

# Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	vii
Índice de Tablas	xi
Índice de Ilustraciones	xiv
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción General . . . . .	1
1.2. Hipótesis . . . . .	3
1.3. Objetivos . . . . .	3
1.3.1. Objetivo general: . . . . .	3
1.3.2. Objetivos específicos: . . . . .	3
1.4. Alcance . . . . .	3
<b>2. Revisión de Literatura</b>	<b>5</b>
2.1. Introducción General . . . . .	5
2.2. NCh1537 - Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso . . . . .	5
2.3. NCh3171 - Disposiciones Generales y Combinaciones de Carga . . . . .	6
2.4. AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings . . . . .	6
2.4.1. Diseño a tracción de arriostramientos . . . . .	6
2.4.2. Diseño a compresión de arriostramientos . . . . .	6
2.4.3. Diseño a tracción de columnas . . . . .	7
2.4.4. Diseño a compresión de columnas . . . . .	7
2.4.5. Diseño a flexión de columnas . . . . .	8
2.4.6. Diseño a flexo-compresión de columnas . . . . .	9
2.4.7. Restricción Lateral . . . . .	10
2.5. AISC 341-16 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings . . . . .	10
2.5.1. Diagonales . . . . .	12
2.5.2. Columnas . . . . .	13
2.5.3. Puntales o Vigas . . . . .	14
2.6. NCh 2369 - Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales . . . . .	15
2.6.1. Diagonales . . . . .	15
2.6.2. Columnas . . . . .	16
2.6.3. Puntales y Vigas . . . . .	16
2.7. ASCE 41-13 - Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings . . . . .	18
2.8. FEMA P695: Quantification of Building Seismic Performance Factors . . . . .	19
2.8.1. Diseño de Prototipos . . . . .	20

2.8.2.	Modelos No Lineales . . . . .	20
2.8.3.	Análisis Dinámico No Lineal . . . . .	20
2.8.4.	Sismo Máximo Considerado . . . . .	21
2.8.5.	Escalamiento de Registros Sísmicos . . . . .	23
2.8.6.	Evaluación del Desempeño Sísmico . . . . .	24
2.9.	Estudios Previos . . . . .	24
2.9.1.	Torsional Bracing of Columns . . . . .	24
2.9.2.	Conception Parasismique Des Contreventements Concentriques En Treillis À Segments Multiples Combinés Aux Poteaux Gravitaires . . . . .	25
2.9.3.	Análisis and Design of Two-Tiered Steel Braced Frames under In-Plane Seismic Demand . . . . .	26
2.9.4.	Seismic Stability Response of Columns in Multi-Tiered Braced Steel Frames for Industrial Applications . . . . .	28
2.9.5.	Seismic Design and Performance of Multi-Tiered Steel Braced Frames including the contribution from Gravity Columns under In-Plane Seismic Demand . . . . .	29
2.9.6.	Desempeño Sísmico de Estructuras Industriales de Marcos Multi-Panel Arriostrados Concéntricamente, MTBF. . . . .	33
<b>3.</b>	<b>Descripción del Diseño Estructural</b>	<b>39</b>
3.1.	Descripción del Proyecto Industrial . . . . .	39
3.2.	Descripción Geométrica de los Prototipos . . . . .	40
3.3.	Cargas Solicitantes . . . . .	41
3.4.	Combinaciones de Carga . . . . .	42
3.5.	Materiales . . . . .	42
3.6.	Caracterización Sísmica . . . . .	42
3.7.	Análisis Sísmico de Marcos Multi-Panel . . . . .	43
3.7.1.	Metodología de la Fuerza . . . . .	43
3.7.2.	Análisis de Fluencia y Pandeo Progresivo entre Paneles . . . . .	47
3.7.3.	Análisis Seleccionado y Ejecutado . . . . .	52
3.8.	Diseño Estructural bajo la Metodología NCh 2369 . . . . .	52
3.9.	Diseño Estructural bajo la Metodología AISC 341 . . . . .	53
3.9.1.	Prototipo 1 . . . . .	54
3.9.2.	Prototipo 2 . . . . .	58
3.10.	Resumen de los Diseños . . . . .	61
3.11.	Descripción de los Perfiles Seleccionados . . . . .	62
3.11.1.	Perfiles XL . . . . .	62
3.11.2.	Perfiles HN . . . . .	63
3.11.3.	Perfiles IN . . . . .	64
3.12.	Comparación de los Pesos Estructurales . . . . .	65
3.12.1.	Peso Estructural para el Prototipo 1 . . . . .	65
3.12.2.	Peso Estructural para el Prototipo 2 . . . . .	66
<b>4.</b>	<b>Modelamiento en Opensees</b>	<b>67</b>
4.1.	Introducción General . . . . .	67
4.2.	Esquema del Marco Multi-Panel . . . . .	67
4.3.	Material . . . . .	68

4.4.	Columnas . . . . .	69
4.5.	Diagonales . . . . .	71
4.6.	Puntales . . . . .	72
4.7.	Vigas . . . . .	73
4.8.	Diafragma de Techo . . . . .	73
4.9.	Conexiones . . . . .	73
4.9.1.	Conexión entre Diagonales . . . . .	74
4.9.2.	Conexión Viga/Puntal - Columna - Diagonal . . . . .	75
4.9.3.	Resortes . . . . .	76
4.9.4.	Elementos Elásticos Rígidos . . . . .	77
4.10.	Amortiguamiento del Sistema . . . . .	79
4.11.	Carga Gravitacional . . . . .	80
4.12.	Efecto P-Delta . . . . .	80
4.13.	Limitaciones . . . . .	80
4.14.	Convergencia del Modelo . . . . .	80
4.15.	Parámetros del Análisis Dinámico No Lineal . . . . .	81
4.16.	Modelo del Marco Multi-Panel . . . . .	81
<b>5.</b>	<b>Análisis Dinámico No Lineal</b>	<b>82</b>
5.1.	Selección de Registros Sísmicos . . . . .	82
5.2.	Escalamiento de Registros . . . . .	83
5.2.1.	Escalamiento de los Registros en Roca . . . . .	83
5.2.2.	Escalamiento de los Registros en Suelo . . . . .	84
5.3.	Análisis Dinámico Incremental (IDA) . . . . .	86
5.3.1.	Modelos a Analizar . . . . .	86
5.3.2.	Resultados obtenidos de los análisis dinámicos . . . . .	86
5.4.	Evaluación del Desempeño Sísmico . . . . .	98
5.4.1.	Razón de Margen de Colapso Ajustado (ACMR) . . . . .	98
5.4.2.	Incertidumbre Total del Sistema . . . . .	98
5.4.3.	Valores admisibles de la Razón de Margen de Colapso . . . . .	99
5.4.4.	Criterios de Aceptación . . . . .	99
5.4.5.	Desempeño Individual . . . . .	99
5.4.6.	Desempeño Grupal . . . . .	100
5.5.	Análisis Probabilístico de las Derivas . . . . .	101
5.5.1.	Desempeño por tipo de suelo . . . . .	102
5.5.2.	Desempeño por prototipo . . . . .	104
5.5.3.	Desempeño por metodología de diseño . . . . .	106
5.5.4.	Desempeño por variaciones estructurales . . . . .	108
5.6.	Comparación con el Modelo Validado . . . . .	110
<b>6.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>117</b>
6.1.	Resumen y Conclusiones . . . . .	117
6.1.1.	Conclusiones sobre el desempeño global . . . . .	118
6.1.2.	Conclusiones sobre el desempeño local de los elementos . . . . .	119
6.1.3.	Conclusiones sobre el desempeño de las conexiones . . . . .	119
6.1.4.	Conclusiones sobre la influencia del suelo . . . . .	119
6.1.5.	Conclusiones de los análisis dinámicos incrementales . . . . .	119

6.2. Recomendaciones y futuras líneas de investigación . . . . .	120
<b>Bibliografía</b>	<b>122</b>
<b>Anexos</b>	<b>127</b>
<b>Anexo A. Opensees para Análisis IDA</b>	<b>128</b>
<b>Anexo B. Análisis IDA</b>	<b>130</b>
B.1. Gráficas de los Análisis Dinámicos Incrementales . . . . .	130
B.2. Densidad de Probabilidad Acumulada . . . . .	144
B.2.1. Desempeño por tipo de suelo . . . . .	145
B.2.2. Desempeño por prototipo . . . . .	156
B.2.3. Desempeño por metodología de diseño . . . . .	161
B.2.4. Desempeño por variaciones estructurales . . . . .	166