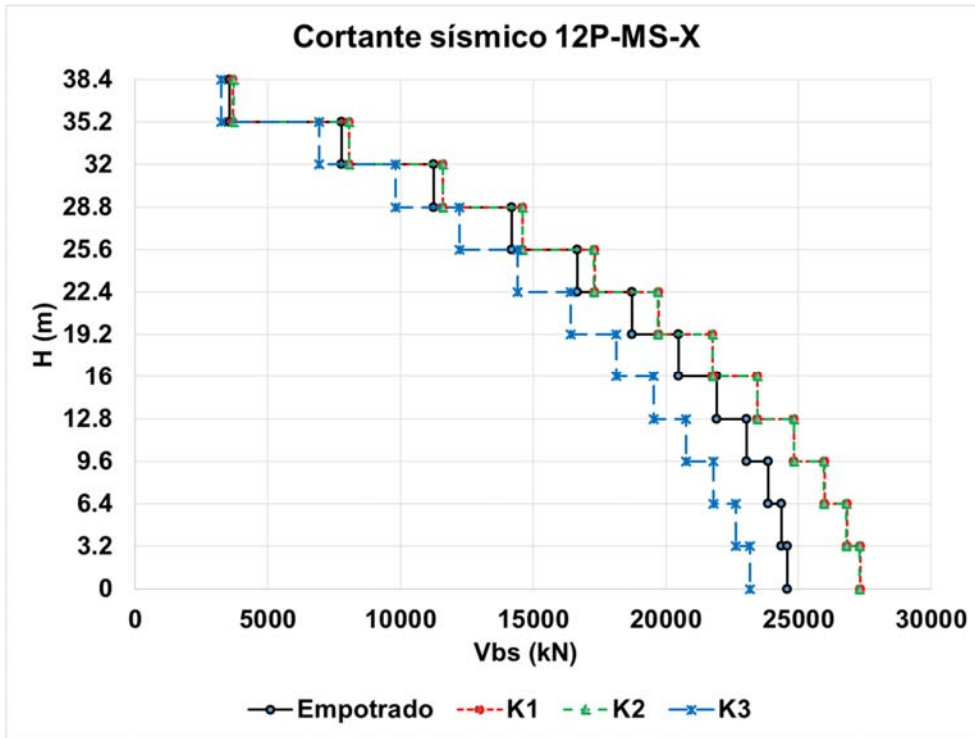
Método	Cortante (kN)							
	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	35022	35022	35022	35022	35022	35022	35022	35022
MS	24578	24255	27346	27210	27309	27167	23157	19639
MC-CY	25288	25940	28141	28099	28362	28588	24469	19283
MC-KB	23230	21832	27116	25675	27553	25437	20612	17912
MC-LM	23336	22681	25654	25201	25631	25560	21717	17321
MC-MX	21589	21865	26130	25741	25753	25398	21848	17703
MC-MT	22976	23677	29783	28965	29188	28340	23073	20125
MC-DE	25288	24755	27979	27204	26739	26250	22600	18832
MC-QU	25691	22700	25453	26473	26036	27995	22166	17126
MC-ASCE	23914	23350	27179	26766	27038	26796	22355	18329
MCN-QU	39441	31397	31290	32266	32226	33650	103908	40416
MCN-LM	26929	26810	32576	31793	32442	32402	37949	32214
MCN-MX	33051	34793	29175	28360	28920	28493	34390	28432
MC-AIS	33140	31000	31013	30806	31196	31515	58749	33687

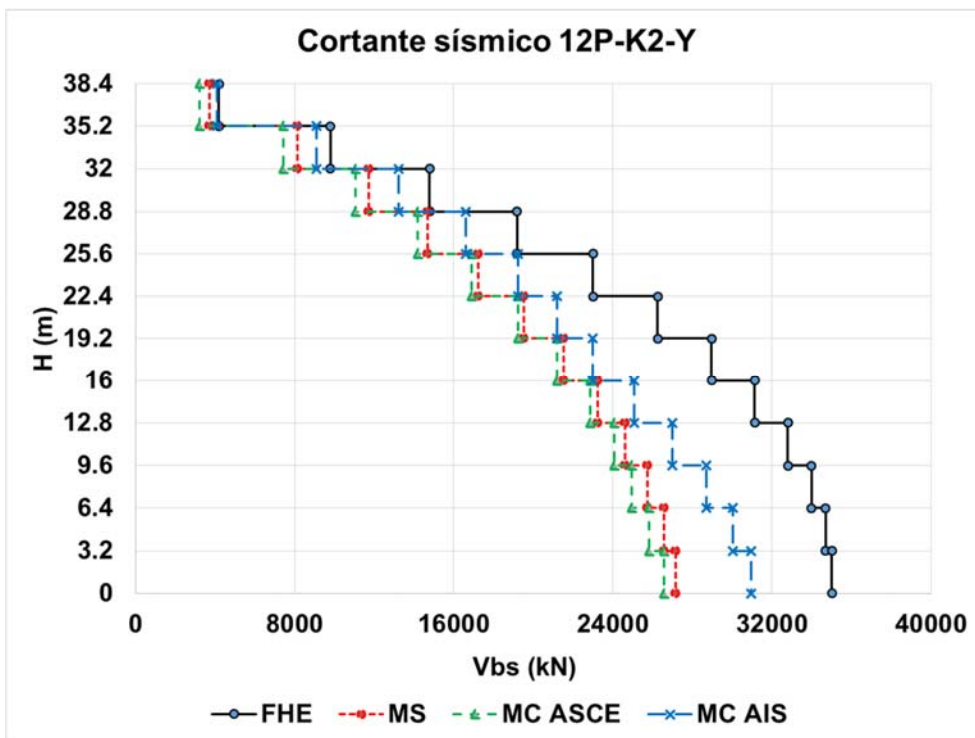
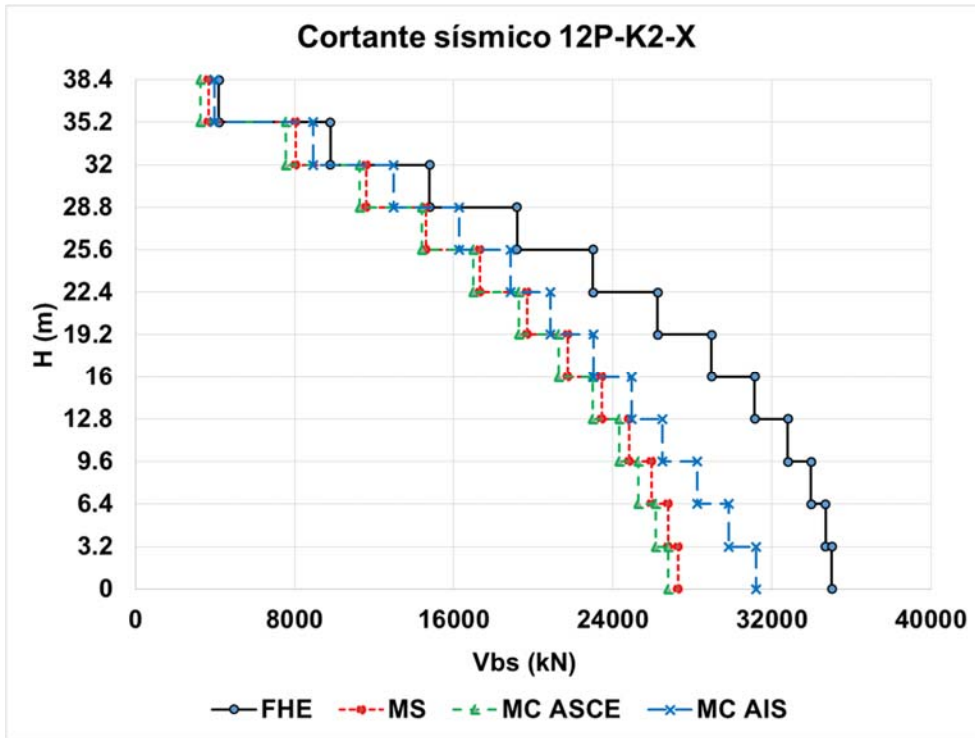
2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

Método	% Var máx.					
	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
MS	11.3	12.2	11.1	12.0	-5.8	-19.0
MC-ASCE	13.7	14.6	13.1	14.8	-6.5	-21.5
MC-AIS	-6.4	-0.6	-5.9	1.7	77.3	8.7

Convenciones:

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| FHE = Fuerza horizontal equivalente | LM = Lomapieta |
| MS = Análisis modal espectral | MX = México |
| MC = Análisis modal cronológico | MT = Northridge MT Baldy |
| CY = Coyote Lake | DE = Northridge DeerCanyon |
| KB = Kobe | QU = Quetame |
| EM = Condición empotrada | |





ANEXO 61 Fuerzas internas en columnas - 12P

FUERZAS INTERNAS COLUMNAS

Edificio 12 pisos

1. Momentos máximos COL 03 (Ejes B-5):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	2483	606	13026	1555	12616	1569	16176	1411
MS	1760	484	10605	1265	10243	1275	11570	734
MC-CY	1714	422	10656	1257	10234	1236	10665	705
MC-KB	1685	448	9549	1069	9052	1094	10331	679
MC-LM	1488	395	10083	1167	9533	1129	11207	662
MC-MX	1595	466	10545	1237	10096	1212	10972	680
MC-MT	1570	371	10610	1232	10079	1206	10997	701
MC-DE	1735	420	9677	1077	9141	1099	11273	630
MC-QU	1801	435	9872	1196	9808	1282	11334	593
MC-ASCE	1655	422	10142	1176	9706	1180	10969	664
MCN-QU	2709	490	11379	1426	11322	1502	43879	2459
MCN-LM	1753	386	10340	1287	10002	1309	15012	1049
MCN-MX	2085	618	10711	1222	10115	1145	13993	762
MC-AIS	2182	498	10810	1312	10479	1318	24294	1423

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	425	157	408	159	551	133
MS	503	162	482	164	558	52
MC-ASCE	513	179	486	179	563	57
MC-AIS	395	163	380	165	1013	186

3. Cortantes máximos COL 03 (Ejes B-5):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	403	466	4185	590	4035	596	5336	570
MS	296	371	3449	487	3317	491	3879	321
MC-CY	289	323	3455	487	3305	480	3573	310
MC-KB	283	343	3102	415	2931	425	3464	308
MC-LM	247	301	3270	453	3078	439	3748	308
MC-MX	273	357	3419	479	3259	470	3672	309
MC-MT	271	283	3446	479	3261	470	3680	312
MC-DE	282	322	3150	426	2960	427	3771	300
MC-QU	295	333	3203	465	3167	498	3790	287
MC-ASCE	277	323	3292	458	3137	458	3671	305
MCN-QU	461	376	3684	553	3648	582	14355	961
MCN-LM	307	295	3369	501	3243	510	4991	409
MCN-MX	392	475	3474	474	3269	445	4660	409
MC-AIS	386	382	3509	509	3387	513	8002	593

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	938	27	901	28	1223	22
MS	1066	31	1021	32	1211	-13
MC-ASCE	1088	42	1032	42	1225	-6
MC-AIS	808	33	776	34	1970	55

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

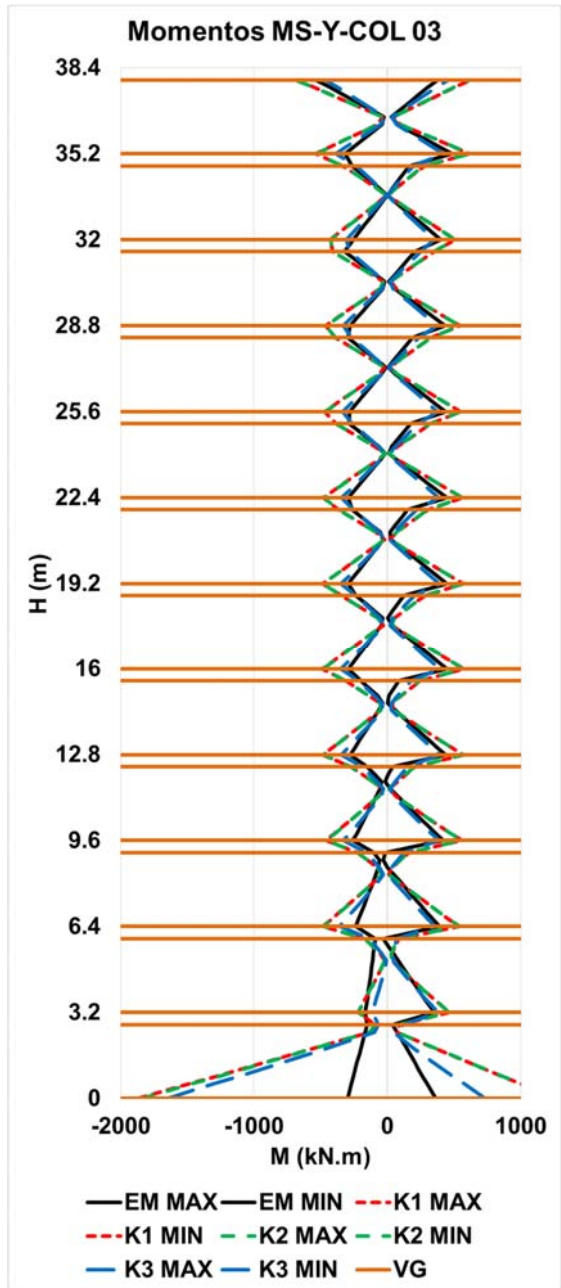
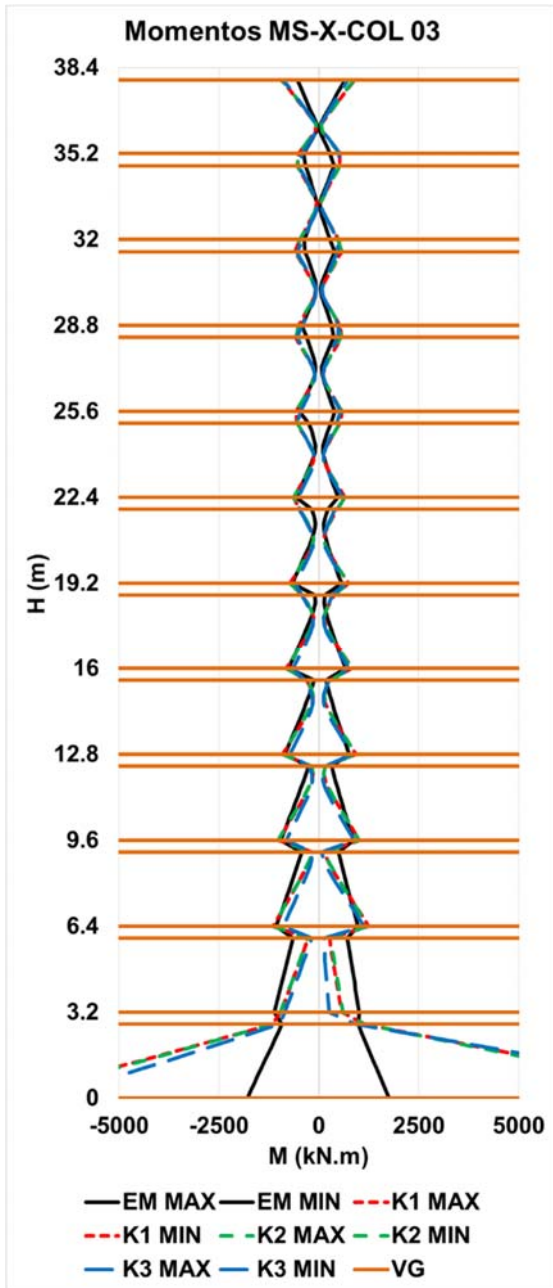
LM = Lomapieta

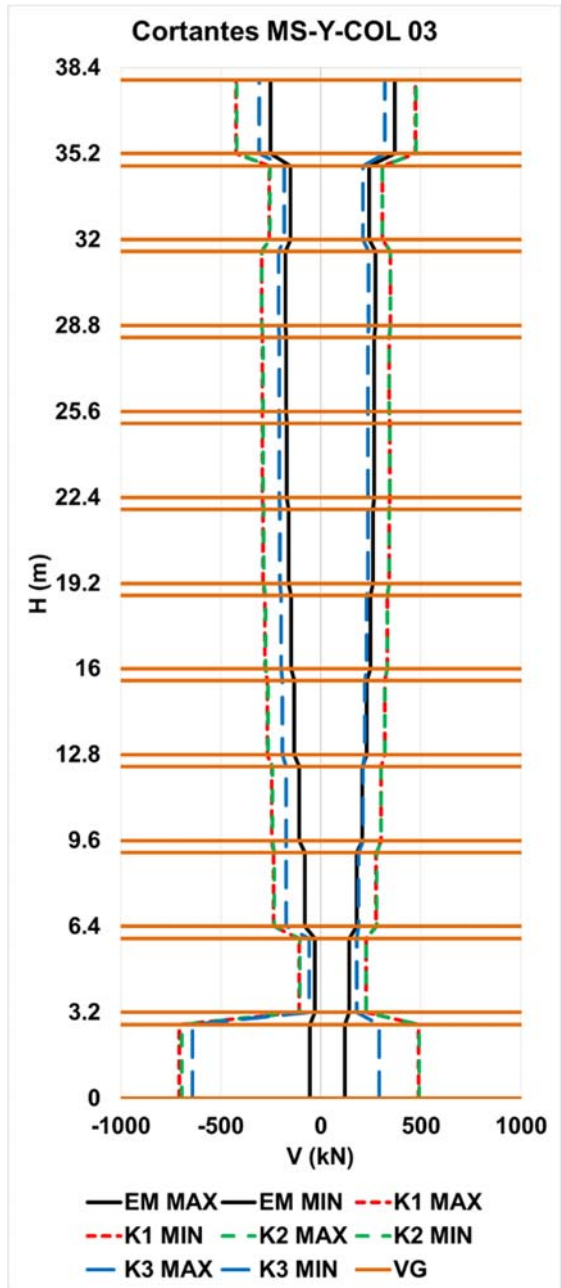
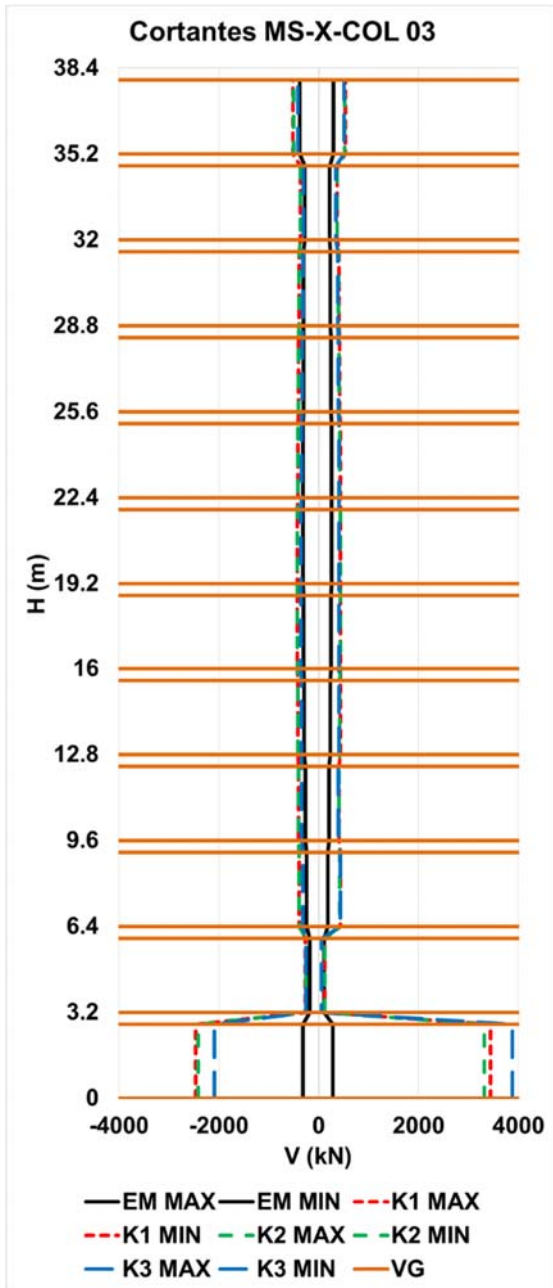
MX = México

MT = Northridge MT Baldy

DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame





ANEXO 62 Fuerzas internas en vigas - 12P

FUERZAS INTERNAS VIGAS DIRECCIÓN X
Edificio 12 pisos

1. Momentos máximos VG-02 (Eje B entre ejes 1 a 6):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P9	P2	P9	P2	P9	P2	P9
FHE	-426	-800	-845	-1049	-833	-1042	-929	-1100
MS	-386	-682	-749	-917	-738	-911	-746	-854
MC-CY	-376	-638	-742	-903	-728	-890	-710	-803
MC-KB	-377	-656	-694	-855	-679	-844	-698	-786
MC-LM	-364	-648	-717	-887	-697	-867	-728	-838
MC-MX	-373	-647	-737	-905	-722	-894	-720	-813
MC-MT	-368	-647	-739	-869	-721	-858	-721	-831
MC-DE	-379	-645	-698	-867	-683	-836	-729	-829
MC-QU	-383	-661	-709	-867	-711	-878	-730	-831
MC-ASCE	-374	-649	-719	-879	-706	-867	-719	-819
MCN-QU	-436	-812	-771	-930	-774	-944	-2572	-2976
MCN-LM	-376	-665	-731	-904	-721	-920	-867	-1040
MCN-MX	-407	-809	-742	-901	-720	-866	-825	-989
MC-AIS	-406	-762	-748	-912	-739	-910	-1421	-1668

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	98	31	96	30	118	37
MS	94	35	91	34	93	25
MC-ASCE	92	36	89	34	92	26
MC-AIS	84	20	82	19	250	119

3. Cortantes máximos VG-02 (Eje B entre ejes 1 a 6):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P9	P2	P9	P2	P9	P2	P9
FHE	262	384	436	540	425	533	518	595
MS	252	341	357	438	352	432	361	409
MC-CY	248	323	359	439	348	430	343	377
MC-KB	249	329	337	402	333	388	337	363
MC-LM	245	314	344	430	338	416	352	405
MC-MX	248	326	355	440	346	431	348	387
MC-MT	246	321	357	419	345	410	349	399
MC-DE	249	325	338	415	335	392	354	400
MC-QU	250	330	341	416	342	421	355	403
MC-ASCE	248	324	347	423	341	413	348	391
MCN-QU	265	420	381	460	381	466	1408	1627
MCN-LM	248	314	348	434	346	442	473	555
MCN-MX	258	398	360	439	345	416	440	515
MC-AIS	257	377	363	444	357	441	774	899

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	66	41	62	39	97	55
MS	42	29	40	27	43	20
MC-ASCE	40	30	38	27	40	21
MC-AIS	41	18	39	17	201	138

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

LM = Lomapieta

MX = México

MT = Northridge MT Baldy

DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame

P2 y P9 = Nivel de piso 2 y 9

FUERZAS INTERNAS VIGAS DIRECCIÓN Y

Edificio 12 pisos

1. Momentos máximos VG-09 (Eje 5 entre ejes A y D):

Momento (kN.m)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P9	P2	P9	P2	P9	P2	P9
FHE	-152	-470	-507	-689	-499	-683	-562	-730
MS	-119	-354	-415	-551	-407	-546	-382	-457
MC-CY	-113	-320	-412	-543	-399	-528	-378	-447
MC-KB	-106	-322	-394	-512	-384	-504	-377	-446
MC-LM	-110	-321	-395	-521	-379	-503	-373	-447
MC-MX	-110	-337	-409	-543	-396	-531	-375	-447
MC-MT	-111	-312	-406	-517	-392	-503	-390	-460
MC-DE	-113	-320	-380	-505	-380	-502	-389	-465
MC-QU	-111	-315	-399	-521	-406	-536	-387	-460
MC-ASCE	-111	-321	-399	-523	-391	-515	-381	-453
MCN-QU	-125	-359	-443	-578	-448	-591	-732	-922
MCN-LM	-106	-337	-413	-542	-412	-560	-443	-542
MCN-MX	-150	-464	-406	-536	-382	-503	-404	-535
MC-AIS	-127	-387	-421	-552	-414	-552	-526	-666

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	233	47	228	45	269	55
MS	247	56	241	54	220	29
MC-ASCE	261	63	253	61	245	41
MC-AIS	231	43	226	43	314	72

3. Cortantes máximos VG-09 (Eje 5 entre ejes A y D):

Cortante (kN)								
Método	Empotrado		K1		K2		K3	
	P2	P9	P2	P9	P2	P9	P2	P9
FHE	84	226	197	295	197	295	198	295
MS	68	175	156	232	156	232	141	167
MC-CY	60	149	154	225	151	221	140	163
MC-KB	62	160	139	203	139	204	139	162
MC-LM	57	140	146	215	142	209	139	163
MC-MX	62	167	153	226	150	222	139	163
MC-MT	56	131	152	213	149	209	140	163
MC-DE	61	150	140	208	140	201	137	161
MC-QU	63	156	149	216	155	225	135	157
MC-ASCE	60	151	148	215	147	213	138	162
MCN-QU	72	176	168	242	174	251	242	347
MCN-LM	60	136	156	227	157	238	160	203
MCN-MX	81	224	151	222	144	209	145	202
MC-AIS	71	179	159	230	158	233	182	250

4. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	134	31	133	31	135	31
MS	128	33	128	33	106	-5
MC-ASCE	145	43	143	41	129	7
MC-AIS	124	29	123	30	157	40

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente

MS = Análisis modal espectral

MC = Análisis modal cronológico

CY = Coyote Lake

KB = Kobe

EM = Condición empotrada

LM = Lomapieta

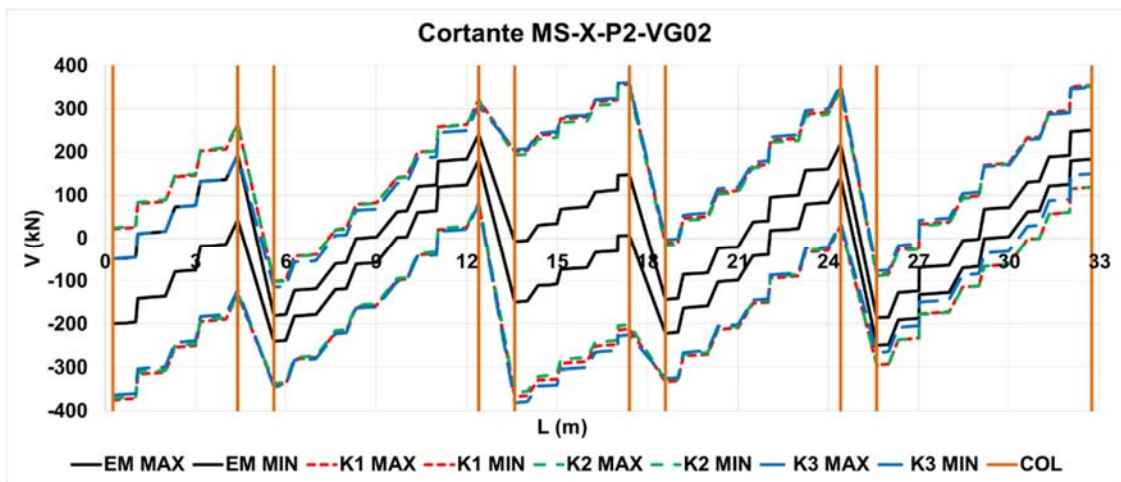
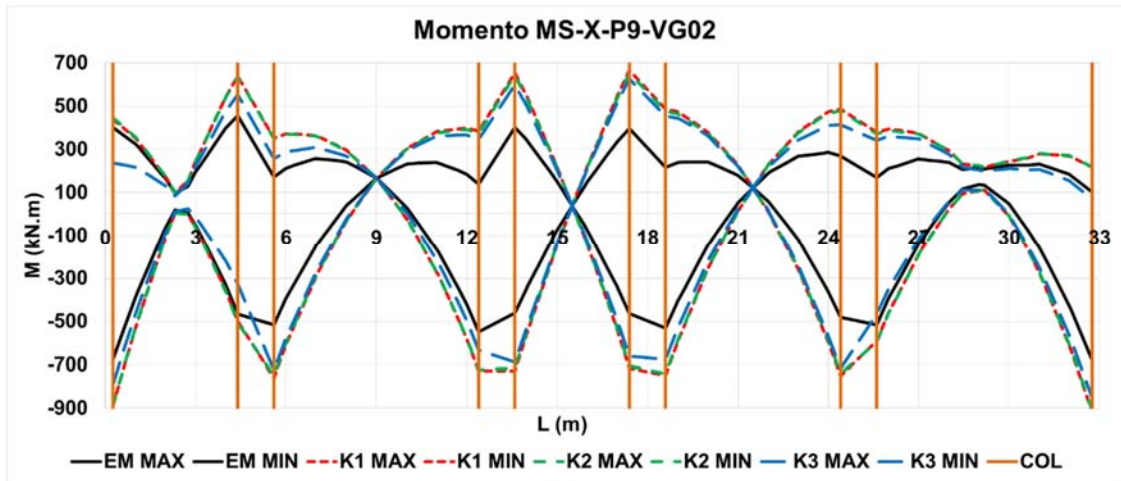
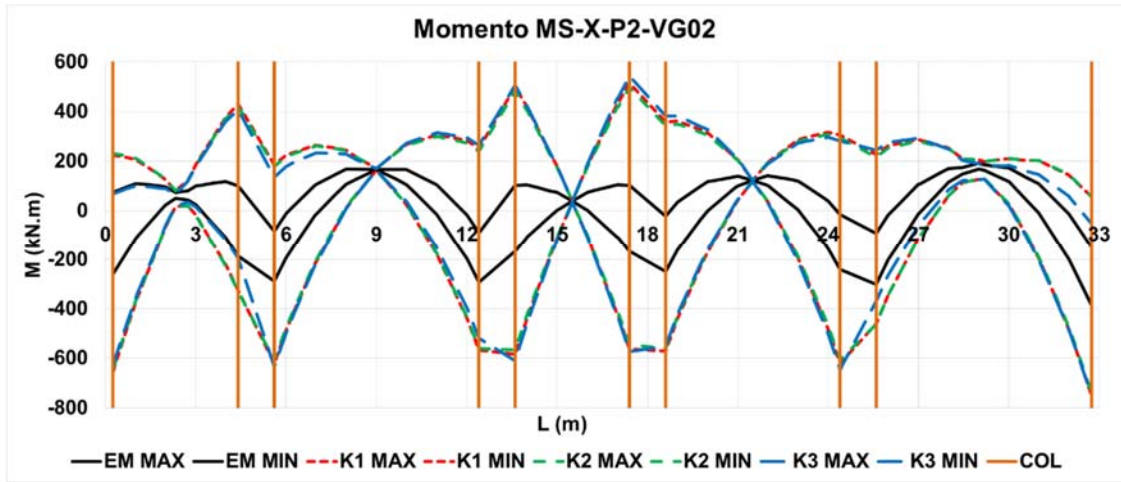
MX = México

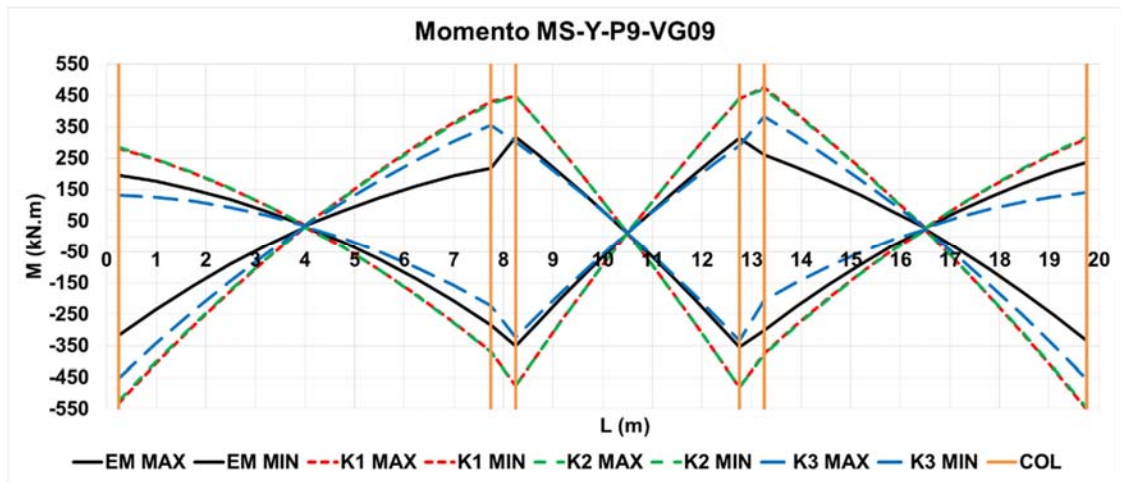
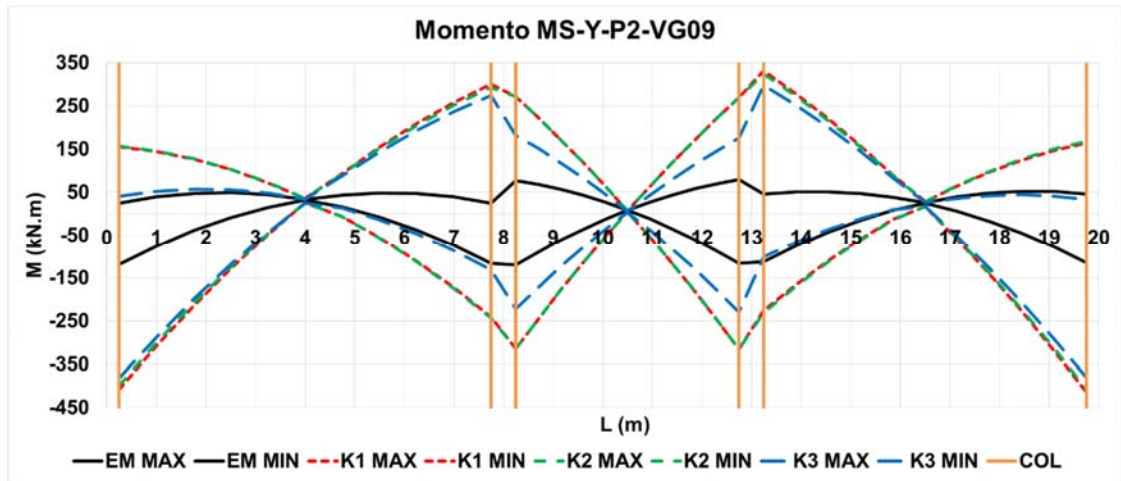
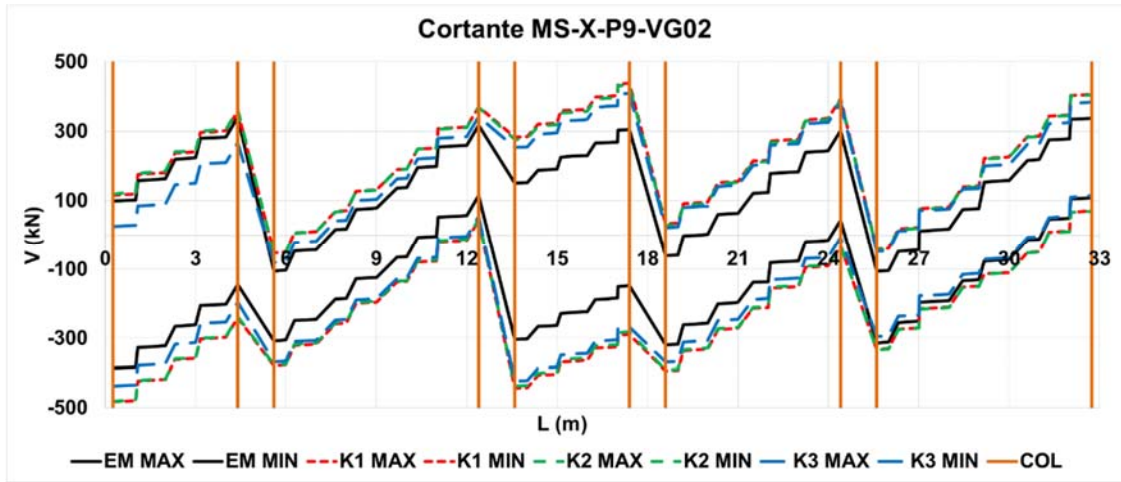
MT = Northridge MT Baldy

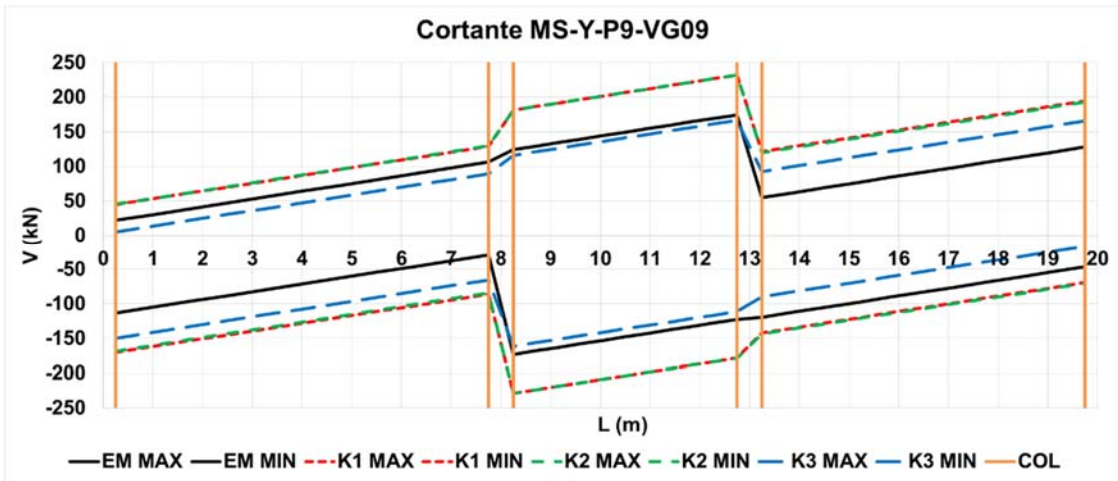
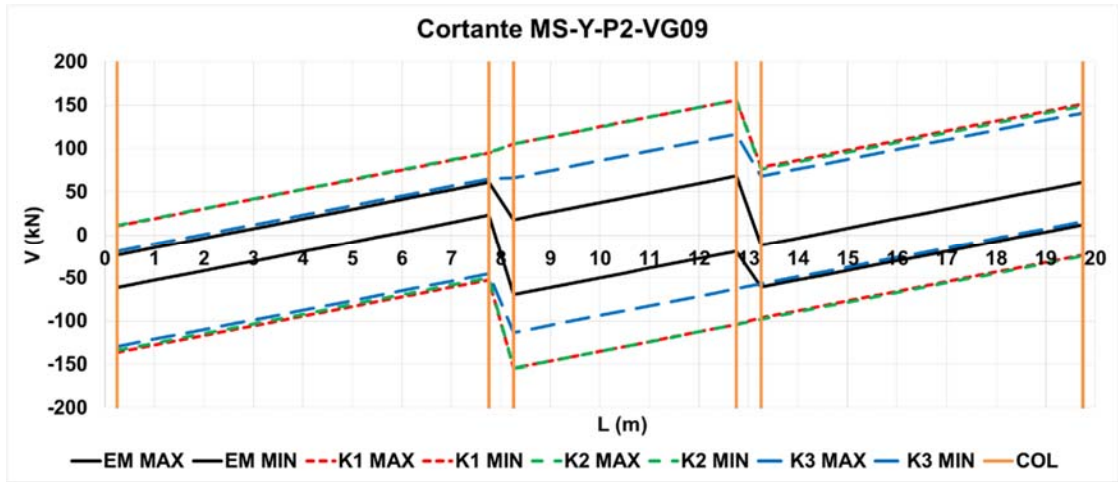
DE = Northridge DeerCanyon

QU = Quetame

P2 y P9 = Nivel de piso 2 y 9







ANEXO 63 Fuerzas internas vigas de cimentación - 12P

FUERZAS INTERNAS VIGAS DE CIMENTACIÓN

Edificio 12 pisos

1. Momentos máximos VC-02 (X) y VC-09 (Y):

Momento (kN.m)						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	17008	6097	16596	5875	19724	7681
MS	14279	6822	14086	6535	14007	7870
MC-CY	14530	6854	14374	6571	13875	7740
MC-KB	14294	6686	14121	6379	13005	7739
MC-LM	14029	6670	13741	6344	13411	7666
MC-MX	13612	6542	13176	6152	13546	7661
MC-MT	14225	6733	14069	6434	13706	7951
MC-DE	13952	6545	13609	6341	13495	7959
MC-QU	13894	6662	14034	6528	13936	7955
MC-ASCE	14077	6670	13875	6393	13568	7810
MCN-QU	14625	6817	14673	6633	52363	14518
MCN-LM	14666	6843	14733	6668	17550	8170
MCN-MX	13910	6676	13548	6252	16059	8323
MC-AIS	14400	6779	14318	6518	28657	10337

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente
 MS = Análisis modal espectral
 MC = Análisis modal cronológico
 CY = Coyote Lake
 KB = Kobe

LM = Lomapieta
 MX = México
 MT = Northridge MT Baldy
 DE = Northridge DeerCanyon
 QU = Quetame

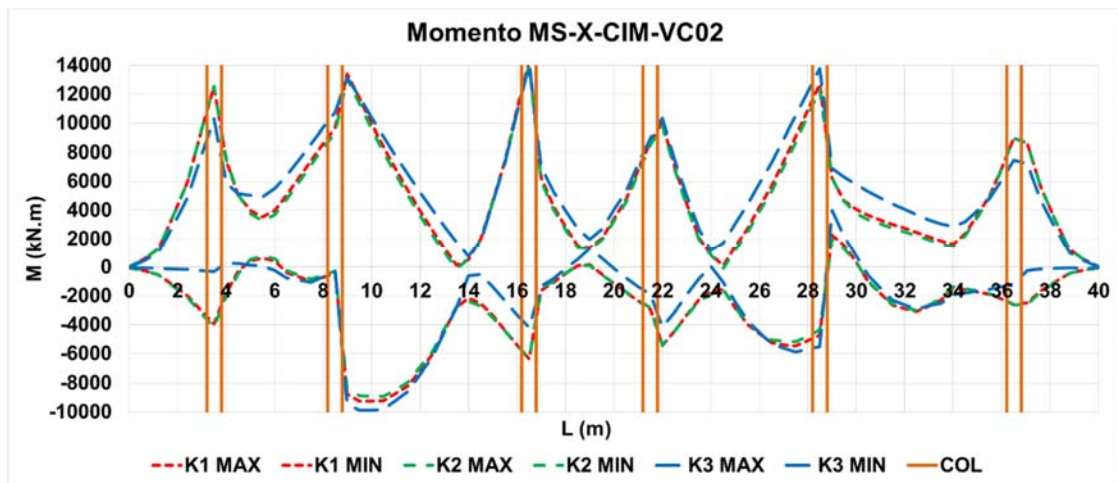
2. Cortantes máximos VC-02 (X) y VC-09 (Y):

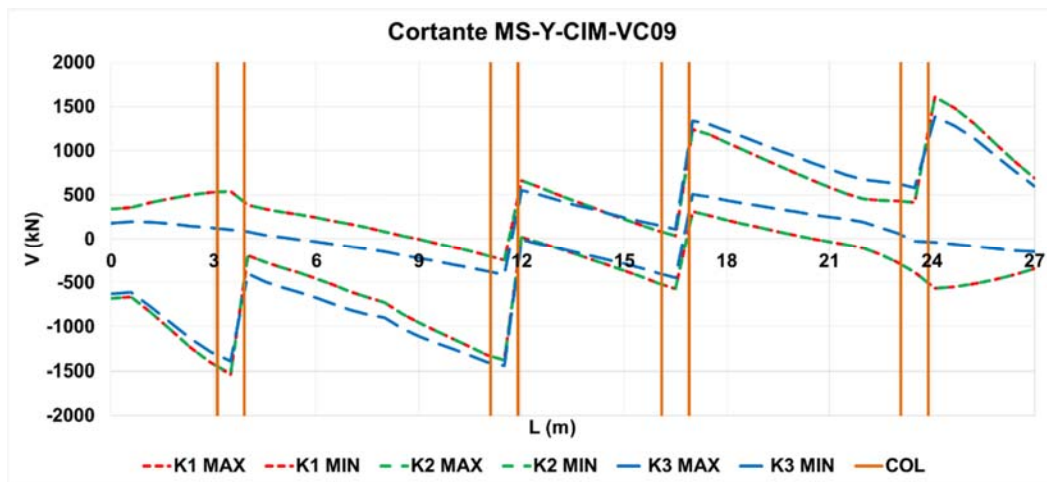
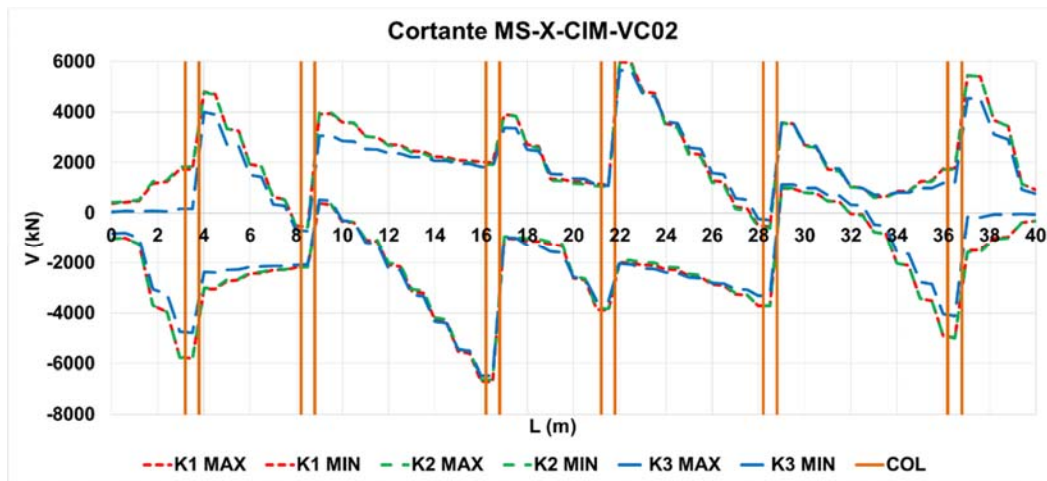
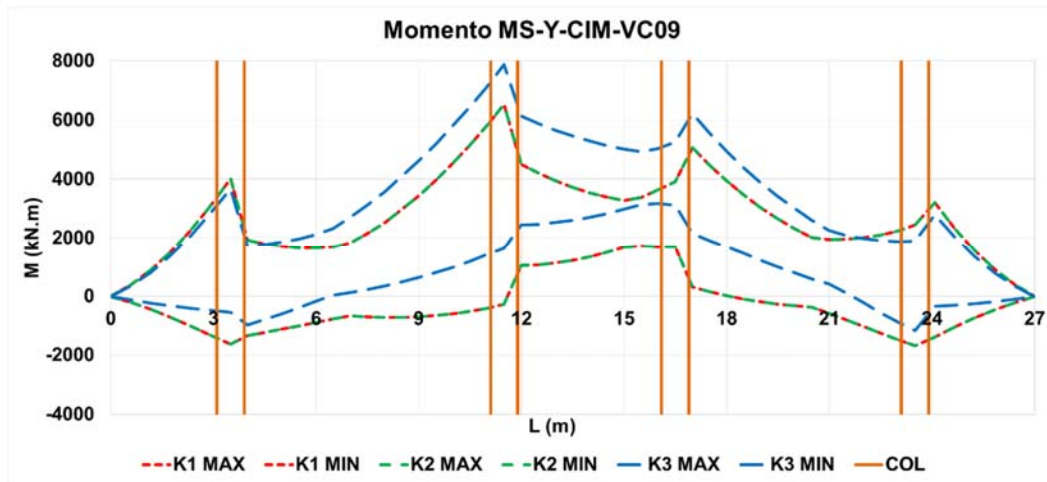
Método	Cortante (kN)					
	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	3689	1509	3713	1460	4492	1816
MS	5985	1624	5918	1609	5658	1387
MC-CY	6087	1525	6002	1493	5367	1317
MC-KB	5767	1424	5646	1421	5279	1306
MC-LM	5870	1466	5731	1423	5468	1300
MC-MX	5874	1509	5708	1471	5397	1309
MC-MT	5980	1495	5869	1460	5559	1312
MC-DE	5690	1422	5619	1416	5625	1280
MC-QU	5822	1476	5903	1505	5636	1274
MC-ASCE	5870	1474	5783	1455	5476	1300
MCN-QU	6219	1592	6263	1614	17044	2290
MCN-LM	5988	1523	5994	1528	6674	1491
MCN-MX	5977	1501	5753	1430	6463	1355
MC-AIS	6061	1538	6003	1524	10060	1712

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente
 MS = Análisis modal espectral
 MC = Análisis modal cronológico
 CY = Coyote Lake
 KB = Kobe

LM = Lomapieta
 MX = México
 MT = Northridge MT Baldy
 DE = Northridge DeerCanyon
 QU = Quetame





ANEXO 64 Rotación en la base - 12P

ROTACIONES EN LA BASE

Edificio 12 pisos

1. Rotaciones promedio en la base Eje B dirección X, Eje 4 dirección Y:

Rotaciones (rad)						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	0.073	0.317	0.065	0.264	0.984	1.282
MS	0.050	0.242	0.044	0.204	0.732	1.064
MC-CY	0.052	0.252	0.045	0.206	0.720	1.065
MC-KB	0.048	0.224	0.041	0.188	0.680	1.062
MC-LM	0.050	0.240	0.043	0.194	0.732	1.053
MC-MX	0.051	0.251	0.044	0.205	0.724	1.059
MC-MT	0.050	0.244	0.043	0.199	0.726	1.062
MC-DE	0.047	0.223	0.039	0.187	0.725	1.038
MC-QU	0.048	0.243	0.044	0.211	0.740	1.020
MC-ASCE	0.049	0.240	0.043	0.199	0.721	1.051
MCN-QU	0.054	0.275	0.049	0.237	1.335	1.338
MCN-LM	0.048	0.247	0.043	0.210	0.869	1.158
MCN-MX	0.051	0.247	0.044	0.192	0.798	1.073
MC-AIS	0.051	0.257	0.045	0.213	1.001	1.190

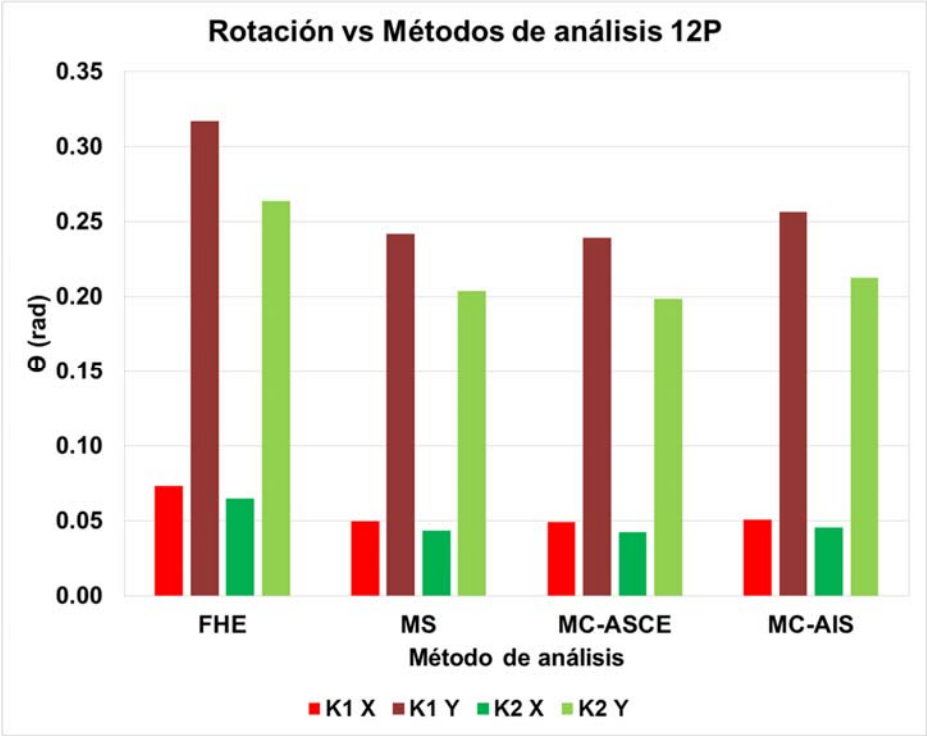
2. Resumen:

Rotaciones (rad)						
Método	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
FHE	0.073	0.317	0.065	0.264	0.984	1.282
MS	0.050	0.242	0.044	0.204	0.732	1.064
MC-ASCE	0.049	0.240	0.043	0.199	0.721	1.051
MC-AIS	0.051	0.257	0.045	0.213	1.001	1.190

Convenciones:

FHE = Fuerza horizontal equivalente
 MS = Análisis modal espectral
 MC = Análisis modal cronológico
 CY = Coyote Lake
 KB = Kobe

LM = Lomapieta
 MX = México
 MT = Northridge MT Baldy
 DE = Northridge DeerCanyon
 QU = Quetame



ANÁLISIS PÓRTICO EQUIVALENTE

Edificio 12 pisos

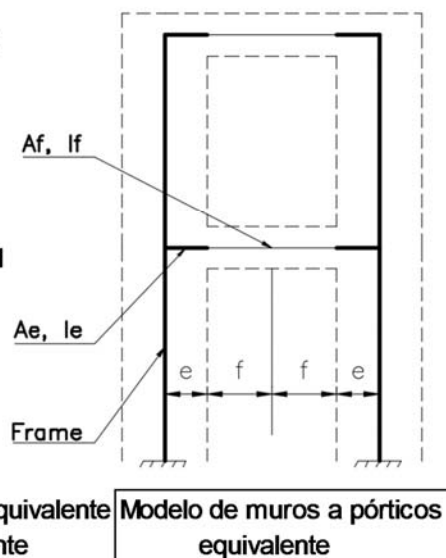
1. Datos de entrada para aplicación del método aproximado:

A) Viga de conexión (fuera de la zona rígida)

$bf = 0.40$ m Ancho
 $Hf = 0.45$ m Alto
 $f = 2.00$ m Longitud media
 $I_f = 0.0030$ m³ Inercia a flexión
 $A_f = 0.18$ m² Área transversal

B) Viga de rigidez (zona rígida equivalente)

$be = 0.40$ m Ancho
 $He = 0.45$ m Alto
 $e = 2.00$ m Longitud
 $Fie = 700$ Factor inercia equivalente
 $Ie = 2.13$ m³ Inercia equivalente
 $Fae = 100$ Factor área equivalente
 $Ae = 18.00$ m² Área equivalente
 $Fie = 300 (e / f) + 300 (e / f)^2 + 100 (e / f)^3$
 $Fae = 100 (e / f)$ $Ae = Af * Fae$ $Ie = If * Fie$



2. Resumen distribución de zonas rígidas en elementos:

Eje	f (m)	e (m)	Fie	Fae	Fie	Fae
			Aproximado		Nominal	
A (1-2)	4.0	5.0	1039	125	1000	200
A (5-6)	2.0	4.0	2600	200	1000	200
D (1-2)	4.0	5.0	1039	125	1000	200
D (5-6)	2.0	4.0	2600	200	1000	200
1 (B-C)	3.5	5.0	1332	143	1000	200
3 (B-C)	3.5	5.0	1332	143	1000	200
4 (B-C)	3.5	5.0	1332	143	1000	200
6 (B-C)	3.5	5.0	1332	143	1000	200

Nota: Valores de Fie y Fae mayores a los nominales para los modelos no aumentan significativamente los resultados de los análisis

ANEXO 66 Análisis momento curvatura en elementos estructurales - 12P

ANÁLISIS RÓTULAS PLÁSTICAS

Edificio 12 pisos

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φ _{curv} SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φ _y	My	Φ _u	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
V1 V4	P2 P3	V1P2E2	S 4#5 2#6 ()	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0104	204	0.354	250	2.7	6.8	14	1.23	34.0	0	34.1
			I 2#6 2#5	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0101	173	0.350	206	2.8	7.1	14	1.19	34.8	0	34.9
	V1P2E3	V1P2E5	S 4#6 2#6 ()	3	DE	8	0.35	0.96	0.0083	240	0.283	292	3.4	8.6	17	1.22	34.3	0	34.4
			I 2#6 2#5	3	DE	8	0.35	0.96	0.0100	175	0.336	213	2.8	7.1	14	1.22	33.5	0	33.6
			S 4#6 2#6 ()	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0083	240	0.283	292	3.4	8.6	17	1.22	34.3	0	34.4
			I 2#6 2#5	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0100	175	0.336	213	2.8	7.1	14	1.22	33.5	0	33.6
			S 4#6 2#6 ()	4	DE	5	0.35	0.93	0.0083	240	0.283	292	3.4	8.6	17	1.22	34.3	0	34.4
			I 2#6 2#5	4	DE	5	0.35	0.93	0.0100	175	0.336	213	2.8	7.1	14	1.22	33.5	0	33.6
			S 4#6 2#6 ()	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0083	240	0.283	292	3.4	8.6	17	1.22	34.3	0	34.4
			I 2#6 2#5	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0100	175	0.336	213	2.8	7.1	14	1.22	33.5	0	33.6
			S 4#5 2#6 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0105	202	0.351	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	5	DE	7	0.29	0.96	0.0098	149	0.336	179	3.5	8.7	17	1.20	34.3	0	34.4
			S 4#5 2#6 ()	5	IZ	4	0.35	0.09	0.0105	202	0.351	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	5	IZ	4	0.31	0.08	0.0098	149	0.336	179	3.3	8.3	17	1.20	34.3	0	34.4
			S 4#5 2#6 ()	5'	DE	4	0.35	0.91	0.0105	202	0.351	245	2.7	6.8	14	1.22	33.5	0	33.6
			I 4#5	5'	DE	4	0.31	0.92	0.0098	149	0.336	179	3.3	8.3	17	1.20	34.3	0	34.4
V1 V4	P4 P5	V1P2E2	S 4#5 2#6 ()	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0104	204	0.354	250	2.7	6.8	14	1.23	34.0	0	34.1
			I 2#6 2#5	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0101	173	0.350	206	2.8	7.1	14	1.19	34.8	0	34.9
		V1P4E3	S 4#6 2#7 ()	3	DE	8	0.41	0.95	0.0084	255	0.261	306	2.9	7.2	14	1.20	30.9	0	31.0
			I 2#6 2#5	3	DE	8	0.35	0.96	0.0101	179	0.356	214	2.8	7.1	14	1.19	35.5	0	35.6
			S 4#6 2#7 ()	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0084	255	0.261	306	2.9	7.2	14	1.20	30.9	0	31.0
I 2#6 2#5	3	IZ	5	0.38	0.08	0.0101	179	0.356	214	2.6	6.6	13	1.19	35.5	0	35.6			

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
			S 4#6 2#7 ()	4	DE	5	0.41	0.92	0.0084	255	0.261	306	2.9	7.2	14	1.20	30.9	0	31.0
			I 2#6 2#5	4	DE	5	0.38	0.92	0.0101	179	0.356	214	2.6	6.6	13	1.19	35.5	0	35.6
			S 4#6 2#7 ()	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0084	255	0.261	306	2.9	7.2	14	1.20	30.9	0	31.0
			I 2#6 2#5	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0101	179	0.356	214	2.8	7.1	14	1.19	35.5	0	35.6
		V1P4E5	S 4#6 2#7 ()	5	DE	7	0.41	0.94	0.0085	252	0.270	314	2.9	7.2	14	1.24	31.9	0	32.0
			I 4#5 2#5 ()	5	DE	7	0.29	0.96	0.0102	195	0.337	240	3.3	8.3	17	1.23	33.0	0	33.1
			S 4#6 2#7 ()	5	IZ	4	0.41	0.10	0.0085	252	0.270	314	2.9	7.2	14	1.24	31.9	0	32.0
			I 4#5 2#5 ()	5	IZ	4	0.31	0.08	0.0102	195	0.337	240	3.2	8.0	16	1.23	33.0	0	33.1
			S 4#6 2#7 ()	5'	DE	4	0.41	0.90	0.0085	252	0.270	314	2.9	7.2	14	1.24	31.9	0	32.0
			I 4#5 2#5 ()	5'	DE	4	0.31	0.92	0.0102	195	0.337	240	3.2	8.0	16	1.23	33.0	0	33.1
V1	P6	V1P4E3	S 4#6 2#7 ()	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0084	255	0.261	306	2.9	7.2	14	1.20	30.9	0	31.0
V4	P7		I 2#6 2#5	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0101	179	0.356	214	2.8	7.1	14	1.19	35.5	0	35.6
	P8	V1P6E3	S 4#7 2#6 ()	3	DE	8	0.41	0.95	0.0088	285	0.224	326	2.8	6.9	14	1.15	25.4	0	25.5
	P9		I 2#6 2#5	3	DE	8	0.35	0.96	0.0100	174	0.312	217	2.9	7.1	14	1.25	31.4	0	31.5
	P10		S 4#7 2#6 ()	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0088	285	0.224	326	2.8	6.9	14	1.15	25.4	0	25.5
	P11		I 2#6 2#5	3	IZ	5	0.38	0.08	0.0100	174	0.312	217	2.7	6.7	13	1.25	31.4	0	31.5
	P12		S 4#7 2#6 ()	4	DE	5	0.41	0.92	0.0088	285	0.224	326	2.8	6.9	14	1.15	25.4	0	25.5
	CUB		I 2#6 2#5	4	DE	5	0.38	0.92	0.0100	174	0.312	217	2.7	6.7	13	1.25	31.4	0	31.5
			S 4#7 2#6 ()	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0088	285	0.224	326	2.8	6.9	14	1.15	25.4	0	25.5
			I 2#6 2#5	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0100	174	0.312	217	2.9	7.1	14	1.25	31.4	0	31.5
		V1P6E5	S 4#7 2#8 ()	5	DE	7	0.47	0.93	0.0090	320	0.264	400	2.4	5.9	12	1.25	29.4	0	29.5
			I 4#6 2#7 ()	5	DE	7	0.41	0.94	0.0110	271	0.291	337	2.2	5.5	11	1.24	26.5	0	26.6
			S 4#7 2#8 ()	5	IZ	4	0.47	0.12	0.0090	320	0.264	400	2.4	5.9	12	1.25	29.4	0	29.5
			I 4#6 2#7 ()	5	IZ	4	0.41	0.10	0.0110	271	0.291	337	2.2	5.5	11	1.24	26.5	0	26.6
			S 4#7 2#8 ()	5'	DE	4	0.47	0.88	0.0090	320	0.264	400	2.4	5.9	12	1.25	29.4	0	29.5
			I 4#6 2#7 ()	5'	DE	4	0.41	0.90	0.0110	271	0.291	337	2.2	5.5	11	1.24	26.5	0	26.6
V2	P2	V1P2E3	S 4#6 2#6 ()	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0083	240	0.283	292	3.4	8.6	17	1.22	34.3	0	34.4

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
V3	P3	V2P2E2	I 2#6 2#5	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0100	175	0.336	213	2.8	7.1	14	1.22	33.5	0	33.6
			S 4#6 2#7 ()	2	DE	5	0.41	0.92	0.0084	258	0.276	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	2	DE	5	0.35	0.93	0.0077	198	0.346	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0084	258	0.276	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0077	198	0.346	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	3	DE	8	0.41	0.95	0.0084	258	0.276	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	3	DE	8	0.35	0.96	0.0077	198	0.346	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0084	258	0.276	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
		V2P2E5	I 4#6	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0077	198	0.346	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	4	DE	5	0.41	0.92	0.0084	258	0.276	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	4	DE	5	0.35	0.93	0.0077	198	0.346	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0084	258	0.276	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0077	198	0.346	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	5	DE	7	0.41	0.94	0.0084	261	0.285	327	2.9	7.3	15	1.25	34.1	0	34.2
			I 4#6 2#5 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0081	232	0.297	290	3.5	8.8	18	1.25	36.8	0	36.9
			S 4#6 2#7 ()	5	IZ	8	0.41	0.05	0.0084	261	0.285	327	2.9	7.3	15	1.25	34.1	0	34.2
V2P2E6	I 4#6 2#5 ()	5	IZ	8	0.35	0.04	0.0081	232	0.297	290	3.5	8.8	18	1.25	36.8	0	36.9		
	S 4#8 2#8 ()	6	DE	8	0.41	0.95	0.0096	366	0.200	425	2.5	6.3	13	1.16	20.7	0	20.8		
I 4#6 2#5 ()	6	DE	8	0.35	0.96	0.0105	253	0.359	314	2.7	6.7	13	1.24	34.1	0	34.2			
V2 V3	P4 P5	V1P2E3	S 4#6 2#6 ()	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0083	240	0.283	292	3.4	8.6	17	1.22	34.3	0	34.4
			I 2#6 2#5	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0100	175	0.336	213	2.8	7.1	14	1.22	33.5	0	33.6
V3	P5	V2P2E2	S 4#6 2#7 ()	2	DE	5	0.41	0.92	0.0084	258	0.276	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	2	DE	5	0.35	0.93	0.0077	198	0.346	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
			S 4#6 2#7 ()	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0084	258	0.276	317	2.9	7.3	15	1.22	33.0	0	33.1
			I 4#6	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0077	198	0.346	242	3.7	9.2	18	1.22	44.7	0	44.8
		V2P4E3	S 4#7 2#7 ()	3	DE	8	0.41	0.95	0.0089	303	0.220	349	2.7	6.9	14	1.15	24.8	0	24.9
			I 4#6	3	DE	8	0.35	0.96	0.0102	204	0.339	251	2.8	7.0	14	1.23	33.1	0	33.2

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
			S 4#7 2#7 ()	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0089	303	0.220	349	2.7	6.9	14	1.15	24.8	0	24.9
			I 4#6	3	IZ	5	0.35	0.07	0.0102	204	0.339	251	2.8	7.0	14	1.23	33.1	0	33.2
			S 4#7 2#7 ()	4	DE	5	0.41	0.92	0.0089	303	0.220	349	2.7	6.9	14	1.15	24.8	0	24.9
			I 4#6	4	DE	5	0.35	0.93	0.0102	204	0.339	251	2.8	7.0	14	1.23	33.1	0	33.2
			S 4#7 2#7 ()	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0089	303	0.220	349	2.7	6.9	14	1.15	24.8	0	24.9
			I 4#6	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0102	204	0.339	251	2.8	7.0	14	1.23	33.1	0	33.2
		V2P2E5	S 4#6 2#7 ()	5	DE	7	0.41	0.94	0.0084	261	0.285	327	2.9	7.3	15	1.25	34.1	0	34.2
			I 4#6 2#5 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0081	232	0.297	290	3.5	8.8	18	1.25	36.8	0	36.9
			S 4#6 2#7 ()	5	IZ	8	0.41	0.05	0.0084	261	0.285	327	2.9	7.3	15	1.25	34.1	0	34.2
			I 4#6 2#5 ()	5	IZ	8	0.35	0.04	0.0081	232	0.297	290	3.5	8.8	18	1.25	36.8	0	36.9
		V2P2E6	S 4#8 2#8 ()	6	DE	8	0.41	0.95	0.0096	366	0.200	425	2.5	6.3	13	1.16	20.7	0	20.8
			I 4#6 2#5 ()	6	DE	8	0.35	0.96	0.0105	253	0.359	314	2.7	6.7	13	1.24	34.1	0	34.2
V2	P6	V2P6E2	S 4#7 2#6 ()	1	IZ	5	0.41	0.08	0.0087	286	0.252	344	2.8	7.0	14	1.20	28.9	0	29.0
V3	P7		I 4#6	1	IZ	5	0.35	0.07	0.0102	201	0.333	247	2.8	7.0	14	1.23	32.6	0	32.7
	P8		S 4#7 2#6 ()	2	DE	5	0.41	0.92	0.0087	286	0.252	344	2.8	7.0	14	1.20	28.9	0	29.0
	P9		I 4#6	2	DE	5	0.35	0.93	0.0102	201	0.333	247	2.8	7.0	14	1.23	32.6	0	32.7
	P10		S 4#7 2#6 ()	2	IZ	8	0.41	0.05	0.0087	286	0.252	344	2.8	7.0	14	1.20	28.9	0	29.0
	P11		I 4#6	2	IZ	8	0.35	0.04	0.0102	201	0.333	247	2.8	7.0	14	1.23	32.6	0	32.7
	P12	V2P4E3	S 4#7 2#7 ()	3	DE	8	0.41	0.95	0.0089	303	0.220	349	2.7	6.9	14	1.15	24.8	0	24.9
	CUB		I 4#6	3	DE	8	0.35	0.96	0.0102	204	0.339	251	2.8	7.0	14	1.23	33.1	0	33.2
			S 4#7 2#7 ()	3	IZ	5	0.41	0.08	0.0089	303	0.220	349	2.7	6.9	14	1.15	24.8	0	24.9
			I 4#6	3	IZ	5	0.38	0.08	0.0102	204	0.339	251	2.6	6.5	13	1.23	33.1	0	33.2
			S 4#7 2#7 ()	4	DE	5	0.41	0.92	0.0089	303	0.220	349	2.7	6.9	14	1.15	24.8	0	24.9
			I 4#6	4	DE	5	0.38	0.92	0.0102	204	0.339	251	2.6	6.5	13	1.23	33.1	0	33.2
			S 4#7 2#7 ()	4	IZ	7	0.41	0.06	0.0089	303	0.220	349	2.7	6.9	14	1.15	24.8	0	24.9
			I 4#6	4	IZ	7	0.35	0.05	0.0102	204	0.339	251	2.8	7.0	14	1.23	33.1	0	33.2
		V2P6E5	S 4#7 2#6 ()	5	DE	7	0.41	0.94	0.0087	287	0.274	359	2.8	7.0	14	1.25	31.4	0	31.5

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
			I 4#6 2#6 ()	5	DE	7	0.35	0.95	0.0108	256	0.323	320	2.6	6.6	13	1.25	29.9	0	30.0
			S 4#7 2#6 ()	5	IZ	8	0.41	0.05	0.0087	287	0.274	359	2.8	7.0	14	1.25	31.4	0	31.5
			I 4#6 2#6 ()	5	IZ	8	0.35	0.04	0.0108	256	0.323	320	2.6	6.6	13	1.25	29.9	0	30.0
		V2P2E6	S 4#8 2#8 ()	6	DE	8	0.41	0.95	0.0096	366	0.200	425	2.5	6.3	13	1.16	20.7	0	20.8
			I 4#6 2#5 ()	6	DE	8	0.35	0.96	0.0105	253	0.359	314	2.7	6.7	13	1.24	34.1	0	34.2
V5	P2	V5P2EA	S 3#5	A	IZ	8	0.31	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.5	11.2	22	1.25	42.2	0	42.3
V7	P3		I 3#5	A	IZ	8	0.31	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.5	11.2	22	1.25	42.2	0	42.3
V8	P4		S 3#5	B	DE	8	0.31	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.5	11.2	22	1.25	42.2	0	42.3
V10	P5		I 3#5	B	DE	8	0.31	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.5	11.2	22	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
V6	P2	V5P2EA	S 3#5	A	IZ	8	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
V9	P3		I 3#5	A	IZ	8	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
	P4		S 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
	P5		I 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	B	IZ	5	0.35	0.07	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	B	IZ	5	0.35	0.07	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	DE	5	0.35	0.93	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	DE	5	0.35	0.93	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
V5	P6	V5P6EA	S 3#5 2#5 ()	A	IZ	8	0.35	0.04	0.0078	146	0.354	179	3.7	9.2	18	1.22	45.2	0	45.3
V7	P7		I 3#5	A	IZ	8	0.35	0.04	0.0098	113	0.355	131	2.9	7.4	15	1.16	36.2	0	36.3

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D		
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ	
V8 V10	P8		S 3#5 2#5 ()	B	DE	8	0.35	0.96	0.0078	146	0.354	179	3.7	9.2	18	1.22	45.2	0	45.3	
	P9		I 3#5	B	DE	8	0.35	0.96	0.0098	113	0.355	131	2.9	7.4	15	1.16	36.2	0	36.3	
	P10		S 3#5 2#5 ()	C	IZ	7	0.35	0.05	0.0078	146	0.354	179	3.7	9.2	18	1.22	45.2	0	45.3	
	P11		I 3#5	C	IZ	7	0.35	0.05	0.0098	113	0.355	131	2.9	7.4	15	1.16	36.2	0	36.3	
	P12		S 3#5 2#5 ()	D	DE	7	0.35	0.95	0.0078	146	0.354	179	3.7	9.2	18	1.22	45.2	0	45.3	
	CUB		I 3#5	D	DE	7	0.35	0.95	0.0098	113	0.355	131	2.9	7.4	15	1.16	36.2	0	36.3	
V6 V9	P6	V5P6EA	S 3#5 2#5 ()	A	IZ	8	0.31	0.04	0.0078	146	0.354	179	4.2	10.4	21	1.22	45.2	0	45.3	
	P7		I 3#5	A	IZ	8	0.31	0.04	0.0098	113	0.355	131	3.3	8.3	17	1.16	36.2	0	36.3	
	P8		S 3#5 2#5 ()	B	DE	8	0.31	0.96	0.0078	146	0.354	179	4.2	10.4	21	1.22	45.2	0	45.3	
	P9		I 3#5	B	DE	8	0.31	0.96	0.0098	113	0.355	131	3.3	8.3	17	1.16	36.2	0	36.3	
	P10		S 3#5 2#5 ()	B	IZ	5	0.35	0.07	0.0078	146	0.354	179	3.7	9.2	18	1.22	45.2	0	45.3	
	P11		I 3#5	B	IZ	5	0.35	0.07	0.0098	113	0.355	131	2.9	7.4	15	1.16	36.2	0	36.3	
	P12		S 3#5 2#5 ()	C	DE	5	0.35	0.93	0.0078	146	0.354	179	3.7	9.2	18	1.22	45.2	0	45.3	
	CUB		I 3#5	C	DE	5	0.35	0.93	0.0098	113	0.355	131	2.9	7.4	15	1.16	36.2	0	36.3	
				S 3#5 2#5 ()	C	IZ	7	0.31	0.04	0.0078	146	0.354	179	4.2	10.4	21	1.22	45.2	0	45.3
				I 3#5	C	IZ	7	0.31	0.04	0.0098	113	0.355	131	3.3	8.3	17	1.16	36.2	0	36.3
V11	P2	V11P6EA	S 3#5 2#6 ()	A	IZ	8	0.35	0.04	0.0080	161	0.321	192	3.5	8.9	18	1.19	40.1	0	40.2	
	P3		I 3#5	A	IZ	8	0.29	0.04	0.0098	114	0.366	132	3.5	8.7	17	1.16	37.3	0	37.4	
	P4	V5P2EA	S 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3	
	P5		I 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3	
	P6		S 3#5	B	IZ	5	0.35	0.07	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3	
	P7		I 3#5	B	IZ	5	0.35	0.07	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3	
				S 3#5	C	DE	5	0.35	0.93	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
				I 3#5	C	DE	5	0.35	0.93	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3	

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φ _{curv} SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φ _y	My	Φ _u	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
		V11P6EA	I 3#5 S 3#5 2#6 () I 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
				D	DE	7	0.35	0.95	0.0080	161	0.321	192	3.5	8.9	18	1.19	40.1	0	40.2
				D	DE	7	0.29	0.96	0.0098	114	0.366	132	3.5	8.7	17	1.16	37.3	0	37.4
V11	P8	V11P8EA	S 3#5 2#7 ()	A	IZ	8	0.41	0.05	0.0083	179	0.260	200	3.0	7.4	15	1.12	31.6	0	31.7
	P9		I 3#5	A	IZ	8	0.29	0.04	0.0098	115	0.373	132	3.5	8.7	17	1.15	37.9	0	38.0
	P10	V5P2EA	S 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
	P11		I 3#5	B	DE	8	0.29	0.96	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
	P12		S 3#5	B	IZ	5	0.35	0.07	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
	CUB		I 3#5	B	IZ	5	0.35	0.07	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	DE	5	0.35	0.93	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	DE	5	0.35	0.93	0.0073	101	0.307	126	4.0	9.9	20	1.25	42.2	0	42.3
			S 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
			I 3#5	C	IZ	7	0.29	0.04	0.0073	101	0.307	126	4.7	11.7	23	1.25	42.2	0	42.3
		V11P8EA	S 3#5 2#7 ()	D	DE	7	0.41	0.94	0.0083	179	0.260	200	3.0	7.4	15	1.12	31.6	0	31.7
			I 3#5	D	DE	7	0.29	0.96	0.0098	115	0.373	132	3.5	8.7	17	1.15	37.9	0	38.0
COL1	P2	P2C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0027	4279	0.036	4580	0.0	14.2	20	1.07	13.2	0	13.3
(OV)	P2		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0027	4279	0.036	4580	0.0	14.2	20	1.07	13.2	0	13.3
(Ejes)	P3	P3C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0030	4210	0.039	4531	0.0	14.1	20	1.08	13.0	0	13.1
A1	P3		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0030	4210	0.039	4531	0.0	14.1	20	1.08	13.0	0	13.1
D1	P4	P4C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0033	4120	0.042	4438	0.3	14.0	20	1.08	12.9	0	13.0
B1	P4		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0033	4120	0.042	4438	0.3	14.0	20	1.08	12.9	0	13.0
C1	P5	P5C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0024	3858	0.046	4319	0.9	21.1	29	1.12	19.2	0	19.3
B6	P5		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0024	3858	0.046	4319	0.9	21.1	29	1.12	19.2	0	19.3
C6	P6	P6C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0035	3765	0.051	4206	0.8	16.0	22	1.12	14.7	0	14.8
	P6		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0035	3765	0.051	4206	0.8	16.0	22	1.12	14.7	0	14.8
	P7	P7C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0033	3547	0.056	4052	1.2	18.6	26	1.14	16.9	0	17.0
	P7		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0033	3547	0.056	4052	1.2	18.6	26	1.14	16.9	0	17.0

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P8	P8C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0031	3320	0.061	3915	1.5	21.5	30	1.18	19.5	0	19.6
	P8		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0031	3320	0.061	3915	1.5	21.5	30	1.18	19.5	0	19.6
	P9	P9C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0030	3126	0.066	3781	1.8	24.2	34	1.21	22.0	0	22.1
	P9		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0030	3126	0.066	3781	1.8	24.2	34	1.21	22.0	0	22.1
	P10	P10C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0038	2994	0.074	3685	1.5	18.9	26	1.23	19.3	0	19.4
	P10		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0038	2994	0.074	3685	1.5	18.9	26	1.23	19.3	0	19.4
	P11	P11C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0037	2866	0.078	3582	1.6	19.4	27	1.25	20.9	0	21.0
	P11		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0037	2866	0.078	3582	1.6	19.4	27	1.25	20.9	0	21.0
	P12	P12C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0037	2825	0.080	3531	1.6	19.7	28	1.25	21.7	0	21.8
	P12		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0037	2825	0.080	3531	1.6	19.7	28	1.25	21.7	0	21.8
	CUB	P13C1YP	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0036	2762	0.081	3477	1.8	20.0	28	1.26	22.4	0	22.5
	CUB		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0036	2762	0.081	3477	1.8	20.0	28	1.26	22.4	0	22.5
COL1	P2	P2C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0067	1777	0.094	1907	0.4	5.8	8	1.07	14.1	0	14.2
(OV)	P2		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0067	1777	0.094	1907	0.4	5.8	8	1.07	14.1	0	14.2
(Ejes)	P3	P3C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0074	1756	0.102	1896	0.5	5.7	8	1.08	13.9	0	14.0
A1	P3		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0074	1756	0.102	1896	0.5	5.7	8	1.08	13.9	0	14.0
D1	P4	P4C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0054	1673	0.122	1875	0.9	8.5	12	1.12	22.6	0	22.7
B1	P4		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0054	1673	0.122	1875	0.9	8.5	12	1.12	22.6	0	22.7
C1	P5	P5C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0060	1614	0.135	1827	1.0	8.4	12	1.13	22.5	0	22.6
B6	P5		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0060	1614	0.135	1827	1.0	8.4	12	1.13	22.5	0	22.6
C6	P6	P6C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0064	1542	0.146	1770	1.0	8.7	12	1.15	22.8	0	22.9
	P6		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0064	1542	0.146	1770	1.0	8.7	12	1.15	22.8	0	22.9
	P7	P7C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0060	1450	0.174	1733	1.2	10.2	14	1.20	29.0	0	29.1
	P7		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0060	1450	0.174	1733	1.2	10.2	14	1.20	29.0	0	29.1
	P8	P8C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0085	1390	0.193	1674	1.0	7.9	11	1.20	22.7	0	22.8
	P8		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0085	1390	0.193	1674	1.0	7.9	11	1.20	22.7	0	22.8
	P9	P9C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0081	1305	0.213	1620	1.1	8.9	12	1.24	26.2	0	26.3

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P9		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0081	1305	0.213	1620	1.1	8.9	12	1.24	26.2	0	26.3
	P10	P10C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0078	1255	0.236	1569	1.1	9.2	13	1.25	30.1	0	30.2
	P10		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0078	1255	0.236	1569	1.1	9.2	13	1.25	30.1	0	30.2
	P11	P11C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0076	1209	0.245	1523	1.2	9.5	13	1.26	32.2	0	32.3
	P11		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0076	1209	0.245	1523	1.2	9.5	13	1.26	32.2	0	32.3
	P12	P12C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0075	1186	0.260	1509	1.2	9.7	14	1.27	34.8	0	34.9
	P12		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0075	1186	0.260	1509	1.2	9.7	14	1.27	34.8	0	34.9
	CUB	P13C1XP	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0098	1196	0.293	1495	0.9	7.4	10	1.25	29.8	0	29.9
	CUB		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0098	1196	0.293	1495	0.9	7.4	10	1.25	29.8	0	29.9
COL1	P2	P2C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0067	1777	0.094	1907	0.4	5.8	8	1.07	14.1	0	14.2
(OH)	P2		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0067	1777	0.094	1907	0.4	5.8	8	1.07	14.1	0	14.2
(Ejes)	P3	P3C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0074	1756	0.102	1896	0.5	5.7	8	1.08	13.9	0	14.0
A2	P3		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0074	1756	0.102	1896	0.5	5.7	8	1.08	13.9	0	14.0
D2	P4	P4C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0054	1673	0.122	1875	0.9	8.5	12	1.12	22.6	0	22.7
	P4		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0054	1673	0.122	1875	0.9	8.5	12	1.12	22.6	0	22.7
	P5	P5C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0060	1614	0.135	1827	0.9	8.4	12	1.13	22.5	0	22.6
	P5		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0060	1614	0.135	1827	0.9	8.4	12	1.13	22.5	0	22.6
	P6	P6C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0064	1542	0.146	1770	1.0	8.7	12	1.15	22.8	0	22.9
	P6		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0064	1542	0.146	1770	1.0	8.7	12	1.15	22.8	0	22.9
	P7	P7C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0060	1450	0.174	1733	1.2	10.2	14	1.20	29.0	0	29.1
	P7		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0060	1450	0.174	1733	1.2	10.2	14	1.20	29.0	0	29.1
	P8	P8C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0085	1390	0.193	1674	1.0	7.9	11	1.20	22.7	0	22.8
	P8		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0085	1390	0.193	1674	1.0	7.9	11	1.20	22.7	0	22.8
	P9	P9C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0081	1305	0.213	1620	1.1	8.9	12	1.24	26.2	0	26.3
	P9		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0081	1305	0.213	1620	1.1	8.9	12	1.24	26.2	0	26.3
	P10	P10C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0078	1255	0.236	1569	1.1	9.2	13	1.25	30.1	0	30.2
	P10		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0078	1255	0.236	1569	1.1	9.2	13	1.25	30.1	0	30.2

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P11	P11C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0076	1209	0.245	1523	1.2	9.5	13	1.26	32.2	0	32.3
	P11		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0076	1209	0.245	1523	1.2	9.5	13	1.26	32.2	0	32.3
	P12	P12C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0075	1186	0.260	1509	1.2	9.7	14	1.27	34.8	0	34.9
	P12		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0075	1186	0.260	1509	1.2	9.7	14	1.27	34.8	0	34.9
	CUB	P13C1YA	C 16#7 14#8	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0098	1196	0.293	1495	0.9	7.4	10	1.25	29.8	0	29.9
	CUB		C 16#7 14#8	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0098	1196	0.293	1495	0.9	7.4	10	1.25	29.8	0	29.9
COL1	P2	P2C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0027	4279	0.036	4580	0.0	14.2	20	1.07	13.2	0	13.3
(OH)	P2		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0027	4279	0.036	4580	0.0	14.2	20	1.07	13.2	0	13.3
(Ejes)	P3	P3C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0030	4210	0.039	4531	0.0	14.1	20	1.08	13.0	0	13.1
A2	P3		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0030	4210	0.039	4531	0.0	14.1	20	1.08	13.0	0	13.1
D2	P4	P4C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0033	4120	0.042	4438	0.3	14.0	20	1.08	12.9	0	13.0
	P4		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0033	4120	0.042	4438	0.3	14.0	20	1.08	12.9	0	13.0
	P5	P5C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0024	3858	0.046	4319	0.9	21.1	29	1.12	19.2	0	19.3
	P5		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0024	3858	0.046	4319	0.9	21.1	29	1.12	19.2	0	19.3
	P6	P6C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0035	3765	0.051	4206	0.9	16.0	22	1.12	14.7	0	14.8
	P6		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0035	3765	0.051	4206	0.9	16.0	22	1.12	14.7	0	14.8
	P7	P7C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0033	3547	0.056	4052	1.2	18.6	26	1.14	16.9	0	17.0
	P7		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0033	3547	0.056	4052	1.2	18.6	26	1.14	16.9	0	17.0
	P8	P8C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0031	3320	0.061	3915	1.6	21.5	30	1.18	19.5	0	19.6
	P8		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0031	3320	0.061	3915	1.6	21.5	30	1.18	19.5	0	19.6
	P9	P9C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0030	3126	0.066	3781	1.9	24.2	34	1.21	22.0	0	22.1
	P9		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0030	3126	0.066	3781	1.9	24.2	34	1.21	22.0	0	22.1
	P10	P10C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0038	2994	0.074	3685	1.5	18.9	26	1.23	19.3	0	19.4
	P10		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0038	2994	0.074	3685	1.5	18.9	26	1.23	19.3	0	19.4
	P11	P11C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0037	2866	0.078	3582	1.6	19.4	27	1.25	20.9	0	21.0
	P11		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0037	2866	0.078	3582	1.6	19.4	27	1.25	20.9	0	21.0
	P12	P12C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0037	2825	0.080	3531	1.6	19.7	28	1.25	21.7	0	21.8

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P12		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0037	2825	0.080	3531	1.6	19.7	28	1.25	21.7	0	21.8
	CUB	P13C1XA	C 16#7 14#8	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0036	2762	0.081	3477	1.8	20.0	28	1.26	22.4	0	22.5
	CUB		C 16#7 14#8	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0036	2762	0.081	3477	1.8	20.0	28	1.26	22.4	0	22.5
COL2	P2	P2C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0021	2488	0.066	2746	2.0	34.1	48	1.10	31.2	0	31.3
(OV)	P2		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0021	2488	0.066	2746	2.0	34.1	48	1.10	31.2	0	31.3
(Ejes)	P3	P3C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0021	2430	0.068	2701	2.4	35.7	50	1.11	32.7	0	32.8
A3	P3		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0021	2430	0.068	2701	2.4	35.7	50	1.11	32.7	0	32.8
D3	P4	P4C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0020	2340	0.071	2629	2.9	37.9	53	1.12	34.6	0	34.7
A4	P4		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0020	2340	0.071	2629	2.9	37.9	53	1.12	34.6	0	34.7
D4	P5	P5C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0020	2277	0.074	2587	3.4	39.9	56	1.14	36.7	0	36.8
	P5		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0020	2277	0.074	2587	3.4	39.9	56	1.14	36.7	0	36.8
	P6	P6C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0030	2246	0.077	2540	2.5	28.0	39	1.13	26.0	0	26.1
	P6		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0030	2246	0.077	2540	2.5	28.0	39	1.13	26.0	0	26.1
	P7	P7C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0029	2146	0.081	2459	2.9	29.9	42	1.15	27.8	0	27.9
	P7		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0029	2146	0.081	2459	2.9	29.9	42	1.15	27.8	0	27.9
	P8	P8C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0028	2046	0.086	2383	3.2	31.6	44	1.16	30.5	0	30.6
	P8		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0028	2046	0.086	2383	3.2	31.6	44	1.16	30.5	0	30.6
	P9	P9C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0028	1940	0.097	2313	3.5	32.4	45	1.19	35.4	0	35.5
	P9		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0028	1940	0.097	2313	3.5	32.4	45	1.19	35.4	0	35.5
	P10	P10C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0036	1851	0.102	2213	2.8	25.0	35	1.20	28.5	0	28.6
	P10		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0036	1851	0.102	2213	2.8	25.0	35	1.20	28.5	0	28.6
	P11	P11C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0035	1784	0.109	2154	2.9	25.5	36	1.21	30.9	0	31.0
	P11		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0035	1784	0.109	2154	2.9	25.5	36	1.21	30.9	0	31.0
	P12	P12C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0034	1647	0.106	2043	3.1	26.2	37	1.24	31.2	0	31.3
	P12		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0034	1647	0.106	2043	3.1	26.2	37	1.24	31.2	0	31.3
	CUB	P13C2YP	C 22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0033	1538	0.105	1922	3.4	27.0	38	1.25	31.8	0	31.9
	CUB		C 22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0033	1538	0.105	1922	3.4	27.0	38	1.25	31.8	0	31.9

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
COL2	P2	P2C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0057	1017	0.204	1136	1.6	12.4	17	1.12	35.9	0	36.0
(OV)	P2		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0057	1017	0.204	1136	1.6	12.4	17	1.12	35.9	0	36.0
(Ejes)	P3	P3C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0056	993	0.208	1115	1.7	13.0	18	1.12	37.3	0	37.4
A3	P3		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0056	993	0.208	1115	1.7	13.0	18	1.12	37.3	0	37.4
D3	P4	P4C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0054	952	0.213	1084	1.8	13.8	19	1.14	39.1	0	39.2
A4	P4		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0054	952	0.213	1084	1.8	13.8	19	1.14	39.1	0	39.2
D4	P5	P5C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0054	928	0.224	1066	2.0	14.6	20	1.15	41.7	0	41.8
	P5		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0054	928	0.224	1066	2.0	14.6	20	1.15	41.7	0	41.8
	P6	P6C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0053	906	0.242	1048	2.1	15.4	22	1.16	45.8	0	45.9
	P6		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0053	906	0.242	1048	2.1	15.4	22	1.16	45.8	0	45.9
	P7	P7C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0052	873	0.253	1013	2.2	16.5	23	1.16	48.9	0	49.0
	P7		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0052	873	0.253	1013	2.2	16.5	23	1.16	48.9	0	49.0
	P8	P8C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0050	827	0.260	976	2.4	17.5	24	1.18	51.5	0	51.6
	P8		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0050	827	0.260	976	2.4	17.5	24	1.18	51.5	0	51.6
	P9	P9C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0073	794	0.287	946	1.7	12.0	17	1.19	39.1	0	39.2
	P9		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0073	794	0.287	946	1.7	12.0	17	1.19	39.1	0	39.2
	P10	P10C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0071	747	0.283	896	1.8	12.3	17	1.20	39.7	0	39.8
	P10		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0071	747	0.283	896	1.8	12.3	17	1.20	39.7	0	39.8
	P11	P11C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0070	715	0.282	862	1.8	12.6	18	1.21	40.4	0	40.5
	P11		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0070	715	0.282	862	1.8	12.6	18	1.21	40.4	0	40.5
	P12	P12C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0068	663	0.281	812	1.9	13.0	18	1.22	41.5	0	41.6
	P12		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0068	663	0.281	812	1.9	13.0	18	1.22	41.5	0	41.6
	CUB	P13C2XP	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0066	610	0.275	762	2.0	13.4	19	1.25	41.7	0	41.8
	CUB		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0066	610	0.275	762	2.0	13.4	19	1.25	41.7	0	41.8
COL2	P2	P2C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0057	1017	0.204	1136	1.6	12.4	17	1.12	35.9	0	36.0
(OH)	P2		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0057	1017	0.204	1136	1.6	12.4	17	1.12	35.9	0	36.0
(Ejes)	P3	P3C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0056	993	0.208	1115	1.7	13.0	18	1.12	37.3	0	37.4

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
A5	P3		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0056	993	0.208	1115	1.7	13.0	18	1.12	37.3	0	37.4
D5	P4	P4C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0054	952	0.213	1084	1.9	13.8	19	1.14	39.1	0	39.2
	P4		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0054	952	0.213	1084	1.9	13.8	19	1.14	39.1	0	39.2
	P5	P5C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0054	928	0.224	1066	2.0	14.6	20	1.15	41.7	0	41.8
	P5		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0054	928	0.224	1066	2.0	14.6	20	1.15	41.7	0	41.8
	P6	P6C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0053	906	0.242	1048	2.1	15.4	22	1.16	45.8	0	45.9
	P6		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0053	906	0.242	1048	2.1	15.4	22	1.16	45.8	0	45.9
	P7	P7C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0052	873	0.253	1013	2.3	16.5	23	1.16	48.9	0	49.0
	P7		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0052	873	0.253	1013	2.3	16.5	23	1.16	48.9	0	49.0
	P8	P8C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0050	827	0.260	976	2.4	17.5	24	1.18	51.5	0	51.6
	P8		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0050	827	0.260	976	2.4	17.5	24	1.18	51.5	0	51.6
	P9	P9C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0073	794	0.287	946	1.7	12.0	17	1.19	39.1	0	39.2
	P9		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0073	794	0.287	946	1.7	12.0	17	1.19	39.1	0	39.2
	P10	P10C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0071	747	0.283	896	1.8	12.3	17	1.20	39.7	0	39.8
	P10		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0071	747	0.283	896	1.8	12.3	17	1.20	39.7	0	39.8
	P11	P11C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0070	715	0.282	862	1.8	12.6	18	1.21	40.4	0	40.5
	P11		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0070	715	0.282	862	1.8	12.6	18	1.21	40.4	0	40.5
	P12	P12C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0068	663	0.281	812	1.9	13.0	18	1.22	41.5	0	41.6
	P12		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0068	663	0.281	812	1.9	13.0	18	1.22	41.5	0	41.6
	CUB	P13C2YA	C	22#6	Y	B	3.2	0.38	0.12	0.0066	610	0.275	762	2.0	13.4	19	1.25	41.7	0	41.8
	CUB		C	22#6	Y	A	3.2	0.38	0.88	0.0066	610	0.275	762	2.0	13.4	19	1.25	41.7	0	41.8
COL2 (OH) (Ejes) A5 D5	P2	P2C2XA	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0021	2488	0.066	2746	1.7	34.1	48	1.10	31.2	0	31.3
	P2		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0021	2488	0.066	2746	1.7	34.1	48	1.10	31.2	0	31.3
	P3	P3C2XA	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0021	2430	0.068	2701	2.0	35.7	50	1.11	32.7	0	32.8
	P3		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0021	2430	0.068	2701	2.0	35.7	50	1.11	32.7	0	32.8
	P4	P4C2XA	C	22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0020	2340	0.071	2629	2.7	37.9	53	1.12	34.6	0	34.7
P4		C	22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0020	2340	0.071	2629	2.7	37.9	53	1.12	34.6	0	34.7	

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P5	P5C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0020	2277	0.074	2587	3.2	39.9	56	1.14	36.7	0	36.8
	P5		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0020	2277	0.074	2587	3.2	39.9	56	1.14	36.7	0	36.8
	P6	P6C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0030	2246	0.077	2540	2.4	28.0	39	1.13	26.0	0	26.1
	P6		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0030	2246	0.077	2540	2.4	28.0	39	1.13	26.0	0	26.1
	P7	P7C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0029	2146	0.081	2459	2.8	29.9	42	1.15	27.8	0	27.9
	P7		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0029	2146	0.081	2459	2.8	29.9	42	1.15	27.8	0	27.9
	P8	P8C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0028	2046	0.086	2383	3.2	31.6	44	1.16	30.5	0	30.6
	P8		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0028	2046	0.086	2383	3.2	31.6	44	1.16	30.5	0	30.6
	P9	P9C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0028	1940	0.097	2313	3.5	32.4	45	1.19	35.4	0	35.5
	P9		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0028	1940	0.097	2313	3.5	32.4	45	1.19	35.4	0	35.5
	P10	P10C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0036	1851	0.102	2213	2.8	25.0	35	1.20	28.5	0	28.6
	P10		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0036	1851	0.102	2213	2.8	25.0	35	1.20	28.5	0	28.6
	P11	P11C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0035	1784	0.109	2154	3.0	25.5	36	1.21	30.9	0	31.0
	P11		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0035	1784	0.109	2154	3.0	25.5	36	1.21	30.9	0	31.0
	P12	P12C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0034	1647	0.106	2043	3.2	26.2	37	1.24	31.2	0	31.3
	P12		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0034	1647	0.106	2043	3.2	26.2	37	1.24	31.2	0	31.3
	CUB	P13C2XA	C 22#6	X	B	3.2	0.38	0.12	0.0033	1538	0.105	1922	3.6	27.0	38	1.25	31.8	0	31.9
	CUB		C 22#6	X	A	3.2	0.38	0.88	0.0033	1538	0.105	1922	3.6	27.0	38	1.25	31.8	0	31.9
COL3	P2	P2C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0023	3187	0.047	3283	0.0	19.7	28	1.03	20.6	0	20.7
(OV)	P2		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0023	3187	0.047	3283	0.0	19.7	28	1.03	20.6	0	20.7
(Ejes)	P3	P3C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0024	3028	0.053	3184	0.0	20.5	29	1.05	22.3	0	22.4
A6	P3		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0024	3028	0.053	3184	0.0	20.5	29	1.05	22.3	0	22.4
D6	P4	P4C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0023	2846	0.058	3050	0.7	23.6	33	1.07	25.8	0	25.9
	P4		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0023	2846	0.058	3050	0.7	23.6	33	1.07	25.8	0	25.9
	P5	P5C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0022	2744	0.061	2970	1.3	25.6	36	1.08	27.7	0	27.8
	P5		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0022	2744	0.061	2970	1.3	25.6	36	1.08	27.7	0	27.8
	P6	P6C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0021	2615	0.065	2897	2.0	27.8	39	1.11	30.4	0	30.5

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P6		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0021	2615	0.065	2897	2.0	27.8	39	1.11	30.4	0	30.5
	P7	P7C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0021	2501	0.068	2808	2.6	30.4	42	1.12	32.7	0	32.8
	P7		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0021	2501	0.068	2808	2.6	30.4	42	1.12	32.7	0	32.8
	P8	P8C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0030	2422	0.075	2734	2.1	22.0	31	1.13	24.9	0	25.0
	P8		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0030	2422	0.075	2734	2.1	22.0	31	1.13	24.9	0	25.0
	P9	P9C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0029	2284	0.081	2638	2.4	24.2	34	1.15	27.8	0	27.9
	P9		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0029	2284	0.081	2638	2.4	24.2	34	1.15	27.8	0	27.9
	P10	P10C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0028	2142	0.089	2543	2.7	25.9	36	1.19	31.7	0	31.8
	P10		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0028	2142	0.089	2543	2.7	25.9	36	1.19	31.7	0	31.8
	P11	P11C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0027	2016	0.101	2433	2.9	26.7	37	1.21	37.0	0	37.1
	P11		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0027	2016	0.101	2433	2.9	26.7	37	1.21	37.0	0	37.1
	P12	P12C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0035	1888	0.109	2301	2.2	20.7	29	1.22	31.0	0	31.1
	P12		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0035	1888	0.109	2301	2.2	20.7	29	1.22	31.0	0	31.1
	CUB	P13C3YP	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0034	1722	0.107	2152	2.6	21.6	30	1.25	31.6	0	31.7
	CUB		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0034	1722	0.107	2152	2.6	21.6	30	1.25	31.6	0	31.7
COL3	P2	P2C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0056	1254	0.133	1294	0.7	7.1	10	1.03	23.7	0	23.8
(OV)	P2		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0056	1254	0.133	1294	0.7	7.1	10	1.03	23.7	0	23.8
(Ejes)	P3	P3C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0063	1198	0.140	1246	0.8	7.0	10	1.04	22.4	0	22.5
A6	P3		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0063	1198	0.140	1246	0.8	7.0	10	1.04	22.4	0	22.5
D6	P4	P4C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0062	1129	0.153	1202	1.0	7.9	11	1.06	24.9	0	25.0
	P4		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0062	1129	0.153	1202	1.0	7.9	11	1.06	24.9	0	25.0
	P5	P5C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0060	1095	0.158	1173	1.1	8.7	12	1.07	26.6	0	26.7
	P5		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0060	1095	0.158	1173	1.1	8.7	12	1.07	26.6	0	26.7
	P6	P6C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0058	1040	0.199	1166	1.3	9.5	13	1.12	34.6	0	34.7
	P6		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0058	1040	0.199	1166	1.3	9.5	13	1.12	34.6	0	34.7
	P7	P7C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0056	994	0.210	1127	1.4	10.5	15	1.13	37.8	0	37.9
	P7		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0056	994	0.210	1127	1.4	10.5	15	1.13	37.8	0	37.9

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P8	P8C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0054	946	0.216	1085	1.6	11.6	16	1.15	40.2	0	40.3
	P8		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0054	946	0.216	1085	1.6	11.6	16	1.15	40.2	0	40.3
	P9	P9C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0052	899	0.246	1051	1.8	12.8	18	1.17	47.2	0	47.3
	P9		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0052	899	0.246	1051	1.8	12.8	18	1.17	47.2	0	47.3
	P10	P10C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0076	859	0.259	1004	1.3	9.1	13	1.17	34.2	0	34.3
	P10		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0076	859	0.259	1004	1.3	9.1	13	1.17	34.2	0	34.3
	P11	P11C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0073	801	0.278	964	1.3	9.5	13	1.20	38.1	0	38.2
	P11		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0073	801	0.278	964	1.3	9.5	13	1.20	38.1	0	38.2
	P12	P12C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0070	736	0.284	901	1.4	9.9	14	1.22	40.5	0	40.6
	P12		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0070	736	0.284	901	1.4	9.9	14	1.22	40.5	0	40.6
	CUB	P13C3XP	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0067	668	0.282	835	1.6	10.3	14	1.25	41.9	0	42.0
	CUB		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0067	668	0.282	835	1.6	10.3	14	1.25	41.9	0	42.0
COL3	P2	P2C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0056	1254	0.133	1294	0.7	7.1	10	1.03	23.7	0	23.8
(OH)	P2		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0056	1254	0.133	1294	0.7	7.1	10	1.03	23.7	0	23.8
(Ejes)	P3	P3C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0063	1198	0.140	1246	0.7	7.0	10	1.04	22.4	0	22.5
B2	P3		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0063	1198	0.140	1246	0.7	7.0	10	1.04	22.4	0	22.5
C2	P4	P4C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0062	1129	0.153	1202	0.9	7.9	11	1.06	24.9	0	25.0
B5	P4		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0062	1129	0.153	1202	0.9	7.9	11	1.06	24.9	0	25.0
C5	P5	P5C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0060	1095	0.158	1173	1.1	8.7	12	1.07	26.6	0	26.7
	P5		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0060	1095	0.158	1173	1.1	8.7	12	1.07	26.6	0	26.7
	P6	P6C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0058	1040	0.199	1166	1.3	9.5	13	1.12	34.6	0	34.7
	P6		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0058	1040	0.199	1166	1.3	9.5	13	1.12	34.6	0	34.7
	P7	P7C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0056	994	0.210	1127	1.4	10.5	15	1.13	37.8	0	37.9
	P7		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0056	994	0.210	1127	1.4	10.5	15	1.13	37.8	0	37.9
	P8	P8C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0054	946	0.216	1085	1.6	11.6	16	1.15	40.2	0	40.3
	P8		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0054	946	0.216	1085	1.6	11.6	16	1.15	40.2	0	40.3
	P9	P9C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0052	899	0.246	1051	1.8	12.8	18	1.17	47.2	0	47.3

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P9		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0052	899	0.246	1051	1.8	12.8	18	1.17	47.2	0	47.3
	P10	P10C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0076	859	0.259	1004	1.3	9.1	13	1.17	34.2	0	34.3
	P10		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0076	859	0.259	1004	1.3	9.1	13	1.17	34.2	0	34.3
	P11	P11C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0073	801	0.278	964	1.3	9.5	13	1.20	38.1	0	38.2
	P11		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0073	801	0.278	964	1.3	9.5	13	1.20	38.1	0	38.2
	P12	P12C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0070	736	0.284	901	1.4	9.9	14	1.22	40.5	0	40.6
	P12		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0070	736	0.284	901	1.4	9.9	14	1.22	40.5	0	40.6
	CUB	P13C3YA	C 8#6 12#7	Y	B	3.2	0.46	0.14	0.0067	668	0.282	835	1.5	10.3	14	1.25	41.9	0	42.0
	CUB		C 8#6 12#7	Y	A	3.2	0.46	0.86	0.0067	668	0.282	835	1.5	10.3	14	1.25	41.9	0	42.0
COL3	P2	P2C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0023	3187	0.047	3283	0.0	19.7	28	1.03	20.6	0	20.7
(OH)	P2		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0023	3187	0.047	3283	0.0	19.7	28	1.03	20.6	0	20.7
(Ejes)	P3	P3C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0024	3028	0.053	3184	0.3	20.5	29	1.05	22.3	0	22.4
B2	P3		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0024	3028	0.053	3184	0.3	20.5	29	1.05	22.3	0	22.4
C2	P4	P4C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0023	2846	0.058	3050	1.0	23.6	33	1.07	25.8	0	25.9
B5	P4		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0023	2846	0.058	3050	1.0	23.6	33	1.07	25.8	0	25.9
C5	P5	P5C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0022	2744	0.061	2970	1.5	25.6	36	1.08	27.7	0	27.8
	P5		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0022	2744	0.061	2970	1.5	25.6	36	1.08	27.7	0	27.8
	P6	P6C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0021	2615	0.065	2897	2.0	27.8	39	1.11	30.4	0	30.5
	P6		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0021	2615	0.065	2897	2.0	27.8	39	1.11	30.4	0	30.5
	P7	P7C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0021	2501	0.068	2808	2.5	30.4	42	1.12	32.7	0	32.8
	P7		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0021	2501	0.068	2808	2.5	30.4	42	1.12	32.7	0	32.8
	P8	P8C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0030	2422	0.075	2734	2.0	22.0	31	1.13	24.9	0	25.0
	P8		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0030	2422	0.075	2734	2.0	22.0	31	1.13	24.9	0	25.0
	P9	P9C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0029	2284	0.081	2638	2.4	24.2	34	1.15	27.8	0	27.9
	P9		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0029	2284	0.081	2638	2.4	24.2	34	1.15	27.8	0	27.9
	P10	P10C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0028	2142	0.089	2543	2.7	25.9	36	1.19	31.7	0	31.8
	P10		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0028	2142	0.089	2543	2.7	25.9	36	1.19	31.7	0	31.8

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P11	P11C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0027	2016	0.101	2433	2.9	26.7	37	1.21	37.0	0	37.1
	P11		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0027	2016	0.101	2433	2.9	26.7	37	1.21	37.0	0	37.1
	P12	P12C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0035	1888	0.109	2301	2.4	20.7	29	1.22	31.0	0	31.1
	P12		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0035	1888	0.109	2301	2.4	20.7	29	1.22	31.0	0	31.1
	CUB	P13C3XA	C 8#6 12#7	X	B	3.2	0.46	0.14	0.0034	1722	0.107	2152	2.7	21.6	30	1.25	31.6	0	31.7
	CUB		C 8#6 12#7	X	A	3.2	0.46	0.86	0.0034	1722	0.107	2152	2.7	21.6	30	1.25	31.6	0	31.7
COL4	P2	P2C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0050	1366	0.112	1394	0.7	6.6	9	1.02	22.3	0	22.4
(OH)	P2		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0050	1366	0.112	1394	0.7	6.6	9	1.02	22.3	0	22.4
(Ejes)	P3	P3C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0055	1320	0.131	1375	0.8	6.6	9	1.04	23.9	0	24.0
B3	P3		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0055	1320	0.131	1375	0.8	6.6	9	1.04	23.9	0	24.0
C3	P4	P4C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0061	1269	0.138	1331	0.8	6.6	9	1.05	22.7	0	22.8
B4	P4		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0061	1269	0.138	1331	0.8	6.6	9	1.05	22.7	0	22.8
C4	P5	P5C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0063	1213	0.149	1291	0.9	7.0	10	1.06	23.6	0	23.7
	P5		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0063	1213	0.149	1291	0.9	7.0	10	1.06	23.6	0	23.7
	P6	P6C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0060	1187	0.206	1216	1.1	8.2	11	1.02	34.5	0	34.6
	P6		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0060	1187	0.206	1216	1.1	8.2	11	1.02	34.5	0	34.6
	P7	P7C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0056	1064	0.206	1216	1.3	9.6	13	1.14	36.6	0	36.7
	P7		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0056	1064	0.206	1216	1.3	9.6	13	1.14	36.6	0	36.7
	P8	P8C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0054	990	0.217	1154	1.5	11.1	16	1.17	40.4	0	40.5
	P8		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0054	990	0.217	1154	1.5	11.1	16	1.17	40.4	0	40.5
	P9	P9C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0077	938	0.254	1103	1.1	8.4	12	1.18	32.8	0	32.9
	P9		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0077	938	0.254	1103	1.1	8.4	12	1.18	32.8	0	32.9
	P10	P10C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0074	871	0.265	1043	1.2	8.8	12	1.20	35.8	0	35.9
	P10		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0074	871	0.265	1043	1.2	8.8	12	1.20	35.8	0	35.9
	P11	P11C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0071	797	0.285	981	1.3	9.2	13	1.23	40.3	0	40.4
	P11		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0071	797	0.285	981	1.3	9.2	13	1.23	40.3	0	40.4
	P12	P12C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0069	752	0.283	940	1.3	9.5	13	1.25	41.1	0	41.2

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P12		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0069	752	0.283	940	1.3	9.5	13	1.25	41.1	0	41.2
	CUB	P13C4YP	C 20#7	Y	B	3.2	0.49	0.15	0.0068	725	0.282	906	1.4	9.7	14	1.25	41.8	0	41.9
	CUB		C 20#7	Y	A	3.2	0.49	0.85	0.0068	725	0.282	906	1.4	9.7	14	1.25	41.8	0	41.9
COL4	P2	P2C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0020	3389	0.041	3437	0.0	18.8	26	1.01	20.5	0	20.6
(OH)	P2		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0020	3389	0.041	3437	0.0	18.8	26	1.01	20.5	0	20.6
(Ejes)	P3	P3C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0022	3293	0.045	3379	0.0	18.5	26	1.03	20.1	0	20.2
B3	P3		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0022	3293	0.045	3379	0.0	18.5	26	1.03	20.1	0	20.2
C3	P4	P4C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0024	3163	0.050	3304	0.3	18.4	26	1.04	20.4	0	20.5
B4	P4		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0024	3163	0.050	3304	0.3	18.4	26	1.04	20.4	0	20.5
C4	P5	P5C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0023	2996	0.056	3201	0.9	21.1	30	1.07	24.1	0	24.2
	P5		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0023	2996	0.056	3201	0.9	21.1	30	1.07	24.1	0	24.2
	P6	P6C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0022	2821	0.060	3070	1.6	24.3	34	1.09	27.3	0	27.4
	P6		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0022	2821	0.060	3070	1.6	24.3	34	1.09	27.3	0	27.4
	P7	P7C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0032	2677	0.066	2944	1.4	18.5	26	1.10	20.8	0	20.9
	P7		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0032	2677	0.066	2944	1.4	18.5	26	1.10	20.8	0	20.9
	P8	P8C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0030	2481	0.072	2816	1.9	21.2	30	1.14	23.9	0	24.0
	P8		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0030	2481	0.072	2816	1.9	21.2	30	1.14	23.9	0	24.0
	P9	P9C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0029	2304	0.082	2695	2.3	23.9	33	1.17	28.5	0	28.6
	P9		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0029	2304	0.082	2695	2.3	23.9	33	1.17	28.5	0	28.6
	P10	P10C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0037	2157	0.096	2592	1.9	18.6	26	1.20	26.1	0	26.2
	P10		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0037	2157	0.096	2592	1.9	18.6	26	1.20	26.1	0	26.2
	P11	P11C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0035	1990	0.105	2443	2.1	19.4	27	1.23	29.7	0	29.8
	P11		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0035	1990	0.105	2443	2.1	19.4	27	1.23	29.7	0	29.8
	P12	P12C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0035	1899	0.109	2359	2.2	19.9	28	1.24	31.6	0	31.7
	P12		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0035	1899	0.109	2359	2.2	19.9	28	1.24	31.6	0	31.7
	CUB	P13C4XP	C 20#7	X	B	3.2	0.49	0.15	0.0034	1826	0.109	2282	2.4	20.3	28	1.25	32.2	0	32.3
	CUB		C 20#7	X	A	3.2	0.49	0.85	0.0034	1826	0.109	2282	2.4	20.3	28	1.25	32.2	0	32.3

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
M1 (OV) (Ejes) C1 C6	P2	P2M1YP	M	44#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0007	19030	0.022	22160	11.3	33.8	45	1.16	33.1	0	33.2
	P2		M	44#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0007	19030	0.022	22160	11.3	33.8	45	1.16	33.1	0	33.2
	P3	P3M1YP	M	36#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0006	16891	0.024	19760	19.4	58.3	78	1.17	37.8	0	37.9
	P3		M	36#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0006	16891	0.024	19760	19.4	58.3	78	1.17	37.8	0	37.9
	P4	P4M1YP	M	32#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0006	15820	0.024	18570	19.8	59.3	79	1.17	37.9	0	38.0
	P4		M	32#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0006	15820	0.024	18570	19.8	59.3	79	1.17	37.9	0	38.0
	P5	P5M1YP	M	20#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0004	13122	0.019	15530	30.4	91.2	122	1.18	45.6	0	45.7
	P5		M	20#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0004	13122	0.019	15530	30.4	91.2	122	1.18	45.6	0	45.7
	P6	P6M1YP	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	9076	0.011	9901	37.3	111.9	149	1.09	27.6	0	27.7
	P6		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	9076	0.011	9901	37.3	111.9	149	1.09	27.6	0	27.7
	P7	P7M1YP	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	8303	0.013	9270	38.1	114.3	152	1.12	32.9	0	33.0
	P7		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	8303	0.013	9270	38.1	114.3	152	1.12	32.9	0	33.0
	P8	P8M1YP	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	7732	0.014	8824	38.6	115.8	154	1.14	38.0	0	38.1
	P8		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	7732	0.014	8824	38.6	115.8	154	1.14	38.0	0	38.1
	P9	P9M1YP	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	7191	0.016	8334	39.3	117.9	157	1.16	43.9	0	44.0
	P9		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	7191	0.016	8334	39.3	117.9	157	1.16	43.9	0	44.0
	P10	P10M1YP	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	6612	0.019	7903	40.0	120.1	160	1.20	52.7	0	52.8
	P10		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	6612	0.019	7903	40.0	120.1	160	1.20	52.7	0	52.8
	P11	P11M1YP	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	6096	0.021	7371	27.2	81.6	109	1.21	38.7	0	38.8
	P11		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	6096	0.021	7371	27.2	81.6	109	1.21	38.7	0	38.8
P12	P12M1YP	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0007	5500	0.022	6821	20.8	62.3	83	1.24	31.3	0	31.4	
P12		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0007	5500	0.022	6821	20.8	62.3	83	1.24	31.3	0	31.4	
CUB	P13M1YP	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0007	4916	0.022	6191	21.2	63.7	85	1.26	31.7	0	31.8	
CUB		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0007	4916	0.022	6191	21.2	63.7	85	1.26	31.7	0	31.8	
M1 (OV) (Ejes)	P2	P2M1XP	M	44#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0053	765	0.192	855	1.4	4.2	6	1.12	36.4	0	36.5
	P2		M	44#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0053	765	0.192	855	1.4	4.2	6	1.12	36.4	0	36.5
	P3	P3M1XP	M	36#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	691	0.564	834	2.4	7.3	10	1.21	109.8	0	109.9

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
C1	P3		M 36#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	691	0.564	834	2.4	7.3	10	1.21	109.8	0	109.9
C6	P4	P4M1XP	M 32#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	646	0.563	774	2.4	7.3	10	1.20	110.7	0	110.8
	P4		M 32#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	646	0.563	774	2.4	7.3	10	1.20	110.7	0	110.8
	P5	P5M1XP	M 20#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0100	549	0.561	648	1.2	3.7	5	1.18	56.2	0	56.3
	P5		M 20#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0100	549	0.561	648	1.2	3.7	5	1.18	56.2	0	56.3
	P6	P6M1XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0097	380	0.448	441	1.5	4.5	6	1.16	46.2	0	46.3
	P6		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0097	380	0.448	441	1.5	4.5	6	1.16	46.2	0	46.3
	P7	P7M1XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0096	348	0.449	407	1.5	4.6	6	1.17	47.0	0	47.1
	P7		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0096	348	0.449	407	1.5	4.6	6	1.17	47.0	0	47.1
	P8	P8M1XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0092	321	0.450	383	1.6	4.7	6	1.19	48.9	0	49.0
	P8		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0092	321	0.450	383	1.6	4.7	6	1.19	48.9	0	49.0
	P9	P9M1XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0089	297	0.451	358	1.6	4.9	7	1.21	51.0	0	51.1
	P9		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0089	297	0.451	358	1.6	4.9	7	1.21	51.0	0	51.1
	P10	P10M1XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0087	271	0.453	333	1.7	5.0	7	1.23	51.9	0	52.0
	P10		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0087	271	0.453	333	1.7	5.0	7	1.23	51.9	0	52.0
	P11	P11M1XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0086	247	0.454	307	1.7	5.1	7	1.24	52.8	0	52.9
	P11		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0086	247	0.454	307	1.7	5.1	7	1.24	52.8	0	52.9
	P12	P12M1XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0084	224	0.455	283	1.7	5.2	7	1.26	53.8	0	53.9
	P12		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0084	224	0.455	283	1.7	5.2	7	1.26	53.8	0	53.9
CUB	P13M1XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0042	199	0.493	260	3.5	10.5	14	1.31	118.7	0	118.8	
CUB		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0042	199	0.493	260	3.5	10.5	14	1.31	118.7	0	118.8	
M2 (OH) (Ejes) A1 D1	P2	P2M2YA	M 36#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	691	0.564	834	2.4	7.3	10	1.21	109.8	0	109.9
	P2		M 36#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	691	0.564	834	2.4	7.3	10	1.21	109.8	0	109.9
	P3	P3M2YA	M 32#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	646	0.563	774	2.4	7.3	10	1.20	110.7	0	110.8
	P3		M 32#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	646	0.563	774	2.4	7.3	10	1.20	110.7	0	110.8
	P4	P4M2YA	M 20#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0100	549	0.561	648	1.2	3.7	5	1.18	56.2	0	56.3
	P4		M 20#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0100	549	0.561	648	1.2	3.7	5	1.18	56.2	0	56.3

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P5	P5M2YA	M	16#5	Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0099	484	0.284	562	1.3	3.8	5	1.16	28.7	0	28.8
	P5		M	16#5	Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0099	484	0.284	562	1.3	3.8	5	1.16	28.7	0	28.8
	P6	P6M2YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0096	334	0.179	369	1.5	4.6	6	1.10	18.7	0	18.8
	P6		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0096	334	0.179	369	1.5	4.6	6	1.10	18.7	0	18.8
	P7	P7M2YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0093	317	0.180	353	1.6	4.7	6	1.11	19.3	0	19.4
	P7		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0093	317	0.180	353	1.6	4.7	6	1.11	19.3	0	19.4
	P8	P8M2YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0089	291	0.180	328	1.6	4.9	7	1.13	20.3	0	20.4
	P8		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0089	291	0.180	328	1.6	4.9	7	1.13	20.3	0	20.4
	P9	P9M2YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0088	274	0.180	311	1.7	5.0	7	1.13	20.5	0	20.6
	P9		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0088	274	0.180	311	1.7	5.0	7	1.13	20.5	0	20.6
	P10	P10M2YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0086	268	0.559	329	1.7	5.0	7	1.23	64.6	0	64.7
	P10		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0086	268	0.559	329	1.7	5.0	7	1.23	64.6	0	64.7
	P11	P11M2YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0086	251	0.559	312	1.7	5.1	7	1.24	65.3	0	65.4
	P11		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0086	251	0.559	312	1.7	5.1	7	1.24	65.3	0	65.4
	P12	P12M2YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0042	228	0.558	287	3.5	10.4	14	1.26	132.7	0	132.8
	P12		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0042	228	0.558	287	3.5	10.4	14	1.26	132.7	0	132.8
	CUB	P13M2YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0083	197	0.478	259	1.8	5.3	7	1.31	57.8	0	57.9
	CUB		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0083	197	0.478	259	1.8	5.3	7	1.31	57.8	0	57.9
M2	P2	P2M2XA	M	36#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0006	16891	0.024	19760	19.4	58.3	78	1.17	37.8	0	37.9
(OH)	P2		M	36#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0006	16891	0.024	19760	19.4	58.3	78	1.17	37.8	0	37.9
(Ejes)	P3	P3M2XA	M	32#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0006	15820	0.024	18570	19.8	59.3	79	1.17	37.9	0	38.0
A1	P3		M	32#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0006	15820	0.024	18570	19.8	59.3	79	1.17	37.9	0	38.0
D1	P4	P4M2XA	M	20#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0004	13122	0.019	15530	30.4	91.2	122	1.18	45.6	0	45.7
	P4		M	20#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0004	13122	0.019	15530	30.4	91.2	122	1.18	45.6	0	45.7
	P5	P5M2XA	M	16#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0002	11972	0.014	13830	61.6	184.7	246	1.16	71.9	0	72.0
	P5		M	16#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0002	11972	0.014	13830	61.6	184.7	246	1.16	71.9	0	72.0
	P6	P6M2XA	M	8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	8153	0.010	9093	38.3	114.8	153	1.12	26.0	0	26.1

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P6		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	8153	0.010	9093	38.3	114.8	153	1.12	26.0	0	26.1
	P7	P7M2XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	7749	0.010	8784	38.6	115.8	154	1.13	27.7	0	27.8
	P7		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	7749	0.010	8784	38.6	115.8	154	1.13	27.7	0	27.8
	P8	P8M2XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	7179	0.012	8296	39.3	117.9	157	1.16	31.5	0	31.6
	P8		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	7179	0.012	8296	39.3	117.9	157	1.16	31.5	0	31.6
	P9	P9M2XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	6875	0.013	7940	39.7	119.0	159	1.15	36.3	0	36.4
	P9		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	6875	0.013	7940	39.7	119.0	159	1.15	36.3	0	36.4
	P10	P10M2XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	6304	0.015	7501	26.9	80.8	108	1.19	27.2	0	27.3
	P10		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	6304	0.015	7501	26.9	80.8	108	1.19	27.2	0	27.3
	P11	P11M2XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	5931	0.016	7161	27.3	81.8	109	1.21	30.2	0	30.3
	P11		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	5931	0.016	7161	27.3	81.8	109	1.21	30.2	0	30.3
	P12	P12M2XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0007	5365	0.019	6706	20.9	62.6	84	1.25	26.9	0	27.0
	P12		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0007	5365	0.019	6706	20.9	62.6	84	1.25	26.9	0	27.0
	CUB	P13M2XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0007	4888	0.022	6192	21.3	64.0	85	1.27	31.9	0	32.0
	CUB		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0007	4888	0.022	6192	21.3	64.0	85	1.27	31.9	0	32.0
M3 (OH) (Ejes) A6 D6	P2	P2M3YA	M 44#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0058	779	0.641	874	1.3	3.9	5	1.12	110.5	0	110.6
	P2		M 44#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0058	779	0.641	874	1.3	3.9	5	1.12	110.5	0	110.6
	P3	P3M3YA	M 36#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0056	675	0.698	751	1.3	4.0	5	1.11	125.8	0	125.9
	P3		M 36#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0056	675	0.698	751	1.3	4.0	5	1.11	125.8	0	125.9
	P4	P4M3YA	M 28#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0053	591	0.137	656	1.4	4.2	6	1.11	25.6	0	25.7
	P4		M 28#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0053	591	0.137	656	1.4	4.2	6	1.11	25.6	0	25.7
	P5	P5M3YA	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0102	416	0.562	461	0.9	2.6	3	1.11	55.2	0	55.3
	P5		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0102	416	0.562	461	0.9	2.6	3	1.11	55.2	0	55.3
	P6	P6M3YA	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0099	365	0.561	409	1.5	4.4	6	1.12	56.4	0	56.5
	P6		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0099	365	0.561	409	1.5	4.4	6	1.12	56.4	0	56.5
	P7	P7M3YA	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0097	321	0.560	364	1.5	4.5	6	1.14	57.6	0	57.7
	P7		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0097	321	0.560	364	1.5	4.5	6	1.14	57.6	0	57.7

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P8	P8M3YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0095	282	0.560	326	1.5	4.6	6	1.15	58.7	0	58.8
	P8		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0095	282	0.560	326	1.5	4.6	6	1.15	58.7	0	58.8
	P9	P9M3YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0090	253	0.559	299	1.6	4.9	6	1.18	62.5	0	62.6
	P9		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0090	253	0.559	299	1.6	4.9	6	1.18	62.5	0	62.6
	P10	P10M3YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0088	237	0.559	282	1.7	5.0	7	1.19	63.5	0	63.6
	P10		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0088	237	0.559	282	1.7	5.0	7	1.19	63.5	0	63.6
	P11	P11M3YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0087	221	0.559	265	1.7	5.0	7	1.20	64.3	0	64.4
	P11		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0087	221	0.559	265	1.7	5.0	7	1.20	64.3	0	64.4
	P12	P12M3YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0086	205	0.559	248	1.7	5.1	7	1.21	65.2	0	65.3
	P12		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0086	205	0.559	248	1.7	5.1	7	1.21	65.2	0	65.3
	CUB	P13M3YA	M	8#3	Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0042	179	0.558	224	3.5	10.4	14	1.25	132.9	0	133.0
	CUB		M	8#3	Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0042	179	0.558	224	3.5	10.4	14	1.25	132.9	0	133.0
M3 (OH) (Ejes) A6 D6	P2	P2M3XA	M	44#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0008	15430	0.020	17150	9.7	29.0	39	1.11	26.1	0	26.2
	P2		M	44#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0008	15430	0.020	17150	9.7	29.0	39	1.11	26.1	0	26.2
	P3	P3M3XA	M	36#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0006	13687	0.025	15610	12.7	38.0	51	1.14	41.8	0	41.9
	P3		M	36#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0006	13687	0.025	15610	12.7	38.0	51	1.14	41.8	0	41.9
	P4	P4M3XA	M	28#5	X	B	3.2	0.40	0.13	0.0008	12231	0.031	13810	8.9	26.6	35	1.13	36.4	0	36.5
	P4		M	28#5	X	A	3.2	0.40	0.87	0.0008	12231	0.031	13810	8.9	26.6	35	1.13	36.4	0	36.5
	P5	P5M3XA	M	8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0003	7450	0.010	7934	33.1	99.4	133	1.07	36.6	0	36.7
	P5		M	8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0003	7450	0.010	7934	33.1	99.4	133	1.07	36.6	0	36.7
	P6	P6M3XA	M	8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	6774	0.012	7198	28.6	85.8	114	1.06	23.2	0	23.3
	P6		M	8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	6774	0.012	7198	28.6	85.8	114	1.06	23.2	0	23.3
	P7	P7M3XA	M	8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	5991	0.015	6535	29.6	88.7	118	1.09	30.1	0	30.2
	P7		M	8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	5991	0.015	6535	29.6	88.7	118	1.09	30.1	0	30.2
	P8	P8M3XA	M	8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	5290	0.019	6000	30.4	91.2	122	1.13	40.6	0	40.7
	P8		M	8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	5290	0.019	6000	30.4	91.2	122	1.13	40.6	0	40.7
	P9	P9M3XA	M	8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	4805	0.022	5566	31.2	93.5	125	1.16	47.4	0	47.5

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P9		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	4805	0.022	5566	31.2	93.5	125	1.16	47.4	0	47.5
	P10	P10M3XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	4539	0.026	5317	31.6	94.9	126	1.17	55.7	0	55.8
	P10		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	4539	0.026	5317	31.6	94.9	126	1.17	55.7	0	55.8
	P11	P11M3XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0007	4241	0.028	5063	21.4	64.2	86	1.19	41.1	0	41.2
	P11		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0007	4241	0.028	5063	21.4	64.2	86	1.19	41.1	0	41.2
	P12	P12M3XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0007	3894	0.028	4745	21.7	65.1	87	1.22	41.5	0	41.6
	P12		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0007	3894	0.028	4745	21.7	65.1	87	1.22	41.5	0	41.6
	CUB	P13M3XA	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0009	3407	0.027	4259	16.7	50.1	67	1.25	31.5	0	31.6
	CUB		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0009	3407	0.027	4259	16.7	50.1	67	1.25	31.5	0	31.6
M4	P2	P2M4YP	M 44#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0007	19030	0.022	22160	11.3	33.8	45	1.16	33.1	0	33.2
(OV)	P2		M 44#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0007	19030	0.022	22160	11.3	33.8	45	1.16	33.1	0	33.2
(Ejes)	P3	P3M4YP	M 40#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0007	18073	0.024	21020	11.5	34.4	46	1.16	37.0	0	37.1
C3	P3		M 40#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0007	18073	0.024	21020	11.5	34.4	46	1.16	37.0	0	37.1
C4	P4	P4M4YP	M 36#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0006	17268	0.024	20070	11.6	34.7	46	1.16	37.7	0	37.8
	P4		M 36#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0006	17268	0.024	20070	11.6	34.7	46	1.16	37.7	0	37.8
	P5	P5M4YP	M 32#5		Y	B	3.2	0.40	0.13	0.0006	15820	0.024	18570	19.8	59.3	79	1.17	37.9	0	38.0
	P5		M 32#5		Y	A	3.2	0.40	0.87	0.0006	15820	0.024	18570	19.8	59.3	79	1.17	37.9	0	38.0
	P6	P6M4YP	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	10006	0.009	10680	36.4	109.1	145	1.07	23.0	0	23.1
	P6		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	10006	0.009	10680	36.4	109.1	145	1.07	23.0	0	23.1
	P7	P7M4YP	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	9238	0.010	10070	37.1	111.4	149	1.09	26.1	0	26.2
	P7		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	9238	0.010	10070	37.1	111.4	149	1.09	26.1	0	26.2
	P8	P8M4YP	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	8458	0.012	9438	37.8	113.3	151	1.12	30.6	0	30.7
	P8		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	8458	0.012	9438	37.8	113.3	151	1.12	30.6	0	30.7
	P9	P9M4YP	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	7729	0.014	8811	38.6	115.8	154	1.14	37.4	0	37.5
	P9		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	7729	0.014	8811	38.6	115.8	154	1.14	37.4	0	37.5
	P10	P10M4YP	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0004	7144	0.016	8332	39.3	117.9	157	1.17	41.9	0	42.0
	P10		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0004	7144	0.016	8332	39.3	117.9	157	1.17	41.9	0	42.0

Rótulas plásticas																				
Nomenclatura					Localización					M-Φ				Φcurv SAP			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo		Ej	P	L	Lp	Lrel	Φy	My	Φu	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P11	P11M4YP	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0005	6319	0.021	7560	27.0	81.1	108	1.20	39.0	0	39.1
	P11		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0005	6319	0.021	7560	27.0	81.1	108	1.20	39.0	0	39.1
	P12	P12M4YP	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0007	5719	0.022	7024	20.6	61.9	83	1.23	31.3	0	31.4
	P12		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0007	5719	0.022	7024	20.6	61.9	83	1.23	31.3	0	31.4
	CUB	P13M4YP	M 8#3		Y	B	3.2	0.34	0.11	0.0007	4917	0.022	6200	21.2	63.7	85	1.26	31.7	0	31.8
	CUB		M 8#3		Y	A	3.2	0.34	0.89	0.0007	4917	0.022	6200	21.2	63.7	85	1.26	31.7	0	31.8
M4 (OV) (Ejes) C3 C4	P2	P2M4XP	M 44#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0053	765	0.192	855	1.4	4.2	6	1.12	36.4	0	36.5
	P2		M 44#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0053	765	0.192	855	1.4	4.2	6	1.12	36.4	0	36.5
	P3	P3M4XP	M 40#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0052	714	0.263	835	1.4	4.3	6	1.17	50.5	0	50.6
	P3		M 40#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0052	714	0.263	835	1.4	4.3	6	1.17	50.5	0	50.6
	P4	P4M4XP	M 36#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0103	681	0.271	792	0.7	2.2	3	1.16	26.2	0	26.3
	P4		M 36#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0103	681	0.271	792	0.7	2.2	3	1.16	26.2	0	26.3
	P5	P5M4XP	M 32#5		X	B	3.2	0.40	0.13	0.0051	646	0.563	774	2.4	7.3	10	1.20	110.7	0	110.8
	P5		M 32#5		X	A	3.2	0.40	0.87	0.0051	646	0.563	774	2.4	7.3	10	1.20	110.7	0	110.8
	P6	P6M4XP	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0098	422	0.446	482	1.5	4.4	6	1.14	45.3	0	45.4
	P6		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0098	422	0.446	482	1.5	4.4	6	1.14	45.3	0	45.4
	P7	P7M4XP	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0097	389	0.447	449	1.5	4.5	6	1.15	46.0	0	46.1
	P7		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0097	389	0.447	449	1.5	4.5	6	1.15	46.0	0	46.1
P8	P8M4XP	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0096	357	0.449	415	1.5	4.5	6	1.16	46.8	0	46.9	
P8		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0096	357	0.449	415	1.5	4.5	6	1.16	46.8	0	46.9	
P9	P9M4XP	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0092	322	0.450	382	1.6	4.7	6	1.19	48.9	0	49.0	
P9		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0092	322	0.450	382	1.6	4.7	6	1.19	48.9	0	49.0	
P10	P10M4XP	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0089	297	0.451	358	1.6	4.9	7	1.21	51.0	0	51.1	
P10		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0089	297	0.451	358	1.6	4.9	7	1.21	51.0	0	51.1	
P11	P11M4XP	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0086	255	0.453	316	1.7	5.1	7	1.24	52.5	0	52.6	
P11		M 8#3		X	A	3.2	0.34	0.89	0.0086	255	0.453	316	1.7	5.1	7	1.24	52.5	0	52.6	
P12	P12M4XP	M 8#3		X	B	3.2	0.34	0.11	0.0085	233	0.455	291	1.7	5.1	7	1.25	53.5	0	53.6	

Rótulas plásticas																			
Nomenclatura				Localización					M- Φ				$\Phi_{\text{curv SAP}}$			C		D	
EL	N	Rotula	Refuerzo	Ej	P	L	Lp	Lrel	Φ_y	My	Φ_u	Mu	IO	LS	CP	M	Φ	M	Φ
	P12		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0085	233	0.455	291	1.7	5.1	7	1.25	53.5	0	53.6
	CUB	P13M4XP	M 8#3	X	B	3.2	0.34	0.11	0.0042	199	0.493	260	3.5	10.5	14	1.30	118.7	0	118.8
	CUB		M 8#3	X	A	3.2	0.34	0.89	0.0042	199	0.493	260	3.5	10.5	14	1.30	118.7	0	118.8

Convenciones:

EL = Elemento (V) viga, (COL) columna, o (M) muro	L (m) = Longitud del elemento
N = Nivel de entrepiso	Lp (m) = Longitud de plastificación
S = Refuerzo superior en vigas	Lrel (m) = Longitud relativa para ubicación de rótula
I = Refuerzo inferior en vigas	Φ_y, Φ_u = Curvaturas de fluencia y última (1/m)
() = Refuerzo en segunda fila	My, Mu = Momentos de fluencia y últimos (kN.m)
C, M = Refuerzo de columna o elemento de borde en muro	IO, LS, CP = Criterios de aceptación ASCE17
Ej = Ejes en vigas, (X, Y) dirección para columnas y muros	C = Comienzo de la degradación por resistencia
P = Posición (IZ) izquierda, (DE) derecha, (B) abajo, (A) arriba	D = Pérdida final de resistencia
OH = Dimensión mayor del elemento paralelo al eje X global	
OV = Dimensión mayor del elemento paralelo al eje Y global	

Nota: Las rótulas sobre un elemento tipo viga se localizan de izquierda a derecha según los ejes. Para un elemento tipo columna serán de abajo hacia arriba.

ANÁLISIS CURVAS Y ESPECTROS DE CAPACIDAD

Edificio 12 pisos

1. Resumen análisis no lineal estático:

Parámetros de capacidad								
Dato	Empotrado		K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Mef	0.68	0.67	0.57	0.56	0.57	0.56	0.55	0.55
Γ_n	72.6	72.2	76.0	75.4	75.9	75.4	74.8	74.6
Φ_n (m)	0.021	0.023	0.020	0.021	0.020	0.021	0.019	0.019
δ max (m)	0.90	0.74	0.93	1.07	0.92	1.04	1.12	1.54
Vsb max (kN)	38525	53280	24046	47139	24592	47266	18410	26138
dpi (m)	0.60	0.28	0.62	0.41	0.62	0.39	0.80	0.90
dy (m)	0.21	0.20	0.22	0.30	0.24	0.29	0.33	0.71
dp (m)	0.410	0.182	0.480	0.270	0.470	0.260	0.610	0.600
μ	2.86	1.41	2.84	1.38	2.63	1.35	2.40	1.27
α	0.54	0.70	0.50	0.75	0.50	0.74	0.56	0.92
Δ max (%)	2.01	1.01	2.10	1.25	2.09	1.22	2.38	2.30

2. Variación (%) con respecto a la condición empotrada:

% Var máx.						
Dato	K1		K2		K3	
	X	Y	X	Y	X	Y
dp	17	48	15	43	49	230
Vsb	-38	-12	-36	-11	-52	-51
μ	-1	-2	-8	-4	-16	-10

Convenciones:

- Mef = Masa efectiva del modo fundamental
- Γ_n = Factor de participación modal
- Φ_n = Amplitud modal de techo
- δ max = Desplazamiento inicial estimado de análisis
- Vsb max = Cortante asociado al desplazamiento inicial
- dpi = Desplazamiento último de la estructura
- dy = Desplazamiento de fluencia
- dp = Punto de comportamiento
- μ = Ductilidad por desplazamiento esperada
- α = Rigidez post-elástica
- Δ max = Deriva máxima de análisis
- EM = Condición empotrada

ANÁLISIS DE MASAS - NO LINEAL

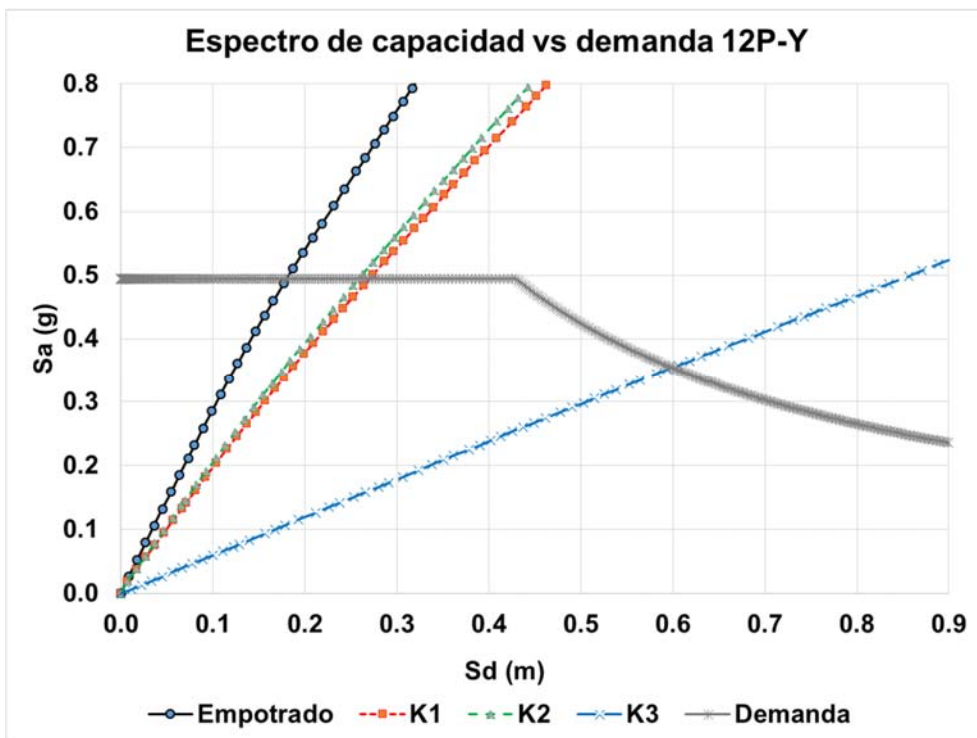
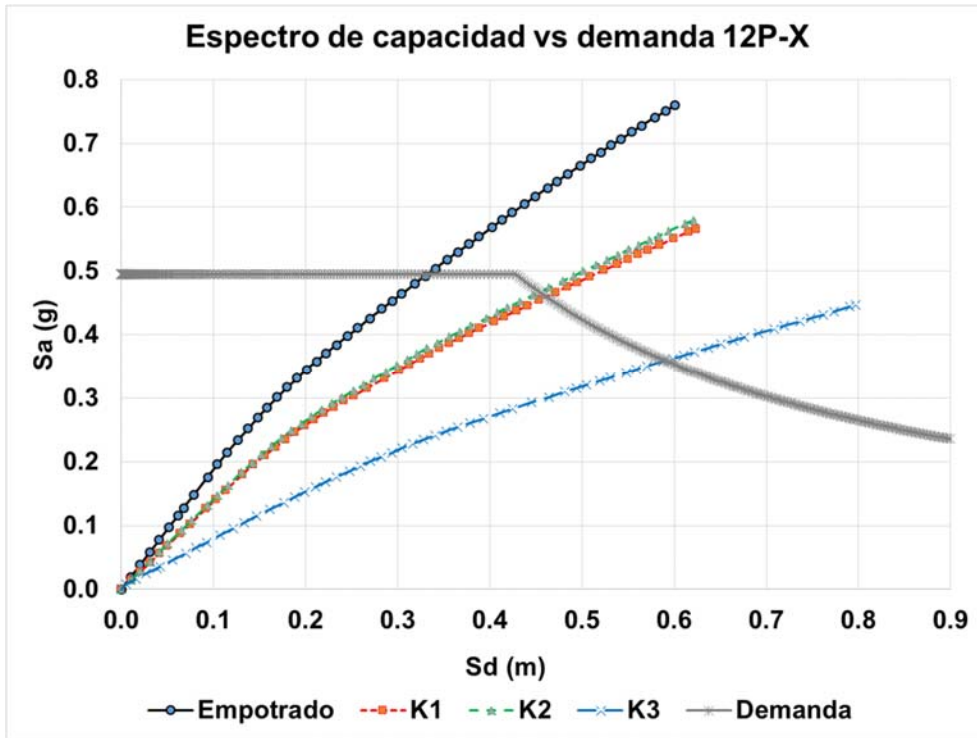
Edificio 12 pisos

1. Masas programa piso 2 al 12 :

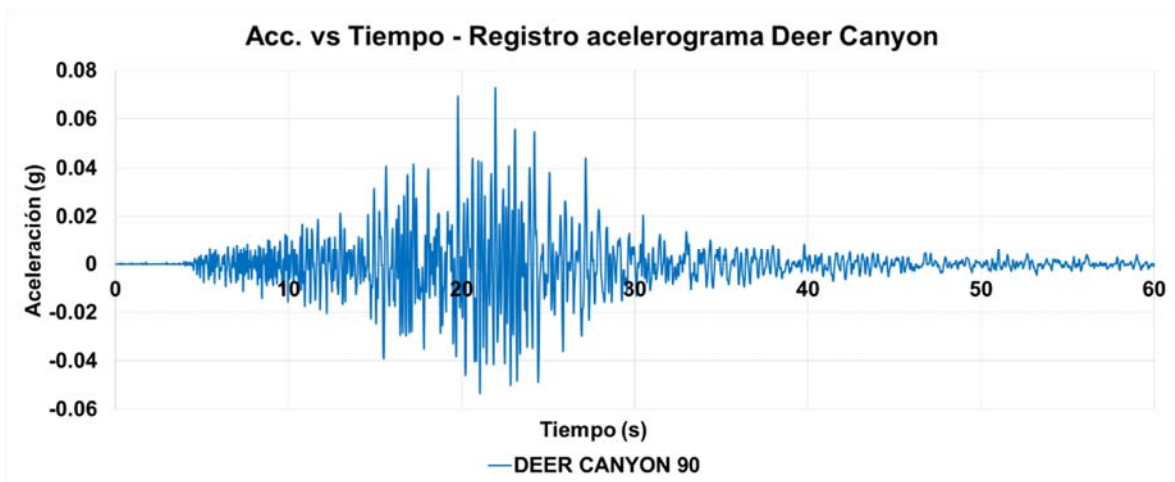
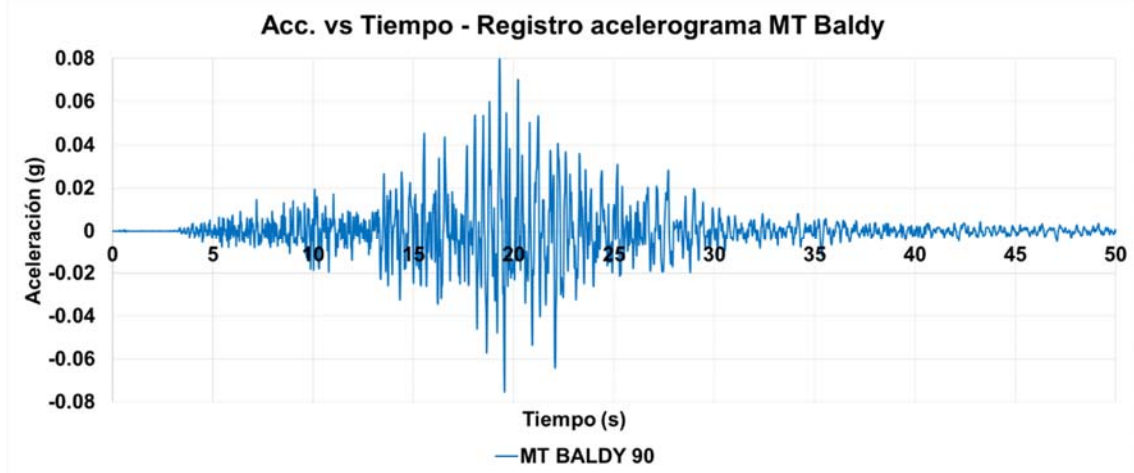
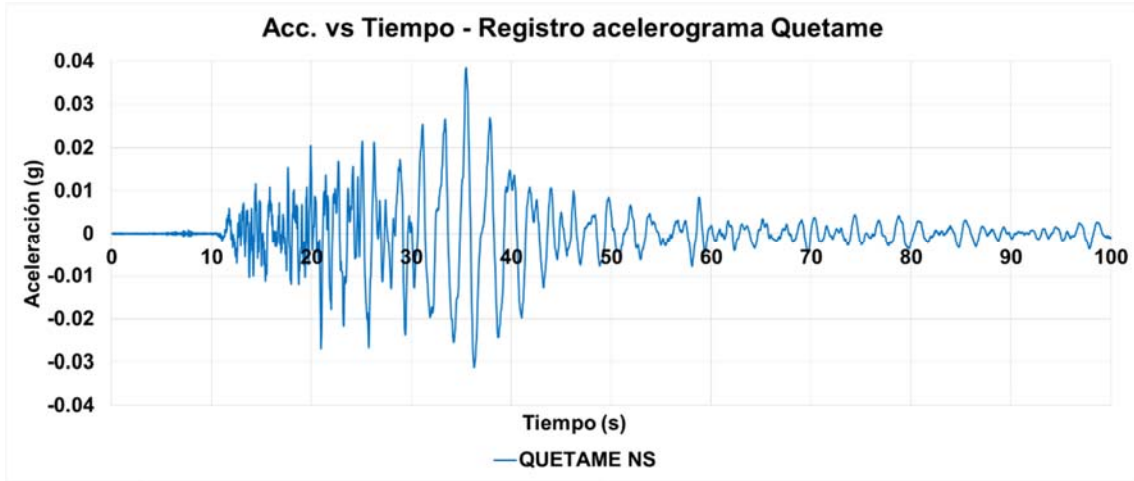
Descripción	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m2)	Cantidad (#)	Longitud (m)	Carga (kN/m2)	Peso (kN)
Peso propio							
Vigas	0.4	0.4	-	4	33	-	507
Vigas	0.3	0.4	-	7	20	-	403
Viguetas	0.1	0.4	-	23	20	-	442
Viguetas	0.1	0.4	-	4	7	-	27
Viguetas	0.1	0.4	-	4	8	-	31
Losa	-	0.05	635	1	-	-	762
Columnas	0.5	1.2	-	24	3.2	-	1106
Muros	0.25	5	-	6	3.2	-	576
Muros	0.25	4	-	2	3.2	-	154
Cargas sobreimpuestas							
Viva (25%)	-	-	635	-	-	2	318
Muerta (100%)	-	-	635	-	-	3.25	2064
						Peso total =	6388 kN
γ conc = 24 kN/m3						Masa total =	651 t

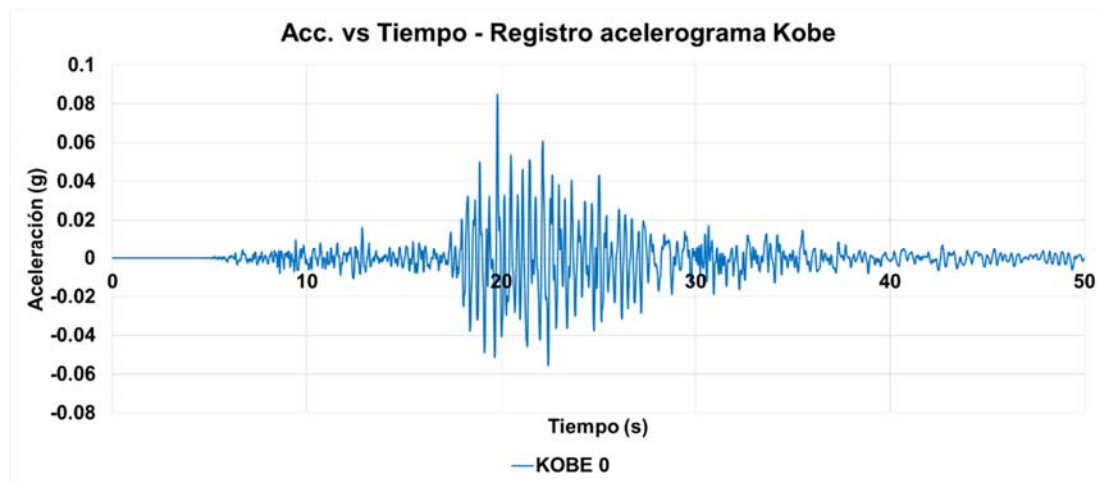
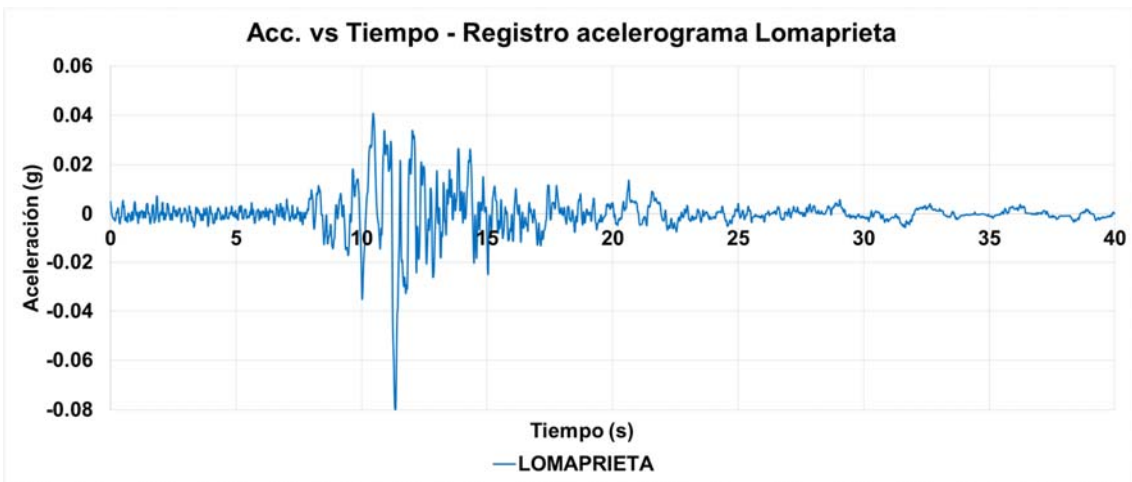
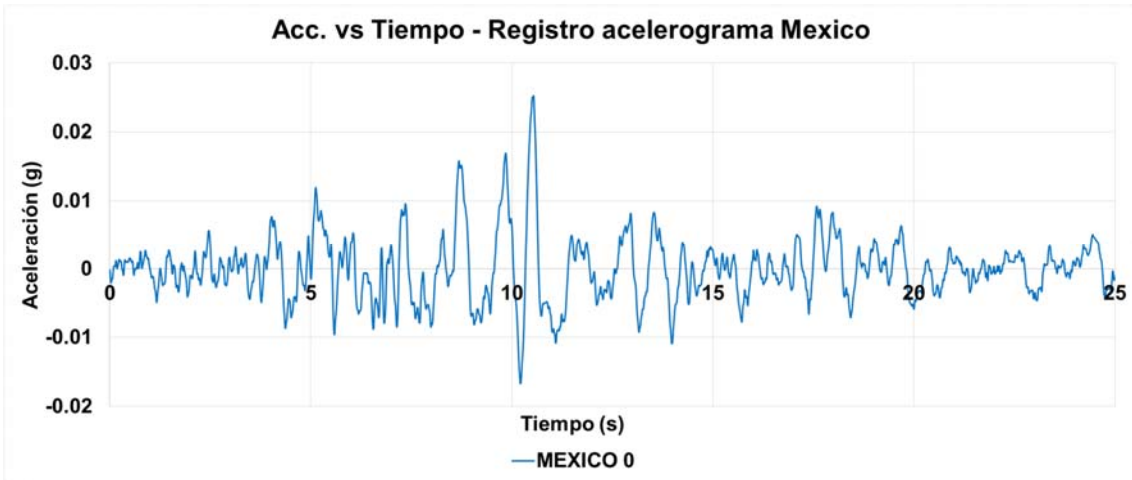
2. Masas programa cubierta:

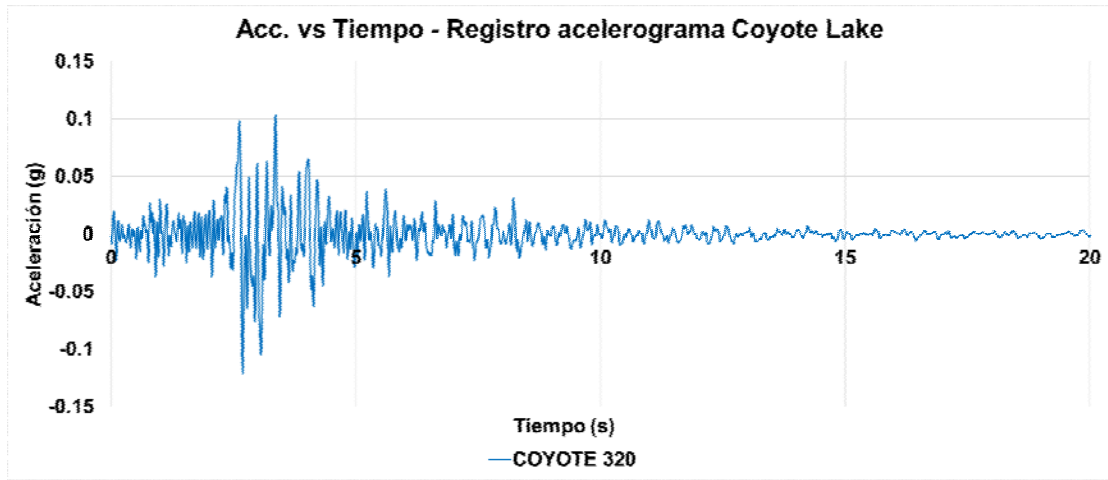
Descripción	Ancho (m)	Altura (m)	Area (m2)	Cantidad (#)	Longitud (m)	Carga (kN/m2)	Peso (kN)
Peso propio							
Vigas	0.4	0.4	-	4	33	-	507
Vigas	0.3	0.4	-	7	20	-	403
Viguetas	0.1	0.4	-	23	20	-	442
Viguetas	0.1	0.4	-	4	7	-	27
Viguetas	0.1	0.4	-	4	8	-	31
Losa	-	0.05	635	1	-	-	762
Columnas	0.5	1.2	-	24	1.6	-	553
Muros	0.25	5	-	6	1.6	-	288
Muros	0.25	4	-	2	1.6	-	77
Cargas sobreimpuestas							
Viva (25%)	-	-	635	-	-	1.8	286
Muerta (100%)	-	-	635	-	-	1.6	1016
						Peso total =	4391 kN
γ conc = 24 kN/m3						Masa total =	448 t



ANEXO 68 Registros de acelerogramas







ANEXO 69 Puntos de comportamiento - principio de los desplazamientos iguales –última iteración del procedimiento

