



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE OBRAS CIVILES**

**“Calibración de un índice de vulnerabilidad sísmica para edificios de hormigón armado en un cuadrante de la ciudad de Temuco.”**

**CARLOS FELIPE TORRES JARA**

**2019**





**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE OBRAS CIVILES**

**“Calibración de un índice de vulnerabilidad sísmica para edificios de hormigón armado en un cuadrante de la ciudad de Temuco.”**

**INFORME DE ACTIVIDAD DE TITULACIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**PROFESOR GUÍA : MSc. CAMILA ANDREA PARODI FIGUEROA**

**CARLOS FELIPE TORRES JARA**

**2019**

**Comisión Examinadora**

**CALIBRACIÓN DE UN ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA  
PARA EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO EN UN  
CUADRANTE DE LA CIUDAD DE TEMUCO**

**CARLOS FELIPE TORRES JARA**

**COMISIÓN EXAMINADORA**

**MSc. CAMILA ANDREA PARODI FIGUEROA**

**Profesor Guía**

Mauricio Antonio Hermosilla Sotomayor

Académico Evaluador

Elisa Ivonne Gallardo Arriagada

Académico Evaluador

Calificación Plan de Trabajo :

Calificación Supervisor :

Calificación Informe Escrito :

Calificación Presentación Oral :

**Calificación final** :

*Dedicado a Moisés, Alejandra, Sofía, Reina y Summer, quienes me enseñaron sobre el amor incondicional y lo que es importante en la vida.*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, por darme la inteligencia y fuerza necesaria para llegar hasta este punto en mi vida y porque por su gracia me ha permitido rodearme de buenas personas.

A mi padre, Moisés, quien me dio el ejemplo máximo de lo que es la responsabilidad, el esfuerzo y lo que es correcto en la vida, y a mi madre, Alejandra, con quien siempre conté a la hora de necesitar consejo y que me enseñó sobre la ternura y el cariño. Por todo el sacrificio realizado por ustedes y por nunca haber fallado en demostrar su amor incondicional hacia nosotros, sus hijos: Gracias papá y mamá.

A mi hermana, Sofía, porque a pesar de que somos distintos, sabemos entendernos bien el uno con el otro y porque siempre te adaptaste a mis preferencias en la mayoría de las actividades que realizamos juntos. El esfuerzo que demuestras diariamente en tus estudios fue motivo de inspiración para mí al momento de realizar este trabajo. Siempre estaré allí para ti.

A mis dos mascotas, que han sido motivo de gran alegría en mi vida. A Summer, quien diariamente me hace reír con sus gracias y me sorprende con su velocidad al correr y su amistosa actitud. A Reina, cuyo recuerdo guardo de forma muy especial en mi corazón y que llevo siempre conmigo. Me enseñó el valor de la vida y no hay día que pase sin que la extrañe.

A mis amigos del colegio e infancia, a mis amigos que hice en Concepción, a mis amigos que hice en la universidad y a mis amigos en la iglesia. Gracias por los buenos momentos, por las palabras de consejo, por escucharme, por su apoyo y por su amistad. Sin ella no estaría aquí.

A los profesores Guillermo Jiménez, Mauricio Hermosilla y Elisa Gallardo, quienes me iluminaron cada vez que tuve dudas respecto a materias que no recordaba bien o me confundían, dándose el tiempo de enseñarme de manera paciente y clara.

A mi profesora guía, Camila Parodi, quien supo guiarme y enseñarme con paciencia desde el primer día sobre toda la metodología estudiada, y que además me aconsejó en variadas oportunidades sobre el futuro profesional que me espera. Su ayuda fue esencial. Gracias por eso.

Y finalmente a todos aquellos que de alguna u otra forma han marcado mi vida, permitiéndome la oportunidad de llegar a donde hoy me encuentro.

## RESUMEN

En la presente investigación se ejecuta y calibra la metodología del índice de vulnerabilidad, desarrollada por el G.N.D.T. (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti – Italia) y calibrada por Letelier (2003) y Parodi (2010). Esta metodología es una herramienta útil para determinar la vulnerabilidad sísmica de los edificios de hormigón armado de 4 y más pisos pertenecientes a la muestra seleccionada en Temuco, permitiendo además asociar un grado de daño esperado a cada uno de estos según su índice de vulnerabilidad, en caso de sufrir los efectos de un sismo de intensidad similar a la del terremoto del 27 de febrero del 2010.

Aquellos edificios que poseen una estructuración regular y que tengan una buena cantidad y calidad de líneas resistentes en todas sus plantas presentan un buen índice de vulnerabilidad y tienen asociado un grado de daño relativamente bajo.

En general, de los resultados obtenidos se espera daño ligero o no se espera daño en absoluto en el 72% de la muestra, mientras que en el resto se espera daño moderado. Estos resultados pueden catalogarse como buenos del punto de vista del comportamiento sísmico.

Con el objetivo de complementar el análisis realizado, se estudia la relación entre el índice de vulnerabilidad y el indicador de rigidez perteneciente al perfil Bío-Sísmico: el parámetro H/T, validando los resultados de la metodología mencionada.

Además, se presenta un análisis de cómo el tipo de suelos afecta en la metodología del índice de vulnerabilidad y se estudia el riesgo existente de resonancia por acoplamiento de periodos fundamentales del suelo y edificio, el cual es catalogado como teórico. Para esto, se utilizaron los periodos fundamentales del suelo que resultaron de la tesis de investigación de Pinto y Toledo (2016), los cuales fueron asignados a los suelos de fundación de cada edificio por proximidad.

## Índice de contenidos

Capítulo 1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Objetivos del trabajo .....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
Capítulo 2. Antecedentes generales .....	3
2.1 Conceptos básicos .....	3
2.1.1 Peligro sísmico.....	3
2.1.2 Vulnerabilidad sísmica.....	4
2.1.3 Riesgo sísmico .....	4
2.1.4 Daño sísmico.....	4
2.2 Metodología del Índice de vulnerabilidad sísmica.....	5
2.2.1 Parámetros de la metodología del índice de vulnerabilidad .....	7
2.2.2 Daño registrado y su cuantificación.....	11
2.2.3 Calibración de la función de vulnerabilidad .....	12
2.3 Zona de estudio .....	13
2.3.1 Ubicación y geografía de Temuco .....	13
2.3.2 Fallas geomorfológicas en Temuco .....	13
2.3.3 Edificios escogidos .....	14
Capítulo 3. Modificaciones propuestas .....	17
3.1 Organización del sistema resistente y el periodo .....	17
Capítulo 4. Metodología de trabajo .....	24
4.1 Selección cuadrante de estudio .....	24
4.2 Recolección de información en terreno.....	24
4.3 Recolección de planos.....	25
4.4 Cálculo del índice de vulnerabilidad.....	25
4.5 Calibración de la curva de vulnerabilidad.....	26
4.6 Medición de periodo fundamental del suelo .....	26
Capítulo 5. Resultados y análisis .....	28
5.1 Resultados por parámetro.....	28



5.1.1	Organización del Sistema Resistente .....	30
5.1.2	Calidad de la Construcción .....	31
5.1.3	Resistencia Convencional .....	31
5.1.4	Posición del Edificio .....	32
5.1.5	Presencia de Diafragmas Horizontales .....	32
5.1.6	Configuración en Planta.....	33
5.1.7	Configuración en Elevación.....	33
5.1.8	Tipo de Fundación .....	34
5.1.9	Elementos no estructurales .....	34
5.1.10	Estado de Conservación.....	35
5.2	Resultados del Índice de vulnerabilidad.....	35
5.3	Resultado de la calibración de la función de vulnerabilidad.....	37
5.3.1	Resultado de clasificación y cuantificación del daño global .....	37
5.3.2	Función de vulnerabilidad final .....	41
5.3.3	Límites para estimar el daño asociado al índice de vulnerabilidad .....	43
5.3.4	Ubicación de edificios y sus índices de vulnerabilidad .....	46
5.4	Análisis de resultados.....	46
5.4.1	Influencia del año de construcción .....	48
5.4.2	Influencia del número de pisos .....	49
5.4.3	Comparación del índice de vulnerabilidad y el parámetro H/T .....	51
5.4.4	Análisis del periodo fundamental del suelo .....	59
Capítulo 6. Conclusiones .....		69
Bibliografía .....		72
Anexo A. Figuras y Tablas .....		75
Anexo B. Fichas de cálculo de edificios.....		81

## Índice de tablas

<b>Tabla 2.1.</b> Factores de vulnerabilidad y puntaje según G.N.D.T. (Parodi, 2010).....	6
<b>Tabla 2.2.</b> Sub parámetros del parámetro Organización del Sistema Resistente (Letelier, 2003).	7
<b>Tabla 2.3.</b> Muestra de edificios estudiados.....	15
<b>Tabla 5.1.</b> Clasificación de los parámetros en el cálculo del índice de vulnerabilidad. ....	28
<b>Tabla 5.2.</b> Valores finales del índice de vulnerabilidad de cada edificio.....	36
<b>Tabla 5.3.</b> Caracterización de la clasificación de daño (Souza, 2017).....	37
<b>Tabla 5.4.</b> Valor asociado a cada clasificación de daño.....	38
<b>Tabla 5.5.</b> Criterio de caracterización para catalogar el tipo de daño global.....	39
<b>Tabla 5.6.</b> Escala de valores para el daño global y su clasificación, según criterio de Tabla 5.5 (Fuente propia).....	39
<b>Tabla 5.7.</b> Límites para la clasificación del daño global.....	40
<b>Tabla 5.8.</b> Resumen de reporte de daños luego del terremoto del 2010. ....	40
<b>Tabla 5.9.</b> Resumen de índices de vulnerabilidad y grado de daño global real de cada edificio construidos antes de 2010. ....	41
<b>Tabla 5.10.</b> Resumen de grado de daño asociado al índice de vulnerabilidad.....	44
<b>Tabla 5.11.</b> Valores de los índices de vulnerabilidad y del grado de daño esperado para los edificios.....	45
<b>Tabla 5.12.</b> Indicador de rigidez para distintos valores de H/T (Guendelman <i>et al.</i> , 1997).....	53
<b>Tabla 5.13.</b> Valores de H/T obtenidos para cada edificio de la muestra estudiada. ....	53
<b>Tabla 5.14.</b> Resumen de grado de daño asociado al parámetro H/T.....	56
<b>Tabla 5.15.</b> Valores de los índices de vulnerabilidad y del parámetro H/T, junto con el grado de daño esperado para los edificios según cada uno de dichos valores.....	57
<b>Tabla 5.16.</b> Valores del periodo fundamental del suelo en cada punto de medición escogido....	60
<b>Tabla 5.17.</b> Comparación entre clasificación de suelos según normativa Japonesa y Chilena....	61
<b>Tabla 5.18.</b> Clasificación del tipo de suelo de los puntos de medición según el periodo fundamental.....	61
<b>Tabla 5.19.</b> Clasificación de los tipos de suelos en los cuales se emplazan los edificios de la muestra.....	62
<b>Tabla 5.20.</b> Edificios cuya nueva clasificación de suelos es más desfavorable.....	63
<b>Tabla 5.21.</b> Cambios generados en la metodología del índice de vulnerabilidad a causa de un cambio en la clasificación del tipo de suelos.....	63
<b>Tabla 5.22.</b> Comparación entre los periodos fundamentales de los edificios y sus suelos de fundación.....	66
<b>Tabla 5.23.</b> Edificios que cumplen los dos criterios mencionados.....	67
<b>Tabla A.1.</b> Valores de frecuencias y periodos naturales obtenidos por Pinto y Toledo. ....	78

## Índice de figuras

<b>Figura 2.1.</b> Zona de estudio en Temuco.....	14
<b>Figura 2.2.</b> Emplazamiento de la muestra de edificios.....	15
<b>Figura 3.1.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo I.....	18
<b>Figura 3.2.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo II.....	19
<b>Figura 3.3.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo III.....	19
<b>Figura 3.4.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo IV.....	19
<b>Figura 3.5.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo A.....	21
<b>Figura 3.6.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo B.....	22
<b>Figura 3.7.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo C.....	22
<b>Figura 3.8.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo D.....	23
<b>Figura 3.9.</b> Límites para clasificación del periodo en suelos tipo E.....	23
<b>Figura 4.1.</b> Puntos de medición escogidos.....	27
<b>Figura 5.1.</b> Resultados del parámetro Organización del Sistema Resistente.....	30
<b>Figura 5.2.</b> Resultados del parámetro Calidad de la Construcción.....	31
<b>Figura 5.3.</b> Resultados del parámetro Resistencia Convencional.....	31
<b>Figura 5.4.</b> Resultados del parámetro Posición del Edificio.....	32
<b>Figura 5.5.</b> Resultados del parámetro Presencia de Diafragmas Horizontales.....	32
<b>Figura 5.6.</b> Resultados del parámetro Configuración en Planta.....	33
<b>Figura 5.7.</b> Resultados del parámetro Configuración en Elevación.....	33
<b>Figura 5.8.</b> Resultados del parámetro Tipo de Fundación.....	34
<b>Figura 5.9.</b> Resultados del parámetro Elementos no Estructurales.....	34
<b>Figura 5.10.</b> Resultados del parámetro Estado de Conservación.....	35
<b>Figura 5.11.</b> Gráfico de daño vs índice de vulnerabilidad.....	42
<b>Figura 5.12.</b> Función de vulnerabilidad para los edificios estudiados de Temuco a partir de un sismo de intensidad similar a la del terremoto del 2010.....	43
<b>Figura 5.13.</b> Proyección sobre el eje x de la intersección de los límites de daño con la curva de intensidad.....	44
<b>Figura 5.14.</b> Emplazamiento de los edificios de la muestra, clasificados por color según el nivel de daño esperado.....	46
<b>Figura 5.15.</b> Porcentaje de edificios según nivel de daño esperado para Temuco.....	47
<b>Figura 5.16.</b> Histograma resumen de la cantidad de edificios y sus años de construcción respectivos.....	48
<b>Figura 5.17.</b> Gráfico de índice de vulnerabilidad vs año de construcción.....	49
<b>Figura 5.18.</b> Histograma resumen de la cantidad de edificios y sus números de pisos respectivos.....	50
<b>Figura 5.19.</b> Gráfico de índice de vulnerabilidad vs número de pisos.....	51
<b>Figura 5.20.</b> Dependencia de Altura-Periodo de los edificios chilenos (Guendelman <i>et al.</i> , 1997).....	52
<b>Figura 5.21.</b> Clasificación de la muestra de edificios según el indicador de rigidez.....	55

<b>Figura 5.22.</b> Gráfico de daño vs el parámetro H/T .....	55
<b>Figura 5.23.</b> Curva de intensidad que asocia el grado de daño esperado al parámetro H/T. ....	56
<b>Figura 5.24.</b> Gráfico de índice de vulnerabilidad vs el parámetro H/T. ....	58
<b>Figura 5.25.</b> Emplazamiento de los edificios de la muestra y de los puntos de medición del periodo fundamental del suelo. ....	60
<b>Figura 5.26.</b> Zonificación realizada para la asignación de periodos fundamentales a los suelos próximos a cada punto de medición.....	62
<b>Figura A.1.</b> Función de vulnerabilidad calibrada por Letelier (2003), definida en la Ecuación A.1.....	75
<b>Figura A.2.</b> Función de vulnerabilidad calibrada por Cáceres (2005), definida en la Ecuación A.2.....	75
<b>Figura A.3.</b> Ciudad de Temuco (Fuente: Google Earth).....	76
<b>Figura A.4.</b> Ubicación de Temuco en la Región de La Araucanía (Fuente: Google Earth). ....	76
<b>Figura A.5.</b> Ubicación de la falla de Lanalhue en Temuco. ....	77
<b>Figura A.6.</b> Ubicación de la falla de Lanalhue en Temuco (Fuente: Google Earth). ....	77
<b>Figura A.7.</b> Distancia del edificio más cercano (N° 25) a la falla de Lanalhue. ....	78

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## Capítulo 1. Introducción

### 1.1 Descripción del problema

Chile está posicionado sobre la placa tectónica Sudamericana, en el extremo occidental de esta donde converge con la placa de Nazca y con la placa de la Antártica (por el sur), generando el fenómeno de subducción, mientras que la placa de Scotia se desliza horizontalmente respecto a la placa Sudamericana, generando un borde de placas Transformante (Centro Sismológico Nacional (CSN), 2013). Estas interacciones generan gran deformación y estrés al continente Sudamericano, debido a la acumulación de esfuerzos específicamente entre las placas de Nazca y Sudamericana, lo que resulta en terremotos en todo Chile. Puesto que la velocidad de convergencia entre las dos últimas placas mencionadas es muy alta, la sismicidad en Chile es de las más intensas en todo el mundo, y son causales de los terremotos más grandes que jamás se hayan registrado en la historia.

Al considerar el daño generado por estos diversos terremotos en Chile, como en el terremoto de Valdivia en 1960, el terremoto de Algarrobo en 1985 y el terremoto del 27 de febrero el 2010, surge la necesidad de contar con alguna metodología simplificada que permita establecer un pronóstico del comportamiento sísmico de estructuras existentes. Es aquí donde se reconoce la importancia de la metodología del índice de vulnerabilidad sísmica desarrollado por el G.N.D.T. (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Italia), pues mediante las calibraciones adecuadas, se pueden obtener funciones de vulnerabilidad que relacionen el daño esperado de un edificio con la vulnerabilidad sísmica propia de este, logrando una estimación bastante acertada de los posibles daños que pueda sufrir esta estructura frente a un sismo de determinada intensidad. De este modo se podrá reconocer aquellas edificaciones que requieran un análisis más riguroso y así evitar daños no considerados previamente (Gent *et al.*, 2005).

## 1.2 Objetivos del trabajo

### 1.2.1 Objetivo general

Aplicar la metodología del índice de vulnerabilidad sísmica para los edificios de cuatro o más niveles de la zona de estudio de Temuco, estableciendo una curva de intensidad para Temuco que asocie un grado de daño esperado a un determinado índice de vulnerabilidad en función de un sismo de intensidad similar a la del terremoto del 27 de febrero del 2010.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento de información estructural de los edificios pertenecientes a la muestra escogida.
- Calibrar la metodología adaptada por Parodi (2010) y Letelier (2003), modificando el sub parámetro “Periodo”, perteneciente al parámetro “Organización del Sistema Resistente”.
- Calcular el índice de vulnerabilidad sísmica para cada uno de los edificios de la muestra, para luego compararlo con el grado de daño real registrado después del terremoto.
- Calibrar una curva de intensidad para la ciudad de Temuco a partir de los daños observados durante el terremoto del 27 de febrero del 2010.
- Analizar los resultados obtenidos mediante la comparación con el parámetro H/T y los periodos fundamentales del suelo de la zona de estudio.

**CAPÍTULO 2**  
**ANTECEDENTES GENERALES**



## Capítulo 2. Antecedentes generales

### 2.1 Conceptos básicos

Para lograr un mejor entendimiento de la metodología del Índice de vulnerabilidad sísmica, es necesario manejar los siguientes conceptos: Peligro sísmico, vulnerabilidad sísmica, riesgo sísmico y daño sísmico, los cuales se describen a continuación.

#### 2.1.1 Peligro sísmico

Se entiende por peligro sísmico como la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de intensidad específica, durante un intervalo de tiempo en un área geográfica específica. Dicho de otra forma, también puede entenderse como la probabilidad de que se produzcan aceleraciones en el suelo debido a causas sísmicas.

Parodi (2010) define el concepto como la probabilidad de excedencia del valor de intensidad promedio del suelo a causa de un sismo, cuyos efectos se pueden describir mediante el uso de parámetros físicos como la velocidad, aceleración, desplazamiento máximo del suelo y la intensidad. Esta se encuentra relacionada con la probabilidad de ocurrencia del terremoto propiamente tal.

Este concepto se encuentra estrictamente ligado al tipo de suelo al cual se le desee asignar un nivel de peligro sísmico.

### **2.1.2 Vulnerabilidad sísmica**

Se entiende por vulnerabilidad sísmica como la magnitud que permite cuantificar el tipo de daño estructural, el modo de fallo y la capacidad resistente de una estructura bajo condiciones probables de sismo. En otras palabras, se trata del nivel de pérdida que sufre una estructura (o un conjunto de ellas) que se encuentran en riesgo sísmico a causa de la potencial ocurrencia de un sismo de intensidad específica (Barbat, 1998).

Este concepto es propio de la estructura y no depende de la peligrosidad sísmica del lugar en que esta se encuentre.

### **2.1.3 Riesgo sísmico**

Se entiende por riesgo sísmico como la medida que relaciona el peligro sísmico con la vulnerabilidad sísmica y con la probabilidad de que se produzcan daños por movimientos sísmicos. Cabe mencionar que influye de manera directa la existencia de habitantes y bienes que puedan ser perjudicados (Mayer-Rosa, 1986).

### **2.1.4 Daño sísmico**

Se entiende por el grado de destrucción o pérdida que pueden sufrir las personas, sus bienes materiales y todos aquellos sistemas de prestación de servicios de origen natural o social, a causa de un evento sísmico (Yepez, 1996).

Con respecto a la estructura de un edificio, el daño sísmico puede ser clasificado como estructural (elementos del sistema resistente de la edificación, como muros, losas, vigas y columnas, entre otros) y no estructural (elementos como tabiquerías, balcones, servicios básicos como electricidad, agua, gas, entre otros).

## 2.2 Metodología del Índice de vulnerabilidad sísmica

El método del índice de vulnerabilidad se comienza a desarrollar en Italia por medio de Benedetti y Petrini en 1984, con motivo de los estudios post-terremotos realizados a partir de 1976. El método fue posteriormente adaptado y descrito por el Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (G.N.D.T.) y desde entonces se utiliza en numerosas ocasiones. Como resultado de ello se obtiene un importante banco de datos sobre daños de edificios para diferentes intensidades de terremotos y las comprobaciones realizadas demuestran buenos resultados en la aplicación del método (Alvayay, 2013).

El método del índice de vulnerabilidad realiza una calificación subjetiva de los edificios apoyándose en cálculos simplificados de estructuras, intentando identificar los parámetros más relevantes que controlan el daño estructural. La calificación de los edificios se realiza mediante un coeficiente denominado índice de vulnerabilidad. Este índice se relaciona directamente con la vulnerabilidad o grado de daño de la estructura mediante funciones de vulnerabilidad. Estas funciones permiten formular el índice de vulnerabilidad para cada grado de intensidad sísmica de terremoto y evaluar de manera rápida y sencilla la vulnerabilidad sísmica de edificios, condiciones que resultan imprescindibles para desarrollar estudios urbanos a gran escala (Yepez *et al.*, 1995).

Las funciones de vulnerabilidad son la relación matemática que expresa de forma continua el daño que sufre una edificación específica al ser sometida a los efectos de un evento sísmico. Estas funciones se deducen a partir de la regresión estadística de la información sobre los daños provocados durante un terremoto. Para efectos de esta investigación, la función de vulnerabilidad relaciona el índice de vulnerabilidad sísmica  $I_v$  con el daño  $D$  de un edificio condicionado sobre la intensidad sísmica (Letelier, 2003).

Las consideraciones a seguir para el uso de estos conceptos son las siguientes:

- El índice de vulnerabilidad sísmica  $I_v$  está definido dentro de una escala de 0 a 1, donde 0 significa ningún daño en absoluto y 1 significa destrucción total.
- El daño  $D$  está definido dentro de una escala de 0 a 1.
- El índice de vulnerabilidad sísmica  $I_v$  y el daño  $D$  son directamente proporcionales.

La metodología del índice de vulnerabilidad sísmica desarrollada por el G.N.D.T ya ha sido estudiada y aplicada en Chile, con todas las modificaciones pertinentes para que sus resultados sean representativos de este país. Este método fue primeramente modificado por Aranda (2000) con el fin de adaptarlo a Chile. Desde entonces, los factores con los que se trabaja han sido calibrados por diversos investigadores a medida que se ha ido estudiando el Gran Concepción y Viña del Mar. Ejemplos de estos son Alday (2004), Cáceres (2005), Letelier (2003), Gent (2005), Quilodrán (2006) y Parodi (2010). De las últimas calibraciones propuestas a la metodología, Parodi (2010) establece en su investigación el estudio de los siguientes 10 factores mostrados en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Factores de vulnerabilidad y puntaje según G.N.D.T. (Parodi, 2010).

Factor de Vulnerabilidad		Puntaje de Clase			Peso
		A	B	C	
1	Organización del Sistema Resistente	0	1	2	4
2	Calidad de la Construcción	0	1	2	0.75
3	Resistencia Convencional	-1	0	1	1
4	Posición del Edificio	0	1	2	0.75
5	Presencia de Diafragmas Horizontales	0	1	2	0.5
6	Configuración en Planta	0	1	2	1
7	Configuración en Elevación	0	1	2	1.75
8	Tipo de Fundación	0	1	2	0.5
9	Elementos no Estructurales	0	1	2	1
10	Estado de Conservación	0	1	2	1.5

A todos estos factores se les evalúa y asigna un puntaje de clase “A” (buena), “B” (regular) o “C” (mala).

La Ecuación 2.1 sirve para determinar el índice de vulnerabilidad a partir de los 10 factores mencionados y se muestra a continuación:

$$I_v = 2.5 \cdot \sum_1^{10} (\text{Peso del factor} \cdot \text{Puntaje de clase}) + 1 \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Esta ecuación se puede normalizar, resultando así la Ecuación 2.2. Esto con el objetivo de facilitar la comparación de los distintos valores obtenidos para cada edificio. De este modo, se obtendrían los valores anteriormente mencionados, acotados entre 0 y 1.

$$I_v \text{ normalizado} = \frac{2.5 \cdot \sum_1^{10} (\text{Peso del factor} \cdot \text{Puntaje de clase}) + 1}{75} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

### 2.2.1 Parámetros de la metodología del índice de vulnerabilidad

A continuación se plantea una descripción resumida de los parámetros de vulnerabilidad mencionados (Letelier, 2003).

#### 1. Organización del Sistema Resistente (O.S.R.)

Consiste en la evaluación del grado de organización de los muros, marcos o su combinación, independiente del material de construcción. Para esta evaluación, se consideran los 6 sub parámetros que se muestran en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Sub parámetros del parámetro Organización del Sistema Resistente (Letelier, 2003).

Sub parámetro		Puntaje de Clase			Peso
		A	B	C	
1.1	Periodo	0	0.5	1	0.3
1.2	Razón de aspecto	0	0.5	1	0.3
1.3	Cantidad de líneas resistentes	0	0.5	1	0.75
1.4	Calidad de las líneas resistentes	0	0.5	1	1.25
1.5	Distancia entre partes independientes del edificio o con otros colindantes	0	-	1	0.3
1.6	Rigidez torsional y distanciada entre centro de masa y centro de rigidez	0	0.5	1	1

El índice para este factor de vulnerabilidad ( $I_{p1}$ ) se obtiene mediante la siguiente Ecuación 2.3.

$$I_{p1} = \sum_1^6 \frac{\text{Peso del subfactor} \cdot \text{Puntaje de clase}}{4.2} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Cabe mencionar que se divide por 4.2 para normalizar el resultado.

La clase otorgada al factor de vulnerabilidad va a depender del valor de  $I_{p1}$ , como se muestra a continuación:

Clase A	$0 < I_{p1} \leq 0.3$
Clase B	$0.3 < I_{p1} \leq 0.6$
Clase C	$0.6 < I_{p1} \leq 1$

A continuación se describen los sub parámetros mencionados en la Tabla 2.2.

- 1.1 Periodo (P): Comparación entre el periodo aproximado del edificio con el periodo para el cual se produce la aceleración máxima dada por el espectro elástico de diseño sísmico obtenido de la NCh433.of1996 mod. 2009 (INN Chile, 2009). Así, mientras más cercano sea el periodo al punto de aceleración máxima, la clase es más desfavorable.
  - 1.2 Razón de Aspecto (R.A.): Considera la esbeltez del edificio, vale decir la razón entre la altura total y la longitud del lado menor del edificio. Aquellos que sean poco esbeltos se les asigna clase A, y a los más esbeltos clase C.
  - 1.3 Cantidad de Líneas Resistentes (C.L.R.): Considera la cantidad de líneas resistentes que contengan muros en las direcciones ortogonales del edificio. A mayor cantidad de líneas, mejor la clase asignada.
  - 1.4 Calidad de Líneas Resistentes (Cal.L.R.): Definida por la continuidad de cada una de las líneas mencionadas. Las discontinuidades que aparezcan están dadas por los cambios abruptos de rigidez que se presentan en planta y en elevación. Este sub factor relaciona el número de líneas discontinuas con el número de líneas resistentes.
  - 1.5 Distancia entre partes independientes del Edificio o con otros colindantes (D.E): Considera la interacción entre cuerpos del edificio o con otros colindantes a él. Se debe cumplir la distancia mínima establecida en la NCh433.of1996 mod. 2009 (INN Chile, 2009) para ser categorizado como Clase A.
  - 1.6 Rigidez Torsional y distancia entre centro de masa y centro de rigidez (R.T.): Se evalúa la distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez en ambas direcciones ortogonales del edificio, considerando también la rigidez torsional en cada planta de este. La clase asignada estará determinada según el porcentaje que represente la excentricidad de la longitud del lado de la planta y de la presencia de muros perimetrales o cercanos al perímetro en cada planta.
2. Calidad de la Construcción (C.C.)

Determina el nivel de calidad, el cual asocia el grado de control de la calidad de la construcción con la época en que se edificó el edificio. Esto se hace considerando que es difícil medir la calidad del hormigón con inspección visual. Por lo mismo, la clase correspondiente al factor estará dada por el año de la construcción del edificio.

3. Resistencia Convencional (R.C.)

Considera la relación entre la capacidad resistente al corte con la demanda del edificio. Esta capacidad resistente se calcula en cada dirección ortogonal al edificio, y se obtiene sumando la resistencia al corte de los muros en cada una de estas direcciones. Se deben considerar todos los muros de hormigón armado y los muros de albañilería con esbeltez menor a 6.

La fuerza sísmica a la cual está sometido el edificio se obtiene utilizando el método estático de la norma de diseño sísmico de edificios (INN Chile, 2009). La clase otorgada está en función del valor de la relación entre la capacidad resistente y la demanda mencionada.

4. Posición del Edificio (P.E.)

Estimación de la influencia que tienen las condiciones geológicas y topográficas del terreno de fundación en la que está emplazado el edificio. La clase dependerá de la pendiente del terreno y las discontinuidades de tipo geomorfológico que este pueda presentar, en un radio determinado.

5. Presencia de Diafragmas Horizontales (D.H.)

Las losas de hormigón pueden ser rígidas, semi flexibles o flexibles, dependiendo de la forma que estas presenten y la cantidad, distribución y dimensión de las aberturas que tengan, como las aberturas de núcleos de ascensores y escaleras. La clase asignada dependerá de la rigidez, de la relación de área de núcleos correspondientes a escaleras o ascensores y de la fragmentación del sistema de pisos u otros tipos de desnivel.

6. Configuración en Planta (C.P.)

Evaluación de la simetría que poseen las plantas en los edificios, donde la clase A se asigna a aquellos que presenten plantas convexas y regulares (plantas cuadradas). De modo contrario, clase C se asignará a aquellos edificios que presenten plantas no convexas, o alargadas, como lo son aquellas plantas en forma de U, L, T o H, debido a que estas últimas pueden generar

problemas de torsión y concentración de esfuerzos en las esquinas y en los elementos más lejanos a los centros de rigidez y masa.

7. Configuración en Elevación (C.E.)

Se considera la variación entre masa y rigidez, las cuales están relacionadas con los cambios de área y masa que pueden existir entre pisos sucesivos. Así, también debe considerarse la regularidad en altura, teniendo en cuenta la existencia de elementos sobresalientes. La clase estará en función de esta variación entre pares de niveles consecutivos.

8. Tipo de Fundación (T.F.)

Evaluación de si el diseño de la fundación cumple o no los requerimientos mínimos para su desempeño. Se consideran tres aspectos: Excentricidad, tensiones máximas (estáticas y sísmicas) comparadas con las tensiones admisibles del suelo de fundación y la estructuración en base a la rigidez.

9. Elementos no Estructurales (E.N.E.)

Se consideran los elementos que no colaboran a la resistencia del edificio, como balcones, antepechos y muros divisorios como tabiquerías. La clase dependerá de las dimensiones de los balcones y su relación con el diafragma de piso, la relación entre la altura y el ancho de los antepechos y de si los tabiques divisorios están aislados de los elementos estructurales.

Para efectos de cálculo, este parámetro está en función de la Deformación relativa global máxima, la densidad de muros en planta y del parámetro O.S.R.

10. Estado de Conservación (E.C.)

Se consideran los daños que puedan presentar la estructura, el material de construcción utilizado y la edad del edificio. La clase dada está en función de estos parámetros.



### 2.2.2 Daño registrado y su cuantificación

Para completar la metodología del índice de vulnerabilidad, es necesario tener registros del tipo de daño que puedan haber presentado los edificios estudiados luego de ocurrido un sismo. Para el presente estudio, se consideran todos los registros de daños generados por el terremoto del 27 de febrero del 2010 en Temuco. Esto permite agrupar las edificaciones en la clasificación de “sin daño, daño ligero, moderado o severo” para elementos estructurales y no estructurales. Esta clasificación no corresponde a una metodología específica (Riddell *et al.*, 1987).

El registro de daño fue obtenido de las siguientes fuentes:

- Informes de inspección general realizados por la Dirección de Obras de la Municipalidad de Temuco (2010), los cuales incluían información sobre daño estructural, no estructural y si la edificación era considerada habitable o no.
- Informes de ingeniería civil de profesionales particulares, los cuales contenían información detallada sobre el tipo de daño estructural y las reparaciones pertinentes, de ser necesarias.
- Inspección personal visual de quien realizó este estudio, incluyendo encuestas a variados residentes y administradores de las edificaciones estudiadas.

Esta información de daños, tanto estructurales como no estructurales, puede ser clasificada como daños Severos, Moderados, Ligeros y “Sin Daño” para cuando no hay presencia de este. Esta clasificación puede ser cuantificada de modo tal que se puedan usar estos datos para la calibración de la función de vulnerabilidad.

La clasificación y la cuantificación de esta información serán explicadas en mayor detalle en la sección 5.3.1.

### 2.2.3 Calibración de la función de vulnerabilidad

Una función de vulnerabilidad es una relación matemática que expresa de forma continua el daño que puede sufrir un tipo específico de estructura, cuando se somete a una sollicitación sísmica de determinado nivel. Las funciones de vulnerabilidad se deducen por medio de una regresión estadística de los datos de daño observados o generados artificialmente. Una de sus principales variantes la constituyen las funciones de vulnerabilidad que relacionan un índice de vulnerabilidad con un índice de daño, condicionado por un parámetro que describe el movimiento del terreno, como lo puede ser la aceleración máxima de este. Así, mediante una intensidad de sismo dado, se puede asociar a un valor de índice de vulnerabilidad un cierto grado de daño. (Maldonado *et al.*, 2010)

Las funciones de vulnerabilidad pueden ser calculadas o definidas a través de datos observados (Caicedo *et al.*, 1994). Las observadas se basan en información existente de registros de daño debidos a sismos, a diferencia de las calculadas, que dada la falta de esta información, simulan las características de las edificaciones para evaluar el daño. Obtenidos los índices de vulnerabilidad, se observa si existe alguna correlación entre estos valores y el daño presentado.

El objetivo de encontrar aquella función que represente de mejor manera la tendencia que asocie el índice de vulnerabilidad con el daño presentado, y que pueda tener las siguientes características:

- A mayor daño presentado se espera un mayor índice de vulnerabilidad.
- Para edificios con un mismo grado de daño, se esperan índices de vulnerabilidad con diferencias mínimas.

Ejemplos de trabajos anteriormente realizados son las funciones calibradas por Letelier (2003) y Cáceres (2005) que se muestran en las Figuras A.1 y A.2 del Anexo A.

## 2.3 Zona de estudio

Se describe la zona estudiada en que se encuentran los edificios analizados, considerando las principales características que influyen en el índice de vulnerabilidad de dichos edificios.

### 2.3.1 Ubicación y geografía de Temuco

La zona de estudio se encuentra dentro de Temuco, comuna y ciudad del sur de Chile, capital de la provincia de Cautín y de la Región de La Araucanía, en donde viven más de 230 mil personas (INE, 2017). Temuco posee las coordenadas geográficas  $38^{\circ}45'00''S$   $72^{\circ}40'00''O$ , y equidista del océano Pacífico y de la cordillera de los Andes. Dicha ubicación le permite estar en medio de la zona sísmica número 2, según la clasificación de la NCh433.of1996 mod. 2009 (INN Chile, 2009).

El sitio de la ciudad morfológicamente corresponde a terrazas fluviales del río Cautín que se desarrollan en forma encajonada entre el cerro Ñielol y el cerro Conun Huenu. En las Figuras A.3 y A.4 del Anexo A se muestran la ciudad de Temuco y su ubicación en Chile.

### 2.3.2 Fallas geomorfológicas en Temuco

La falla de Lanalhue es un sistema de fallas geológicas que corre de noroeste a sureste. Este sistema de fallas contiene una falla principal y varias secundarias más pequeñas. Comienza cerca del mar, sigue por la planicie litoral hasta dividirse cerca del lago Lanalhue. Luego, la falla pasa por el cerro Lanalhue mientras que la falla secundaria pasa por el lago Lanalhue, de donde fue nombrado este sistema de fallas. La falla continúa por la cordillera de Nahuelbuta de las regiones del Bío-Bío y de la Araucanía. Continúa por los cerros Ñielol-Humpil y Conun Huenu. Después continúa por la depresión intermedia hasta terminar cerca de Villarrica. (Glodn *et al.*, 2008)

Esta falla presenta un peligro sísmico, dado que se encuentra activa (Canales *et al.*, 2014) y atraviesa Temuco tal como se muestra en las Figuras A.5 y A.6 del Anexo A.

### 2.3.3 Edificios escogidos

Para lograr un buen estudio es necesario contar con una muestra considerable de edificios de un mismo sector, de modo tal que el cálculo y calibración del índice de vulnerabilidad sea confiable y representativa de la zona de estudio selecta. Es por esta razón que se incluyen todos los edificios que existen en el sector comprendido entre las calles Recreo, Pedro de Valdivia, Prieto norte, Manuel Rodríguez e Inglaterra, como se muestra en la zona señalada de la Figura 2.1 y que cumplen los siguientes requisitos:

- El edificio debe ser de hormigón armado.
- El edificio debe tener como mínimo 4 pisos.



**Figura 2.1.** Zona de estudio en Temuco.



En este sector se pueden encontrar 32 edificios que cumplen con los requisitos anteriormente mencionados, los cuales se muestran en la Figura 2.2.



**Figura 2.2.** Emplazamiento de la muestra de edificios.

En la Tabla 2.3 se presenta el listado completo de los edificios según el orden en que cuyos índices de vulnerabilidad fueron calculados, junto con la dirección de éstos, su número de pisos respectivos y años en que fueron construidos.

**Tabla 2.3.** Muestra de edificios estudiados.

Número Edificio	Nombre	Dirección	Nº de Pisos	Año Construcción
1	Edificio Málaga	Trizano 230	6	2017
2	Condominio Los Conquistadores. Torre A	Pedro de Valdivia 0400	14	2013
3	Condominio Los Conquistadores. Torre B	Pedro de Valdivia 0400	12	2011
4	Condominio Los Conquistadores. Torre C	Pedro de Valdivia 0390	12	2012
5	Condominio Los Conquistadores. Torre D	Pedro de Valdivia 0390	14	2012

Número Edificio	Nombre	Dirección	N° de Pisos	Año Construcción
6	Condominio Los Conquistadores. Torre E	Pedro de Valdivia 0380	13	2015
7	Condominio Los Conquistadores. Torre F	Pedro de Valdivia 0380	14	2017
8	Los Conquistadores IV. Torre A	Rodríguez 0333	8	2018
9	Los Conquistadores IV. Torre B	Rodríguez 0333	8	2018
10	Comunidad edificio Mistral 1	Gabriela Mistral 0850	14	2006
11	Comunidad edificio Mistral 2	Gabriela Mistral 0850	14	2006
12	Edificio Versalles	Francia 35	12	2003
13	Teruel y Zaragoza (Zaragoza)	Aragón 85	22	2016
14	Teruel y Zaragoza (Teruel)	Aragón 85	17	2016
15	Edificio Aillacara	Inglaterra 0420	9	1995
16	Maringá City Home	Trizano 293	9	2017
17	Edificio Los Ingleses 1	Inglaterra 0775	4	1965
18	Edificio Los Ingleses 2	Inglaterra 0775	4	1965
19	Edificio Los Ingleses 3	Inglaterra 0725	4	1965
20	El Conquistador	Aragón 130	17	1998
21	Comunidad Edificio Europa	Inglaterra 0695	9	1995
22	Los Robles	Hochteter 185	4	1988
23	Condominio Los Robles 3	Hochteter 285-265	4	1982
24	Edificio Inglaterra	Inglaterra 0641	4	2015
25	Edificio Germania	Prieto Norte 227	12	2013
26	Jardín de los Reyes (B)	Aragón 125 B	15	2007
27	Jardín de los Reyes (A)	Aragón 125 A	15	2013
28	Comunidad Condominio Navarra	Hochteter 215-235	4	1989
29	Edificio Nuevo Mundo	Trizano 245	11	1998
30	Comunidad edificio Calatayud	Catalayud 180	11	2006
31	Edificio cede A Universidad Santo Tomás	Pedro de Valdivia 0340	5	2011
32	Edificio Massmann	Callejón Massmann 474	12	2008

Respecto a la falla de Lanalhue mencionada en el capítulo 2.3.2, el edificio más cercano a esta corresponde al edificio 25 (Edificio Germania), el cual se encuentra aproximadamente a 700 metros de la línea de falla principal, tal como se muestra en la Figura A.7 del Anexo A.

**CAPÍTULO 3**  
**MODIFICACIONES PROPUESTAS**

### Capítulo 3. Modificaciones propuestas

En el presente capítulo se indican las modificaciones realizadas a la metodología del índice de vulnerabilidad calibrada por Parodi (2010). La única modificación que se consideró necesaria fue en uno de los parámetros de la metodología, que corresponde a la “Organización del Sistema Resistente” y que se detalla a continuación.

#### 3.1 Organización del sistema resistente y el periodo

Como se mencionó en el Título 2.2.1, este parámetro evalúa el grado de organización de los muros en planta, y se calcula en base a 6 sub parámetros. Uno de estos es el periodo aproximado del edificio, el cual está asociado al primer modo de vibrar de edificios estructurados en base a muros y que se calcula según la Ecuación 2.6 (Letelier, 2003).

$$T = \frac{0.05 \cdot H}{D} \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Donde

- $T$  : Periodo aproximado del edificio en segundos.
- $H$  : Altura del edificio en pies.
- $D$  : Dimensión del edificio en una dirección paralela al sismo, en pies.

Este periodo será clasificado como clase A, B o C en las zonas sísmicas 1, 2 y 3 según el siguiente criterio:

Para suelos tipo I y II según NCh 433 of. 96

- Clase A :  $1.2(s) < T \leq 2(s)$
- Clase B :  $0.4(s) < T \leq 1.2(s)$
- Clase C :  $T \leq 0.4(s)$



Para suelos tipo III según NCh 433 of. 96

Clase A :  $1.4(s) < T \leq 2(s)$

Clase B :  $0.8(s) < T \leq 1.4(s)$

Clase C :  $T \leq 0.8(s)$

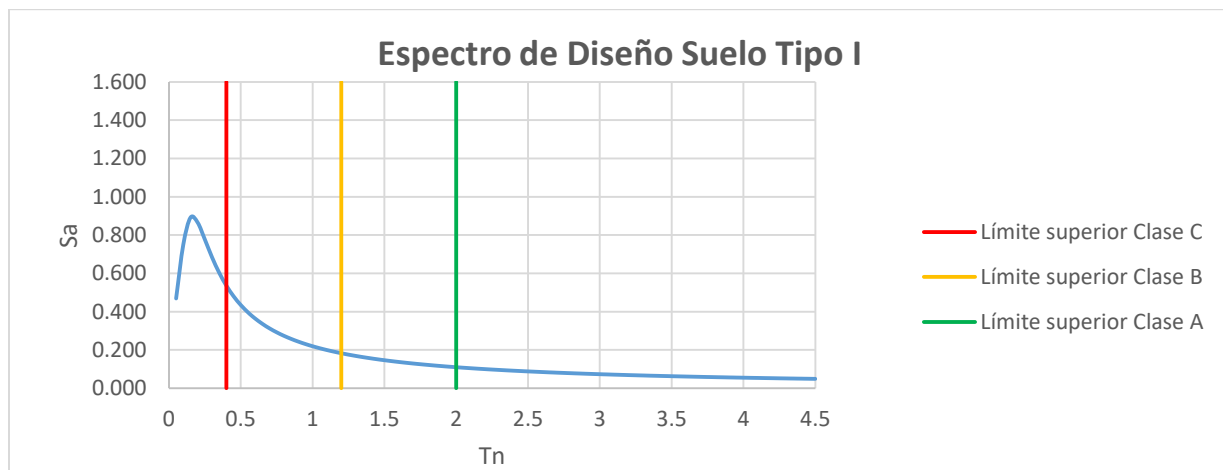
Para suelos tipo IV según NCh 433 of. 96

Clase A :  $1.8(s) < T \leq 2(s)$

Clase B :  $1.3(s) < T \leq 1.8(s)$

Clase C :  $T \leq 1.3(s)$

Los espectros asociados a cada tipo de suelo se pueden observar en las Figuras 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4.



**Figura 3.1.** Límites para clasificación del periodo en suelos tipo I.

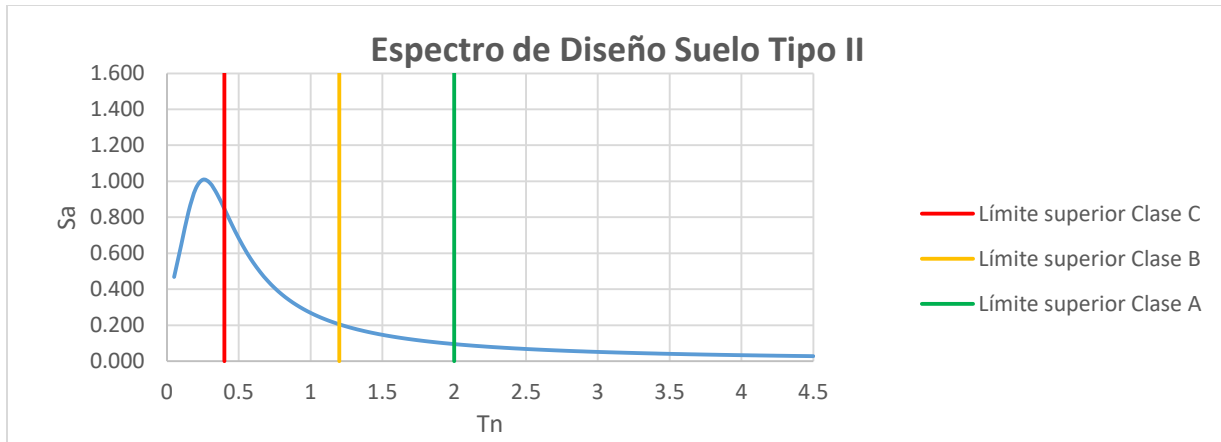


Figura 3.2. Límites para clasificación del periodo en suelos tipo II.

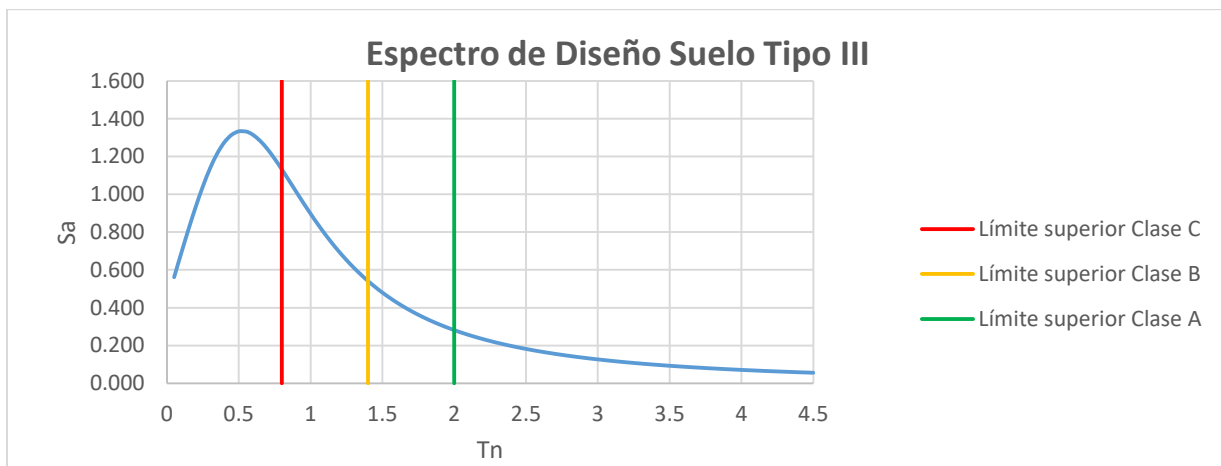


Figura 3.3. Límites para clasificación del periodo en suelos tipo III.

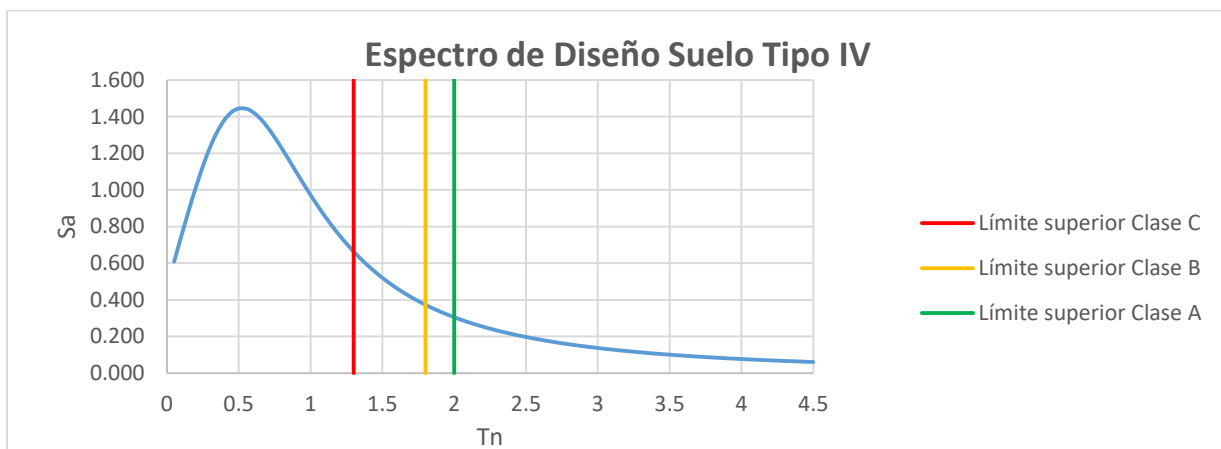


Figura 3.4. Límites para clasificación del periodo en suelos tipo IV.

El único problema con este criterio es que no considera la nueva clasificación para el tipo de suelos incluida en el Decreto Supremo N° 61 (D.S. 61), la que fue realizada después del terremoto del 27 de febrero del 2010. Es por esto que se propone un nuevo criterio para clasificar el periodo aproximado de edificios construidos desde el año 2010 en adelante, considerando los tipos de suelo A, B, C, D y E.

Es necesario mencionar que si se desea realizar futuros estudios para aplicar la metodología del índice de vulnerabilidad sobre edificios que hayan sido construidos antes del año 2010, el criterio propuesto por Letelier (2003) es válido; pues los informes de mecánica de suelos y las memorias de cálculo tendrán clasificados los suelos respectivos como I, II, III y IV.

El nuevo criterio para los periodos aproximados de edificios de hormigón armado, construidos después del 2010 es el siguiente:

Para suelos tipo A según D.S. 61

- Clase A :  $1.2(s) < T \leq 2(s)$
- Clase B :  $0.4(s) < T \leq 1.2(s)$
- Clase C :  $T \leq 0.4(s)$

Para suelos tipo B según D.S. 61

- Clase A :  $1.3(s) < T \leq 2(s)$
- Clase B :  $0.5(s) < T \leq 1.3(s)$
- Clase C :  $T \leq 0.5(s)$

Para suelos tipo C según D.S. 61

- Clase A :  $1.4(s) < T \leq 2(s)$
- Clase B :  $0.8(s) < T \leq 1.4(s)$
- Clase C :  $T \leq 0.8(s)$

Para suelos tipo D según D.S. 61

- Clase A :  $1.6(s) < T \leq 2(s)$
- Clase B :  $1.3(s) < T \leq 1.6(s)$
- Clase C :  $T \leq 1.3(s)$

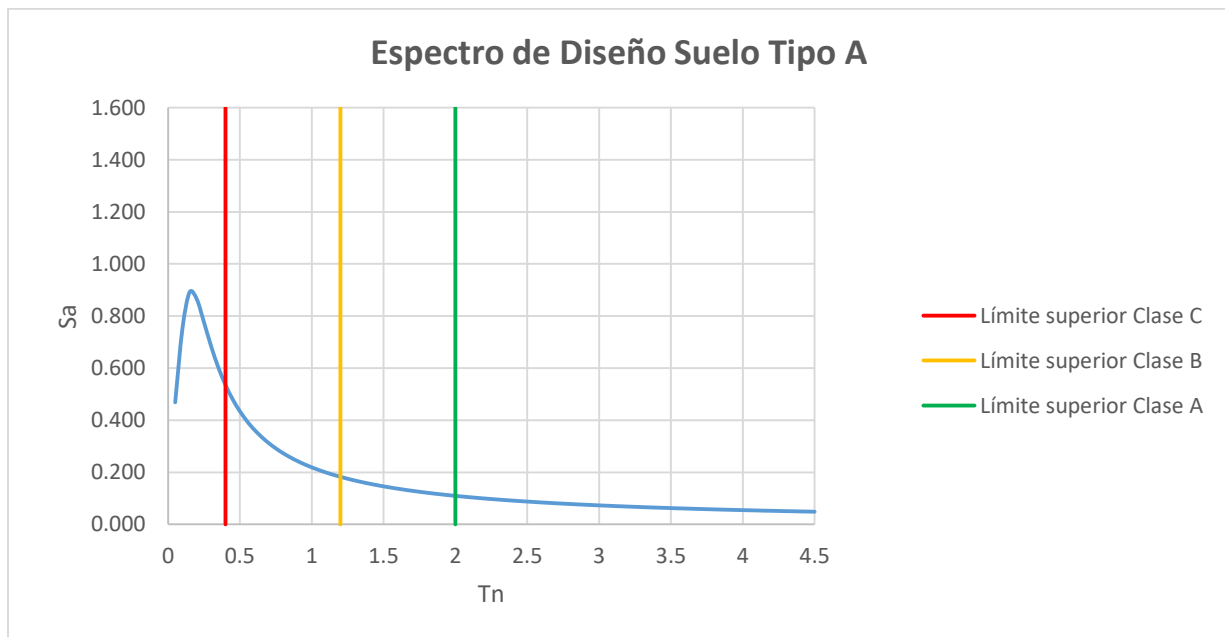
Para suelos tipo E según D.S. 61

Clase A :  $1.8(s) < T \leq 2(s)$   
 Clase B :  $1.5(s) < T \leq 1.8(s)$   
 Clase C :  $T \leq 1.5(s)$

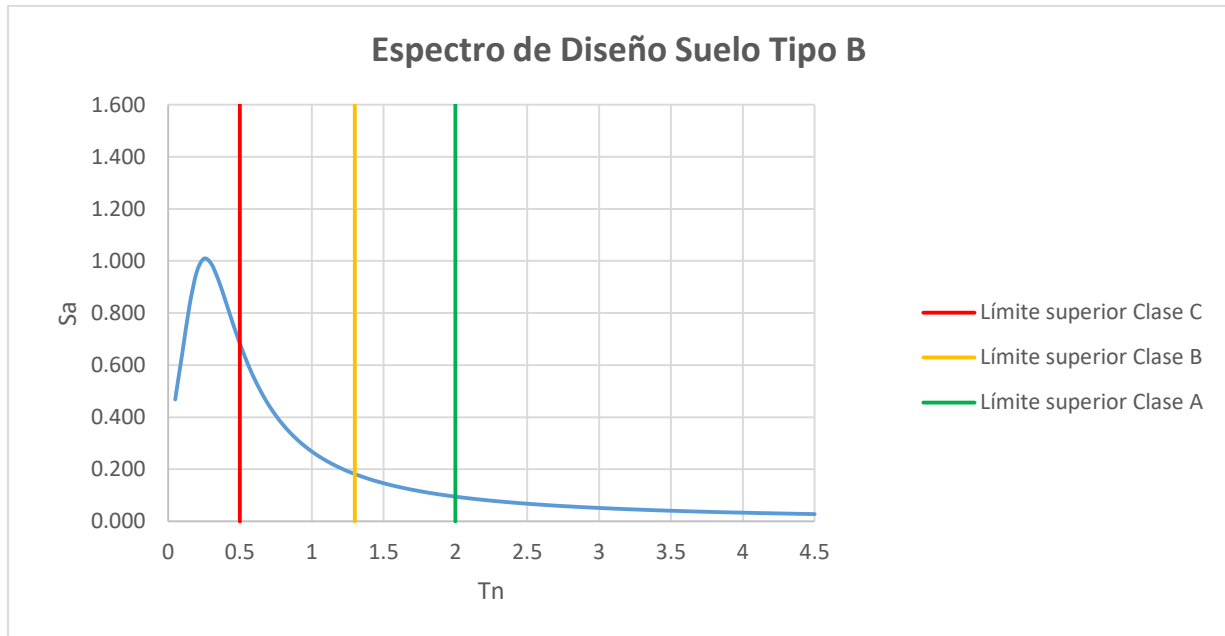
Para establecer dichos límites de clasificación se siguieron los siguientes criterios:

- Los nuevos límites deben ser tales que la nueva clasificación sea igual o más severa que la anterior en su tipo de suelo equivalente.
- Los nuevos límites que separan la clase C de B deben ser tales que la pseudo aceleración esté lo más cercana a 0.6 en todos los tipos de suelos, con excepción del suelo tipo E.
- Los nuevos límites que separan la clase B de A deben ser tales que la pseudo aceleración esté entre 0.2 y 0.4 en todos los tipos de suelos, con excepción del suelo tipo E.

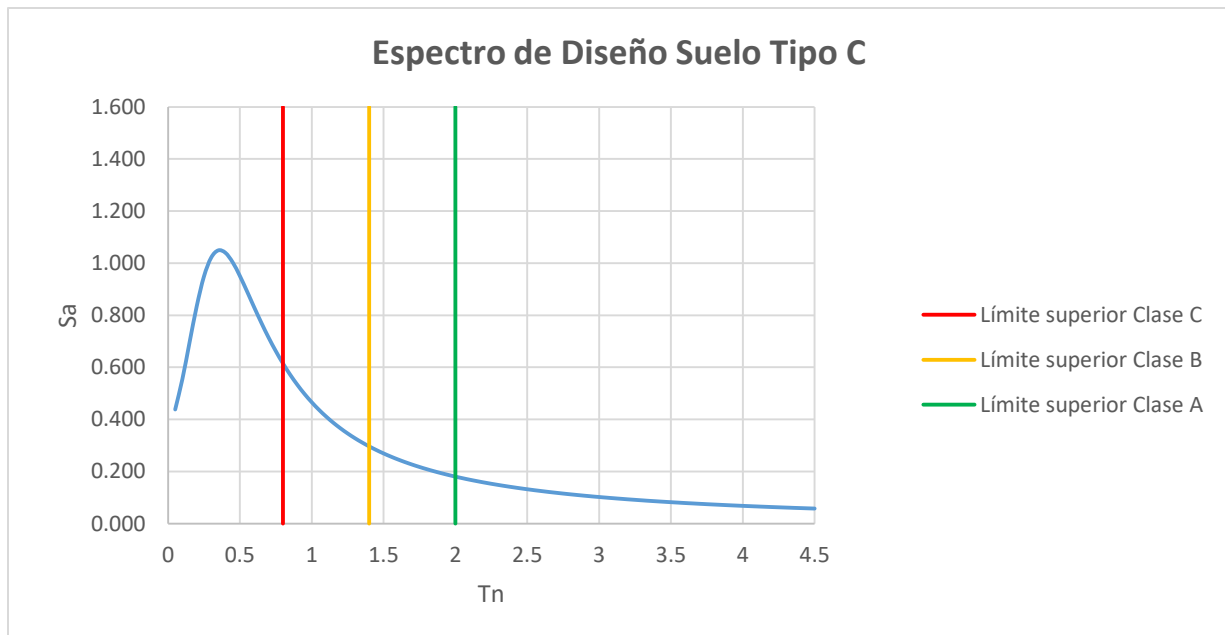
Los espectros asociados a cada tipo de suelo se pueden observar en las Figuras 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9.



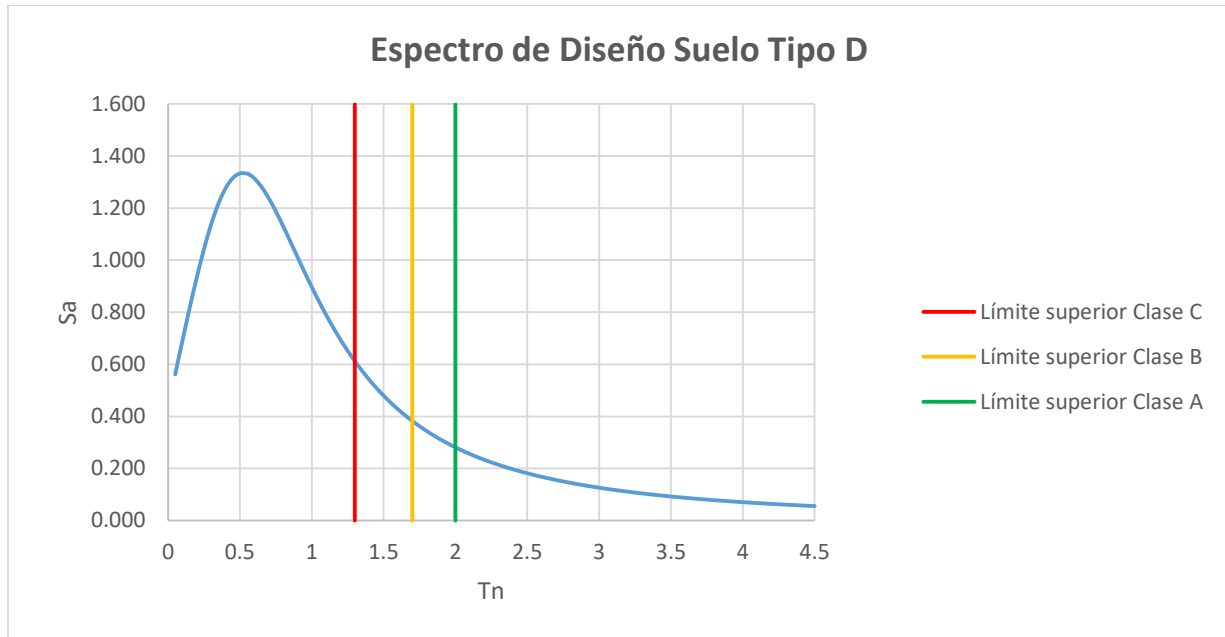
**Figura 3.5.** Límites para clasificación del periodo en suelos tipo A.



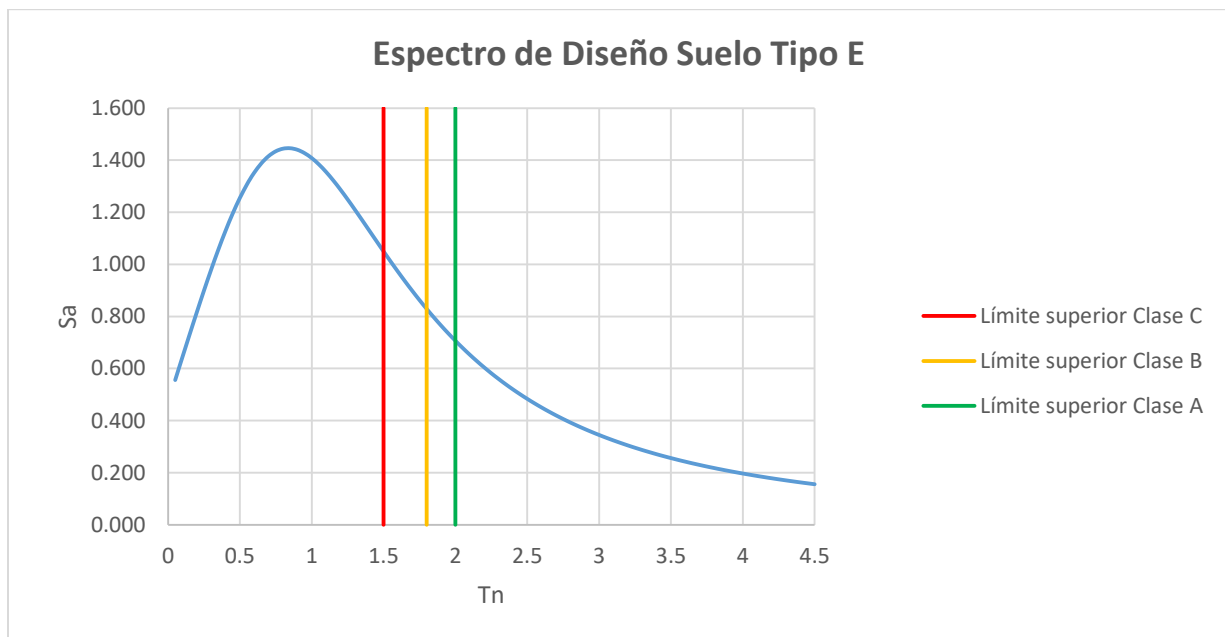
**Figura 3.6.** Límites para clasificación del periodo en suelos tipo B.



**Figura 3.7.** Límites para clasificación del periodo en suelos tipo C.



**Figura 3.8.** Límites para clasificación del periodo en suelos tipo D.



**Figura 3.9.** Límites para clasificación del periodo en suelos tipo E.

# **CAPÍTULO 4**

## **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

## Capítulo 4. Metodología de trabajo

El procedimiento a seguir para la realización exitosa de la presente investigación se puede resumir en las seis etapas que se describen a continuación.

### 4.1 Selección cuadrante de estudio

Para definir el cuadrante estudiado, se buscaron aquellas zonas en Temuco que tuvieran la mayor cantidad de edificios de hormigón armado de 4 y más pisos; que tuvieran puntos de medición del periodo fundamental del suelo según el estudio realizado por Pinto y Toledo (2016) y que no intersectara con el área de estudio para la misma metodología de otros estudiantes.

### 4.2 Recolección de información en terreno

Una vez decidida la zona de estudio, se procedió a identificar los edificios en terreno, con el fin de recolectar información útil a la vista, como por ejemplo si el sistema resistente consistía en muros o marcos, si se apreciaban daños de tipo estructural o arquitectónico, nombre del edificio, dirección, entre otros. Todos los edificios fueron visitados, y se recolectó información adicional mediante conversaciones con sus conserjes, residentes y administradores respectivos.

Luego de registrar la información básica, se procedió a averiguar los Números de Rol de cada edificio, mediante la consulta en el Servicio de Impuestos Internos (SII) y en la Municipalidad de Temuco (2019), en los planos interactivos que se encuentran en su página web. Estos Números de Rol permiten a los funcionarios de la Municipalidad identificar en su archivo virtual el Número de Carpeta asociado a dicho Rol, la cual contiene los planos del edificio en cuestión.



### 4.3 Recolección de planos

Con el nombre del edificio y el Número de Carpeta, se solicitó permiso a la Municipalidad para acceder a su sótano, donde contienen todas las carpetas de todo tipo de edificaciones en Temuco de manera organizada y archivada. Así, se procedió a buscar las carpetas asociadas a los edificios investigados, para retirar los memorias de cálculo, informes de mecánica de suelos y los planos necesarios (Estructurales, de arquitectura, fundaciones y elevaciones) para fotografiarlos.

Del mismo modo, se visitó el archivo virtual de la Municipalidad de Temuco (2019) de carpetas escaneadas de aquellos edificios que tengan más de 25 años desde que fueron construidos.

De la totalidad de los edificios, se consiguieron los planos de 30 de estos por medio de la Municipalidad de Temuco (2019). Los planos de los edificios Germania y Versalles fueron aportados por los ingenieros civiles Guillermo Jiménez (2013) y Roberto Stocker (2003), respectivamente.

### 4.4 Cálculo del índice de vulnerabilidad

Este cálculo se realiza estudiando cada parámetro mencionado en la sección 2.2.1, mediante la observación de los planos obtenidos y el uso de la información requerida por cada uno de estos parámetros. Para esto, se utilizaron planillas de Excel que contienen los algoritmos necesarios para clasificar cada parámetro como clase A, B o C.

No existe un orden imperativo para estos cálculos, pero si hay ciertos factores que dependen de otros, como es el caso del parámetro “Elementos no Estructurales”, que depende de la densidad de muros en planta, el parámetro “Organización del Sistema Resistente” y la deformación relativa global.

Para el cálculo del centro de masa y el área en planta (necesarios para la organización del sistema resistente) se utilizó el software AutoCAD, puesto que con sus funciones (PROPFIS Y

REGION), se puede obtener rápidamente estos resultados. Para ello, se dibujaron los perímetros de cada piso de cada edificio con el fin de obtener tales datos.

La información para los cálculos se obtuvo mediante la observación y estudio de cada fotografía de los planos. Se recolectó información como cantidad de muros por planta, sus dimensiones y ubicaciones respecto a sus ejes principales. Se identificaron todos aquellos muros que tienen continuidad desde el primer piso hasta el último. Se dimensionaron las fundaciones y se estudiaron los tipos de planta para ver el nivel de rigidez, entre otras cosas menores, como lo son la geometría exterior del edificio (altura, largo, ancho).

#### **4.5 Calibración de la curva de vulnerabilidad**

Para la calibración de la función de vulnerabilidad, se calcularon líneas de tendencia que representaran de la mejor forma la distribución de pares de puntos de índice de vulnerabilidad y grado de daño. Se escogió aquella que tuviera el mayor coeficiente de determinación posible, y que obedeciera a los criterios empleados por Letelier (2003) y Parodi (2010), los cuales se resumieron en la sección 2.2.3.

#### **4.6 Medición de periodo fundamental del suelo**

Con el fin de complementar el estudio realizado, se procedió a usar información respecto a los periodos fundamentales del suelo en que los edificios estuvieran emplazados. Para esto, se estudió el trabajo realizado por Pinto y Toledo (2016), el cual contiene una lista completa de frecuencias naturales del suelo de variados puntos medidos en Temuco, la cual se muestra en la Tabla A.1 del Anexo A. De todos estos puntos, se escogieron los puntos 21, 22, 25, 26 y 27 debido a su cercanía con la muestra de los edificios, como se observa en la Figura 4.1.



**Figura 4.1.** Puntos de medición escogidos.

# **CAPÍTULO 5**

## **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

## Capítulo 5. Resultados y análisis

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos con la metodología del índice de vulnerabilidad sísmica, junto con el grado de daño esperado para cada índice y otros análisis.

### 5.1 Resultados por parámetro

Para el cálculo del índice de vulnerabilidad se obtuvieron distintas clasificaciones de clases en cada uno de los parámetros mencionados en el capítulo 2.2, las cuales varían entre clase A, B y C, donde A es la mejor clasificación, B es intermedia y C es la más desfavorable. Los resultados de cada parámetro de cada edificio estudiado se muestran a continuación en la Tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Clasificación de los parámetros en el cálculo del índice de vulnerabilidad.

Número Edificio	O.S.R.	C.C.	R.C.	P.E.	D.H.	C.P.	C.E.	T.F.	E.N.E.	E.C.
1	C	A	A	A	C	C	C	A	B	A
2	B	A	A	A	A	B	C	B	A	A
3	C	A	A	A	A	C	C	B	B	A
4	C	A	A	A	C	C	C	B	B	A
5	B	A	A	A	A	B	A	C	A	A
6	C	A	A	A	C	C	C	C	B	A
7	B	A	A	A	A	B	A	C	A	A
8	C	A	A	A	B	B	A	A	B	A
9	C	A	A	A	B	B	A	A	B	A
10	C	A	C	A	A	A	A	A	B	A
11	C	A	C	A	A	A	A	A	B	A
12	B	A	A	A	A	A	C	A	A	A
13	C	A	A	A	A	B	C	C	B	A
14	C	A	A	A	A	B	C	C	B	A
15	B	A	A	A	A	B	C	A	A	A
16	B	A	A	A	A	B	C	C	A	A
17	B	B	A	A	C	B	C	C	A	C
18	B	B	A	A	C	B	C	C	A	C

Número Edificio	O.S.R.	C.C.	R.C.	P.E.	D.H.	C.P.	C.E.	T.F.	E.N.E.	E.C.
19	B	B	A	A	C	B	C	C	A	C
20	C	A	A	A	A	C	A	B	B	A
21	C	A	A	A	A	A	C	B	B	A
22	A	A	A	A	A	A	C	B	A	B
23	B	B	A	A	C	B	A	A	A	C
24	B	A	A	A	C	C	C	B	B	A
25	A	A	B	A	B	C	C	A	A	A
26	C	A	A	A	A	B	C	C	B	A
27	C	A	A	A	A	B	C	C	B	A
28	C	A	A	A	B	B	C	C	B	B
29	B	A	B	A	A	A	C	C	B	A
30	B	A	C	A	A	B	A	C	A	A
31	B	A	B	A	B	B	A	A	B	A
32	B	A	B	A	A	B	C	A	A	A

Donde

- O.S.R.** : Organización del Sistema Resistente  
**C.C.** : Calidad de la Construcción  
**R.C.** : Resistencia Convencional  
**P.E.** : Posición del Edificio  
**D.H.** : Presencia de Diafragmas Horizontales  
**C.P.** : Configuración en Planta  
**C.E.** : Configuración en Elevación  
**T.F.** : Tipo de Fundación  
**E.N.E.** : Elementos no Estructurales  
**E.C.** : Estado de Conservación

A continuación se presentan en mayor detalle los resultados obtenidos para cada parámetro de toda la muestra de edificios, junto con algunas apreciaciones respecto a dichos resultados.

### 5.1.1 Organización del Sistema Resistente

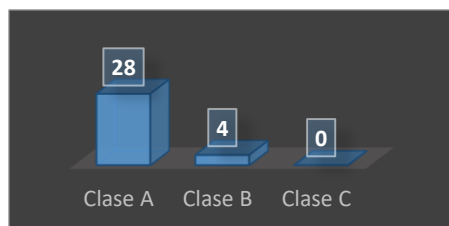


**Figura 5.1.** Resultados del parámetro Organización del Sistema Resistente.

Como se explicó en la sección 2.2.1, este parámetro depende a su vez de otros sub parámetros y su promedio ponderado. Para explicar estos resultados, se presenta un breve resumen de lo obtenido en estos sub parámetros:

- La mayoría de los edificios fueron clasificados como Clase C en la cantidad y calidad de las líneas resistentes, pues existían bajas cantidades de líneas de muros resistentes principales, y que además presentaban discontinuidad respecto al eje de dicha línea.
- La rigidez torsional en la mayoría de los casos fue clasificada como Clase C, pues la mayoría de las plantas de muchos edificios presentó escasa rigidez torsional. Hubo pocas excepciones con Clase A.
- El periodo fue variando entre Clase C y Clase B, dependiendo de la geometría del edificio y la clasificación del tipo de suelo de fundación.
- La razón de aspecto fue variando entre Clase B y Clase A, dependiendo de la geometría del edificio.
- La distancia entre partes independientes en la mayoría de los casos (menos para el 6.3% de los casos) fue clasificado como Clase A.

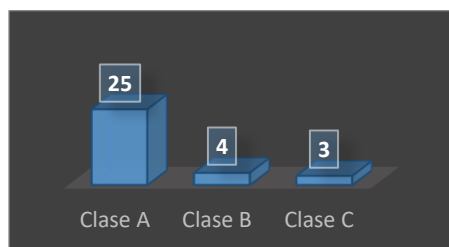
### 5.1.2 Calidad de la Construcción



**Figura 5.2.** Resultados del parámetro Calidad de la Construcción.

Para que un edificio clasifique como Clase C en este parámetro, debe haber sido construido antes del año 1960, caso que no se da en ninguno de los edificios estudiados. Para ser clasificado como clase B, este debe ser construido antes del año 1985, el cual es el caso de los edificios 17, 18, 19 y 23, como se indica en la Tabla 2.3. El resto de los edificios, que son la mayoría, fueron construidos después de 1985, por lo que es normal que la mayoría califique como Clase A.

### 5.1.3 Resistencia Convencional



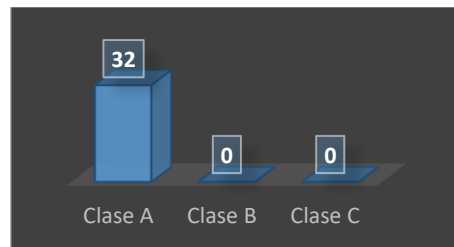
**Figura 5.3.** Resultados del parámetro Resistencia Convencional.

La clasificación de este parámetro dependerá de la capacidad al esfuerzo de corte de cada muro y del sistema resistente total por cada planta. Para cada clasificación, se emplean variados factores de seguridad, siendo este uno de los parámetros más severos de la metodología. En la mayoría de los casos los edificios presentaban una buena cantidad de muros capaces de resistir dicho esfuerzo en ambos ejes, lo que explica por qué la mayoría fue clasificado como Clase A. Los pocos casos de Clase B y Clase C se deben a que en el primer piso la demanda por cortante es máxima, lo que permitió que aquellos edificios con menos cantidad de muros (debido a grandes



espacios en halls de entrada, o espacios para estacionamientos) tuvieran menores factores de seguridad. Sin embargo, es necesario mencionar que esto no significa que la capacidad resistente sea menor a la sollicitación.

#### 5.1.4 Posición del Edificio



**Figura 5.4.** Resultados del parámetro Posición del Edificio.

Este resultado es esperable, pues como se menciona en la sección 2.3.3, el edificio más cercano a la falla es el N° 25, que se encuentra a 700 metros aproximadamente, por lo que naturalmente este y todos los otros edificios clasifican como Clase A, según lo propuesto por Parodi (2010) en su modificación a este parámetro.

#### 5.1.5 Presencia de Diafragmas Horizontales

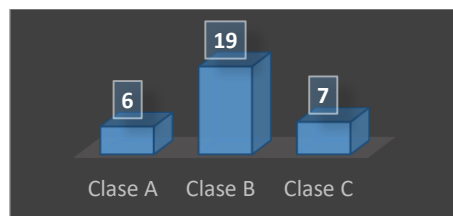


**Figura 5.5.** Resultados del parámetro Presencia de Diafragmas Horizontales.

La mayoría de los edificios presentaron plantas con diafragmas horizontales rígidos, lo que permitió que la mayoría fueran clasificados como Clase A. Existieron algunas excepciones donde dichos diafragmas fueron clasificados como semi-flexibles y que fue motivo para que se

les asignara Clase B, mientras que aquellos que clasificaron como Clase C fue debido a que algunos edificios tienen discontinuidad de desnivel en los diafragmas, mientras que otros presentaron plantas con diafragmas horizontales flexibles.

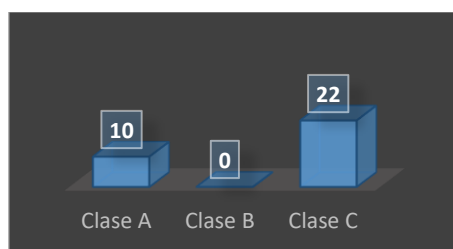
### 5.1.6 Configuración en Planta



**Figura 5.6.** Resultados del parámetro Configuración en Planta.

Respecto a este parámetro, cabe mencionar que aquellos edificios que fueron clasificados como Clase A y Clase B tenían buena simetría en sus plantas, y usualmente esta clasificación dependía de que tan grande era la diferencia entre el largo y el ancho de cada planta de cada edificio. Aquellos edificios clasificados como Clase C fueron en su mayoría aquellos que tienen plantas tipo T, pues pueden ocasionar problemas de torsión (Letelier, 2003).

### 5.1.7 Configuración en Elevación



**Figura 5.7.** Resultados del parámetro Configuración en Elevación.

De la muestra total de edificios, 22 (69%) presentaron diferencias de áreas y de masas entre el primer y el segundo piso lo suficientemente grandes como para ser clasificados como Clase C. El

resto de los edificios poseían plantas bastante similares en área y masas en todos sus pisos, por lo que fueron clasificados como Clase A.

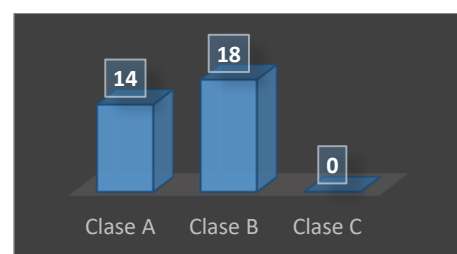
### 5.1.8 Tipo de Fundación



**Figura 5.8.** Resultados del parámetro Tipo de Fundación.

Respecto a este parámetro, cabe destacar que aquellos edificios que fueron clasificados como Clase C, fue debido al tipo de suelo en el cual se encontraban emplazados, el cual fue catalogado como regular (Suelos tipo D y tipo III) y también debido a que en variados casos el área de superficie de la planta de fundaciones no era lo suficientemente grande.

### 5.1.9 Elementos no Estructurales

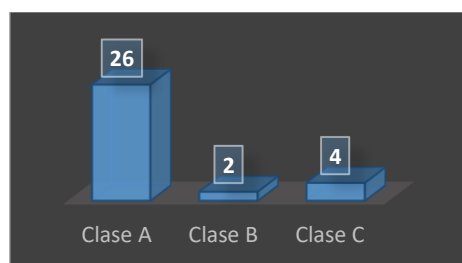


**Figura 5.9.** Resultados del parámetro Elementos no Estructurales.

Este parámetro depende de la deformación relativa global, el parámetro O.S.R. y de la densidad de muros en planta (Parodi, 2010). De manera general, los valores de la deformación relativa global resultaron todos bajos, mientras que la densidad de muros en plantas en la mayoría de los

casos era clasificada de buena manera. Luego, la clasificación de éste parámetro correspondía a Clase A cuando el parámetro O.S.R. era clasificado como Clase A o Clase B, y a Clase B cuando el parámetro O.S.R. era clasificado como Clase C.

#### 5.1.10 Estado de Conservación



**Figura 5.10.** Resultados del parámetro Estado de Conservación.

Puesto que todos los edificios estudiados son de hormigón armado, la característica principal que define la clasificación de este parámetro es la edad del edificio. Aquellos edificios con menos de 15 años serán clasificados como Clase A, mientras que aquellos que tengan más de 25 serán clasificados como Clase C y los que estén entre 15 y 25 años como Clase B.

Estos resultados pueden ser corroborados en la Tabla 2.3.

## 5.2 Resultados del Índice de vulnerabilidad

En la Tabla 5.2 se muestran los valores obtenidos de los índices de vulnerabilidad para cada edificio estudiado, luego de haber aplicado la primera parte de la metodología, la cual consiste en el promedio ponderado de los parámetros anteriormente mencionados, según la Ecuación 2.2.

**Tabla 5.2.** Valores finales del índice de vulnerabilidad de cada edificio.

<b>Número Edificio</b>	<b>Nombre</b>	<b>Iv normalizado</b>
1	Edificio Málaga	0.647
2	Condominio Los Conquistadores. Torre A	0.392
3	Condominio Los Conquistadores. Torre B	0.627
4	Condominio Los Conquistadores. Torre C	0.667
5	Condominio Los Conquistadores. Torre D	0.275
6	Condominio Los Conquistadores. Torre E	0.686
7	Condominio Los Conquistadores. Torre F	0.275
8	Los Conquistadores IV. Torre A	0.451
9	Los Conquistadores IV. Torre B	0.451
10	Comunidad edificio Mistral 1	0.471
11	Comunidad edificio Mistral 2	0.471
12	Edificio Versalles	0.333
13	Teruel y Zaragoza (Zaragoza)	0.608
14	Teruel y Zaragoza (Teruel)	0.608
15	Edificio Aillacara	0.373
16	Maringá City Home	0.412
17	Edificio Los Ingleses 1	0.598
18	Edificio Los Ingleses 2	0.598
19	Edificio Los Ingleses 3	0.598
20	El Conquistador	0.490
21	Comunidad Edificio Europa	0.549
22	Los Robles	0.235
23	Condominio Los Robles 3	0.422
24	Edificio Inglaterra	0.510
25	Edificio Alemania	0.314
26	Jardín de los Reyes (B)	0.608
27	Jardín de los Reyes (A)	0.608
28	Comunidad Condominio Navarra	0.686
29	Edificio Nuevo Mundo	0.451
30	Comunidad edificio Calatayud	0.353
31	Edificio cede A. Universidad Santo Tomás	0.333
32	Edificio Massmann	0.412

De la muestra, se ve que aquellos edificios con el índice de vulnerabilidad más altos son los N° 6 y 28, con un Iv de 0.686, y que el edificio con menor índice de vulnerabilidad es el N° 22, con un Iv de 0.235.

### 5.3 Resultado de la calibración de la función de vulnerabilidad

Una vez clasificado y cuantificado el daño global de los edificios estudiados, se pueden graficar los valores de daño global y los índices de vulnerabilidad obtenidos con el fin de realizar la regresión lineal que represente de mejor manera los datos resultantes. A continuación se presenta cada uno de estos pasos de manera más detallada.

#### 5.3.1 Resultado de clasificación y cuantificación del daño global

En la Tabla 5.3 se caracteriza la clasificación de daño real sufrida por una estructura durante un sismo:

**Tabla 5.3.** Caracterización de la clasificación de daño (Souza, 2017).

<b>Daño</b>	<b>Estructural</b>	<b>No estructural</b>
<b>Severo</b>	Estructura colapsada o cercana al colapso. Daño que requiera demoliciones para poder ejecutar reparaciones. Presencia de grietas mayores a 1.5 milímetros.	Pérdida de más de 2 servicios básicos. Tabiquerías, balcones y similares colapsadas o cercanas al colapso.
<b>Moderado</b>	Presencia de fisuras entre 0.5 y 1.5 milímetros.	Pérdida de uno o dos servicios básicos. Daño de fácil reparación en tabiquerías, balcones y similares.
<b>Ligero</b>	Fisuras menores a 0.5 milímetros.	Daño en recubrimientos como la fachada, piso, techo, etc. Y que sea de fácil reparación (usualmente, recubrimiento)
<b>Sin daño</b>	Sin presencia de daño.	Sin presencia de daño.

Para cuantificar el daño, se asigna una escala de valores a los distintos niveles de daños presentes en los edificios, tal como propuso Letelier (2003) en su estudio y como se muestra en la Tabla 5.4.

**Tabla 5.4.** Valor asociado a cada clasificación de daño.

<b>Daño</b>	<b>Escala de daño</b>
Severo	3.0
Moderado a severo	2.5
Moderado	2.0
Ligero a moderado	1.5
Ligero	1.0
Muy ligero	0.5
Sin daño	0.0

Como el daño estructural y no estructural influyen de manera distinta sobre el daño global de la estructura, se asigna una ponderación distinta a cada uno de estos, de modo tal que el daño estructural tenga mayor relevancia a la hora de cuantificar el daño. Así, el grado total de daño queda definido por la Ecuación 5.1.

$$DG = 0.75 \cdot D_{\text{estructural}} + 0.25 \cdot D_{\text{no estructural}} \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Donde:

- $DG$  : Grado de daño global del edificio  
 $D_{\text{estructural}}$  : Grado de daño estructural del edificio  
 $D_{\text{no estructural}}$  : Grado de daño no estructural del edificio

La ecuación se puede normalizar de modo tal que  $DG$  quede acotado entre los valores 0 y 1, resultando en la siguiente Ecuación 5.2.

$$DG = \frac{0.75 \cdot D_{\text{estructural}} + 0.25 \cdot D_{\text{no estructural}}}{3} \quad \text{Ecuación 5.2}$$

El daño global también puede ser clasificado como severo, moderado, ligero o sin daño. Para esto, se realizaron todas las combinaciones enteras de daño estructural y no estructural, escogiendo el criterio detallado en la Tabla 5.5.

**Tabla 5.5.** Criterio de caracterización para catalogar el tipo de daño global.

<b>Categoría Daño Global</b>	<b>Criterio de caracterización</b>
Severo	Daño estructural clasificado como 3. Daño estructural clasificado como 2 o mayor y daño no estructural como 3.
Moderado	Daño estructural clasificado como 2. Daño estructural clasificado como 1 o mayor y daño no estructural como 3.
Ligero	Daño estructural clasificado como 1. Daño estructural clasificado como 0 o mayor y daño no estructural como 3.
Sin daño	Daño estructural clasificado como 0 y daño no estructural menor a 3.

Con dichas combinaciones, se obtiene una escala de valores para el daño global, la cual se muestra en la Tabla 5.6 y que además permite ver los valores límites que separan esta clasificación. Dichos límites se resumen en la Tabla 5.7.

**Tabla 5.6.** Escala de valores para el daño global y su clasificación, según criterio de Tabla 5.5 (Fuente propia).

<b>Daño estructural</b>	<b>Daño no estructural</b>	<b>Daño global</b>	
3	3	1.000	Daño severo
3	2	0.917	Daño severo
3	1	0.833	Daño severo
3	0	0.750	Daño severo
2	3	0.750	Daño severo
2	2	0.667	Daño moderado
2	1	0.583	Daño moderado
1	3	0.500	Daño moderado
2	0	0.500	Daño moderado
1	2	0.417	Daño ligero
1	1	0.333	Daño ligero
0	3	0.250	Daño ligero
1	0	0.250	Daño ligero
0	2	0.167	Sin daño
0	1	0.083	Sin daño
0	0	0.000	Sin daño



**Tabla 5.7.** Límites para la clasificación del daño global.

$0.75 \leq DG \leq 1.00$	→	Daño Severo
$0.50 \leq DG < 0.75$	→	Daño Moderado
$0.20 \leq DG < 0.50$	→	Daño Ligero
$0.00 \leq DG < 0.20$	→	Sin Daño

La Tabla 5.8 muestra un resumen de la información recolectada con respecto a la cantidad de daño estructural y no estructural registrado luego de ocurrir el terremoto del 27 de febrero del 2010. De toda la muestra de edificios, solo se obtuvo información de aquellos edificios que fueron construidos antes de la fecha del terremoto, los cuales corresponden a los edificios N° 6, 10, 11, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 23 y 30. De los edificios N° 12, 22, 26, 28, 29 y 32 no se encontraron informes de daños, ni presentaban daño visible en terreno, ni daño reportado por residentes y/o el conserje respectivo al momento de conversar con ellos.

**Tabla 5.8.** Resumen de reporte de daños luego del terremoto del 2010.

Número Edificio	Daño Estructural	Daño no Estructural	Daño global	
6	Ligero a moderado (1.5)	Severo (3)	0.625	Daño moderado
10	Muy ligero (0.5)	Severo (3)	0.375	Daño ligero
11	Muy ligero (0.5)	Severo (3)	0.375	Daño ligero
13	Ligero (1)	Moderado (2)	0.417	Daño ligero
15	Sin daño (0)	Severo (3)	0.250	Daño ligero
17	Ligero a moderado (1.5)	Moderado (2)	0.542	Daño moderado
18	Ligero a moderado (1.5)	Moderado (2)	0.542	Daño moderado
19	Ligero a moderado (1.5)	Moderado (2)	0.542	Daño moderado
20	Sin daño (0)	Severo (3)	0.250	Daño ligero
21	Ligero (1)	Moderado (2)	0.417	Daño ligero
23	Muy Ligero (0.5)	Ligero a Moderado (1.5)	0.250	Daño ligero
30	Sin daño (0)	Moderado (2)	0.167	Sin daño

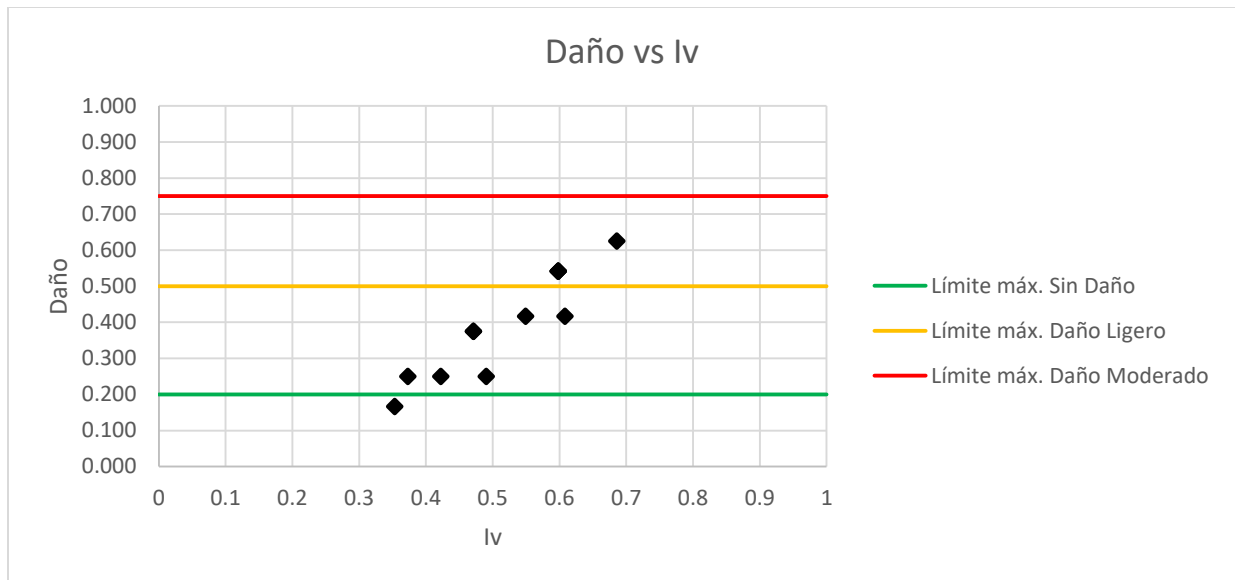
### 5.3.2 Función de vulnerabilidad final

La Tabla 5.9 muestra un resumen de la Tabla 5.2 y la Tabla 5.8, pues contiene todos los edificios con sus índices de vulnerabilidad respectivos y el grado de daño global de cada uno de estos.

**Tabla 5.9.** Resumen de índices de vulnerabilidad y grado de daño global real de cada edificio construidos antes de 2010.

Número Edificio	Iv	Daño Global
6	0.686	0.625
10	0.471	0.375
11	0.471	0.375
13	0.608	0.417
15	0.373	0.250
17	0.598	0.542
18	0.598	0.542
19	0.598	0.542
20	0.49	0.250
21	0.549	0.417
23	0.422	0.250
30	0.353	0.167

El siguiente paso para la elaboración final de la función de vulnerabilidad es graficar estos pares de puntos tal como se muestra en la Figura 5.11, con el fin de aplicar la regresión lineal. Además, se incluyen gráficamente los límites que separan la clasificación del daño, tal como se resume en la Tabla 5.7.



**Figura 5.11.** Gráfico de daño vs índice de vulnerabilidad.

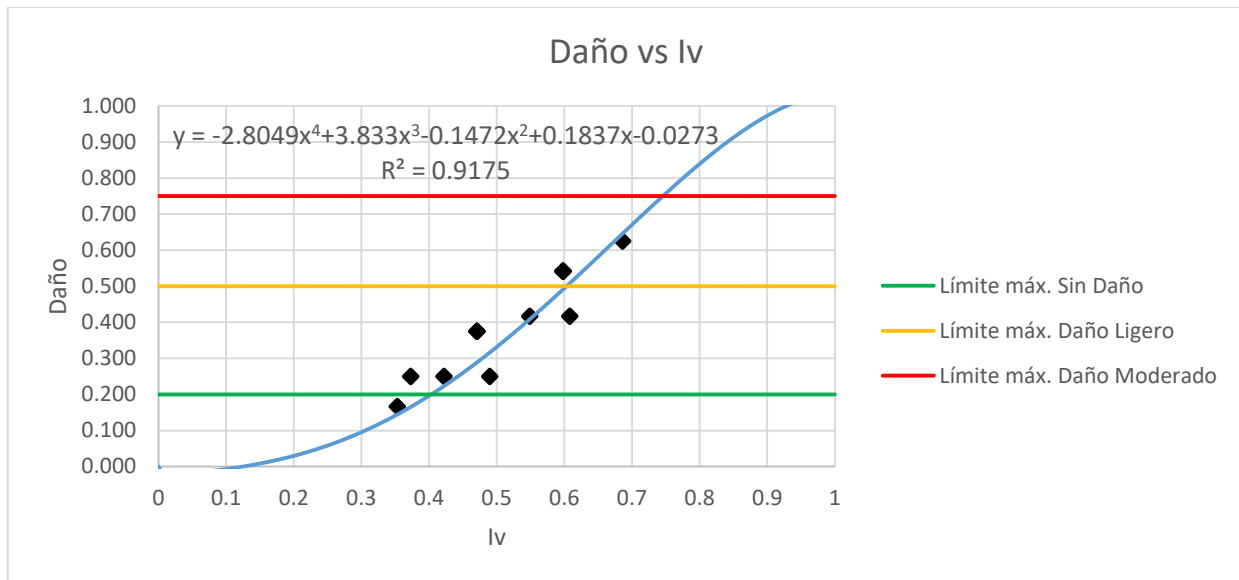
Se realizan varias regresiones lineales en una planilla de Excel creada para este propósito, buscando aquel polinomio de grado 4 que cumpliera con los requisitos establecidos por Letelier (2003) y Parodi (2010) y que a su vez tuvieran el mayor coeficiente de determinación posible, obteniendo así la función de vulnerabilidad que se indica a continuación y que se grafica en la Figura 5.12.

$$D(I_v) = -2.8049 \cdot I_v^4 + 3.833 \cdot I_v^3 - 0.1472 \cdot I_v^2 + 0.1837 \cdot I_v - 0.0273$$

$$R^2 = 0.9175$$

Donde

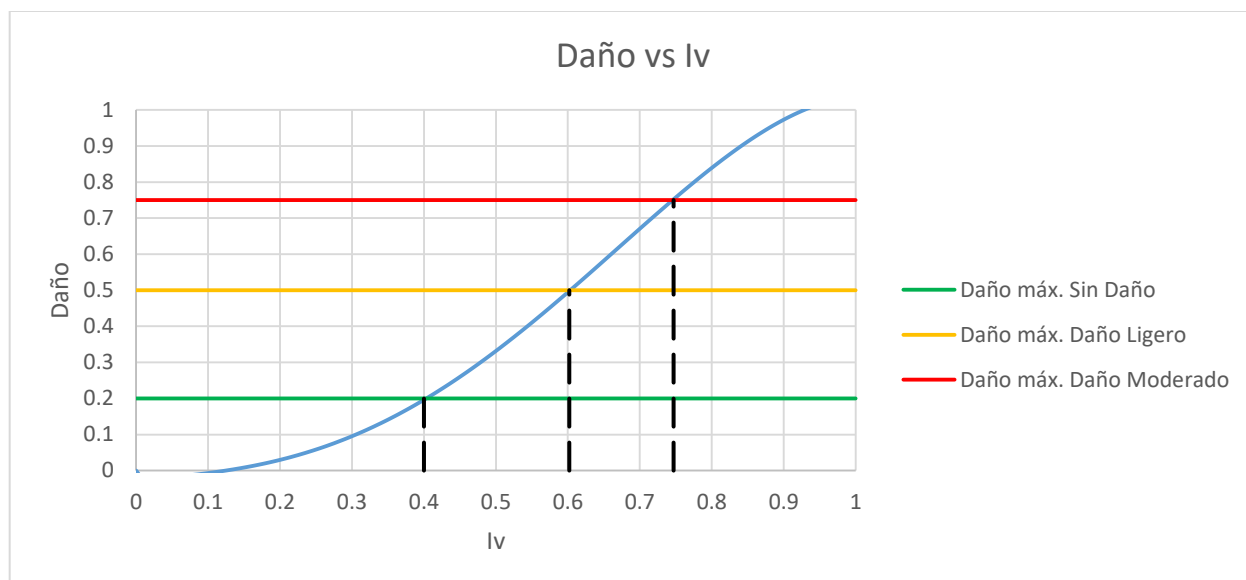
- $D$  : Función de vulnerabilidad.
- $I_v$  : Índice de vulnerabilidad.
- $R^2$  : Coeficiente de determinación.



**Figura 5.12.** Función de vulnerabilidad para los edificios estudiados de Temuco a partir de un sismo de intensidad similar a la del terremoto del 2010.

### 5.3.3 Límites para estimar el daño asociado al índice de vulnerabilidad

Las intersecciones entre los valores límites de clasificación de grado de daño con la función de vulnerabilidad calibrada se pueden proyectar por sobre el eje x del gráfico “Daño vs Iv” de la Figura 5.2, resultando en los límites de clasificación de grado de daño esperado asociado a cada índice de vulnerabilidad, lo cual se muestra en la Figura 5.13.



**Figura 5.13.** Proyección sobre el eje x de la intersección de los límites de daño con la curva de intensidad.

Estos nuevos valores límites permiten asociar un grado de daño esperado a todos aquellos edificios de quienes no hay registro de daño, según sea su índice de vulnerabilidad, lo cual se resume en la Tabla 5.10.

**Tabla 5.10.** Resumen de grado de daño asociado al índice de vulnerabilidad.

$0.747 \leq I_v \leq 1.00$	→ Se espera Daño Severo
$0.602 \leq I_v < 0.747$	→ Se espera Daño Moderado
$0.400 \leq I_v < 0.602$	→ Se espera Daño Ligero
$0.000 \leq I_v < 0.400$	→ No se espera Daño

En la Tabla 5.11 se muestran el resultado final de la aplicación de la metodología del índice de vulnerabilidad, la cual consiste en todos los edificios de la muestra escogida y sus valores de índice de vulnerabilidad respectivos, junto con el grado de daño esperado (especificado por el color indicado) por cada uno de estos bajo el efecto de un evento sísmico de intensidad similar al del terremoto del 27 de febrero del 2010 en Temuco.

 : Sin Daño    
  : Daño Ligero    
  : Daño Moderado    
  : Daño Severo

**Tabla 5.11.** Valores de los índices de vulnerabilidad y del grado de daño esperado para los edificios.

Número Edificio	Iv normalizado
1	0.647
2	0.392
3	0.627
4	0.667
5	0.275
6	0.686
7	0.275
8	0.451
9	0.451
10	0.471
11	0.471
12	0.333
13	0.608
14	0.608
15	0.373
16	0.412
17	0.598
18	0.598
19	0.598
20	0.49
21	0.549
22	0.235
23	0.422
24	0.51
25	0.314
26	0.608
27	0.608
28	0.686
29	0.451
30	0.353
31	0.333
32	0.412

### 5.3.4 Ubicación de edificios y sus índices de vulnerabilidad

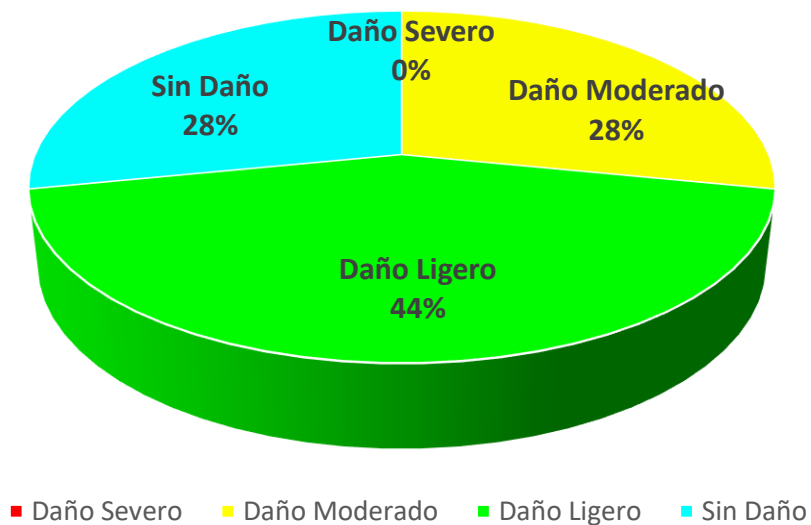
Con el objetivo de facilitar la observación de los resultados obtenidos, se presenta la Figura 5.14 que muestra todos los edificios con su grado de daño esperado a causa de un sismo de intensidad similar a la del terremoto del 2010, diferenciado por los colores anteriormente mostrados.



**Figura 5.14.** Emplazamiento de los edificios de la muestra, clasificados por color según el nivel de daño esperado.

## 5.4 Análisis de resultados

En la Figura 5.15 se muestra el porcentaje de edificios de la muestra total según el grado de daño esperado a causa del terremoto del 27 de febrero del 2010.



**Figura 5.15.** Porcentaje de edificios según nivel de daño esperado para Temuco.

Como se puede apreciar, un 72% de la muestra total de edificios no presentarían daño o experimentarían daño ligero, lo que significa que dichas estructuras cumplen de buena manera con la normativa chilena, por lo que serían capaces de resistir sin mayores daños un sismo de intensidad similar al mencionado anteriormente.

Por otro lado, el 28% restante de edificios presentarían un daño moderado frente a dicho sismo. A estos últimos habría que realizarles un estudio más completo (idealmente con todos los planos estructurales, memorias de cálculo, informes de mecánica de suelos e informes de daños en caso de existir) con el fin de corroborar el grado de daño esperado. De darse la situación en que el grado de daño esperado persista, es recomendable ejecutar un plan de prevención de seguridad con el objetivo de evitar cualquier catástrofe que pudiese llegar a involucrar vidas humanas.

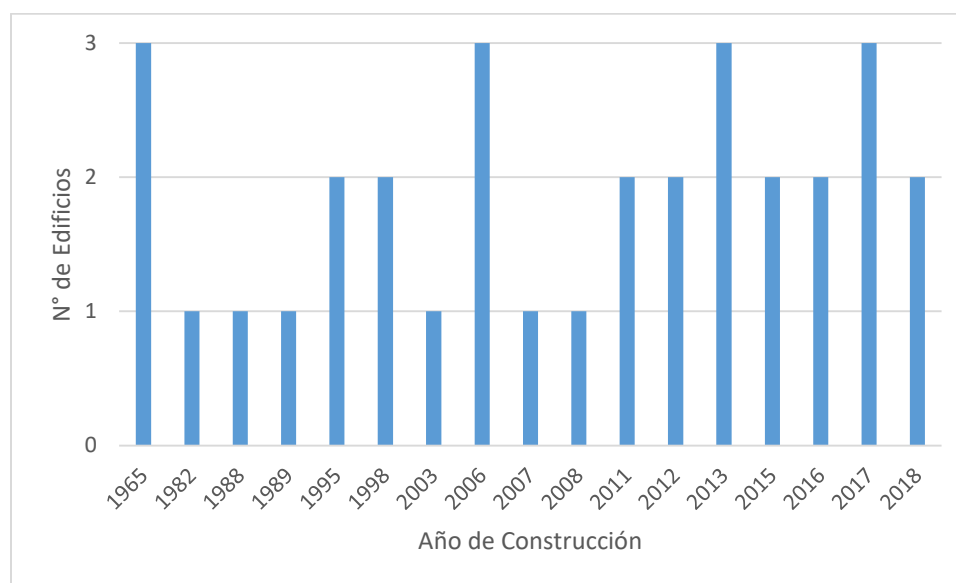
Cabe destacar que de la muestra estudiada, ningún edificio presentaría un grado de daño severo, lo cual se debe a la lejanía del epicentro del terremoto con respecto a Temuco, lo que provocó que las ondas sísmicas llegaran con menor intensidad (bajo peligro sísmico), y a que en general la mayoría de los parámetros fueron clasificados de buena manera, como se observa en la Tabla 5.1 (el 50% de la muestra tiene Clase A en al menos 6 parámetros, y el 75% de la muestra tiene Clase A en al menos 5 parámetros, lo que implicaría una baja vulnerabilidad sísmica).



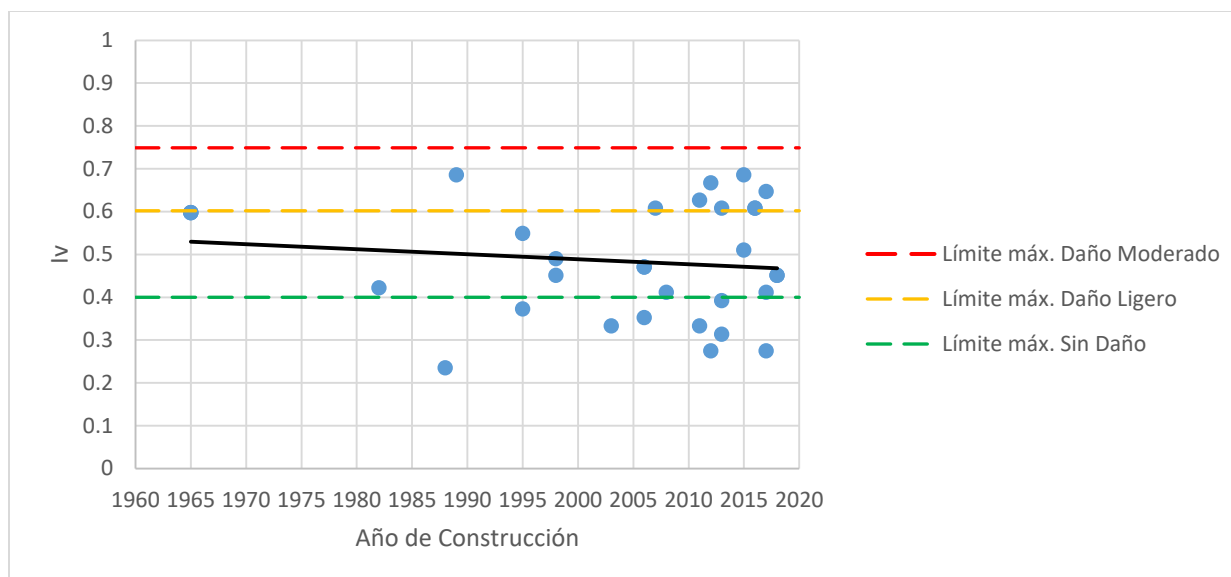
### 5.4.1 Influencia del año de construcción

Se busca establecer alguna posible relación entre los índices de vulnerabilidad obtenidos y el año de construcción de cada edificio, puesto que la metodología del cálculo es más severa con las edificaciones más antiguas en parámetros como el Estado de conservación y en la Calidad de la construcción, lo que hace que dichos valores de índice de vulnerabilidad puedan ser más altos que algún edificio similar pero más nuevo (Parodi, 2010). Por otro lado, se esperarían valores de índices de vulnerabilidad más bajos a medida que pasen los años, pues el avance de la tecnología y el desarrollo de la ingeniería civil permiten que el diseño estructural se acerque más a los límites de los factores de seguridad establecidos por las normativas chilenas, puesto que siempre se busca cumplir con dicha normativa al menor precio posible, lo que muchas veces se puede traducir, por ejemplo, en menor densidad de muros por planta.

En la Figura 5.16 se presenta un gráfico con un resumen de la cantidad de edificios y sus años de construcción respectivos, mientras que en la Figura 5.17 se presentan los valores de índice de vulnerabilidad contrapuestos con el año de construcción de cada edificio.



**Figura 5.16.** Histograma resumen de la cantidad de edificios y sus años de construcción respectivos.



**Figura 5.17.** Gráfico de índice de vulnerabilidad vs año de construcción.

Existe una leve tendencia a disminuir en el índice de vulnerabilidad a medida que pasan los años. Sin embargo, a pesar de esta tendencia, aun se pueden observar 6 edificios construidos después del año 2010 (relativamente nuevos) y que representan el 18.75% de la muestra, con índices de vulnerabilidad mayores a 0.6, por lo que dicha tendencia puede ser no representativa.

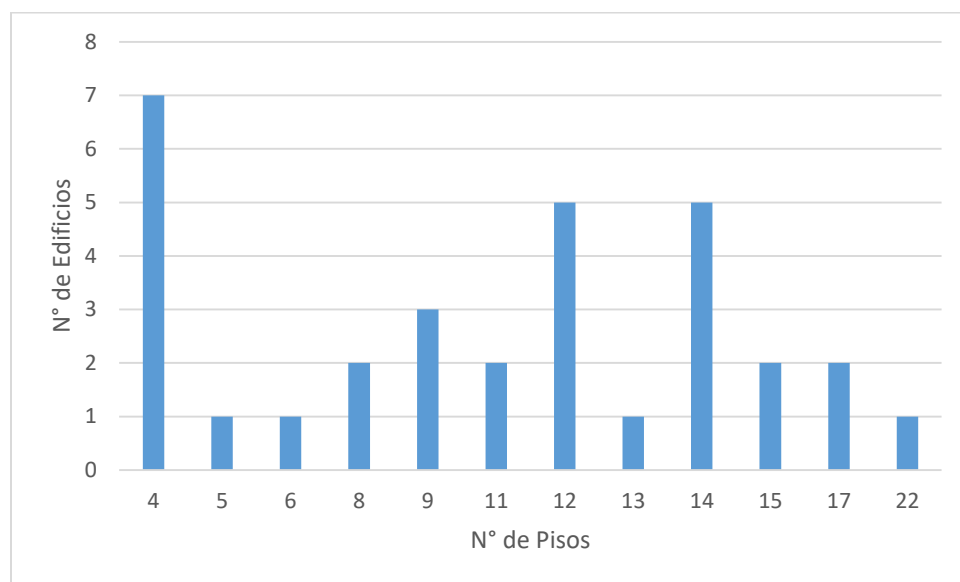
Para la obtención de una tendencia más confiable, se recomienda para estudios futuros una muestra de edificios mayor a la utilizada en la presente investigación.

#### 5.4.2 Influencia del número de pisos

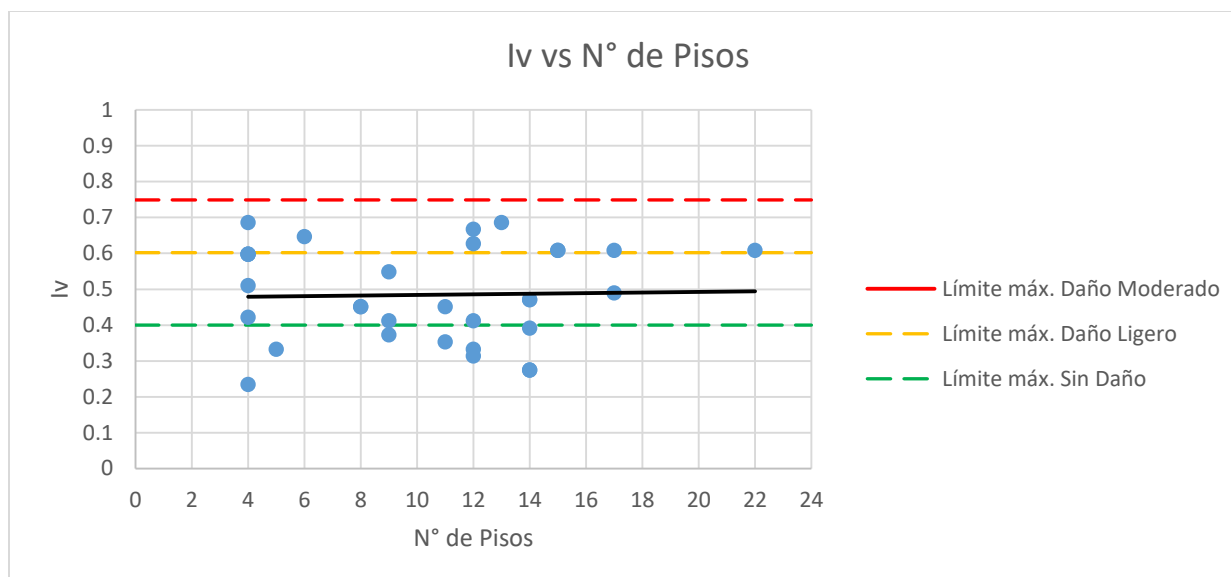
Se busca establecer alguna posible relación entre los índices de vulnerabilidad y el número de pisos de cada edificio, ya que de este último dato dependen los sub parámetros “Periodo” (P) del edificio, “Razón de aspecto” (R.A.) y “Distancia entre partes independientes del edificio o con otros colindantes” (D.E.), y en los parámetros “Organización del Sistema Resistente” (O.S.R.), “Resistencia Convencional” (R.C.) y “Elementos no Estructurales” (E.N.E.). Se esperarían valores de índices de vulnerabilidad más grandes a mayor altura del edificio, pues dicho aumento de altura se traduce en situaciones más desfavorables para la R.A. y D.E., afectando en el

parámetro de O.S.R. y resultando en una clasificación más severa. Del mismo modo, la altura y el esfuerzo de corte basal son directamente proporcionales, por lo que un aumento de altura significaría una mayor demanda de corte en cada piso, condicionando los parámetros de R.C. y E.N.E. y resultando en una clasificación más severa para ambos.

En la Figura 5.18 se presenta un gráfico con un resumen de la cantidad de edificios y sus números de pisos respectivos, mientras que en la Figura 5.19 se presentan los valores de índice de vulnerabilidad contrapuestos con el número de pisos de cada edificio.



**Figura 5.18.** Histograma resumen de la cantidad de edificios y sus números de pisos respectivos.



**Figura 5.19.** Gráfico de índice de vulnerabilidad vs número de pisos.

Si bien la línea de tendencia pareciera tener una pendiente positiva, lo que confirmaría la premisa anterior, no es posible concluir que para la muestra seleccionada el índice de vulnerabilidad aumente mientras más alto sea el edificio. Como se puede apreciar, existen edificios de 4 pisos con índices de vulnerabilidad tan altos como el del edificio de 22 pisos, por lo que no es posible corroborar esta tendencia.

Nuevamente, para la obtención de una tendencia más confiable, se recomienda para estudios futuros una muestra de edificios mayor a la utilizada en la presente investigación.

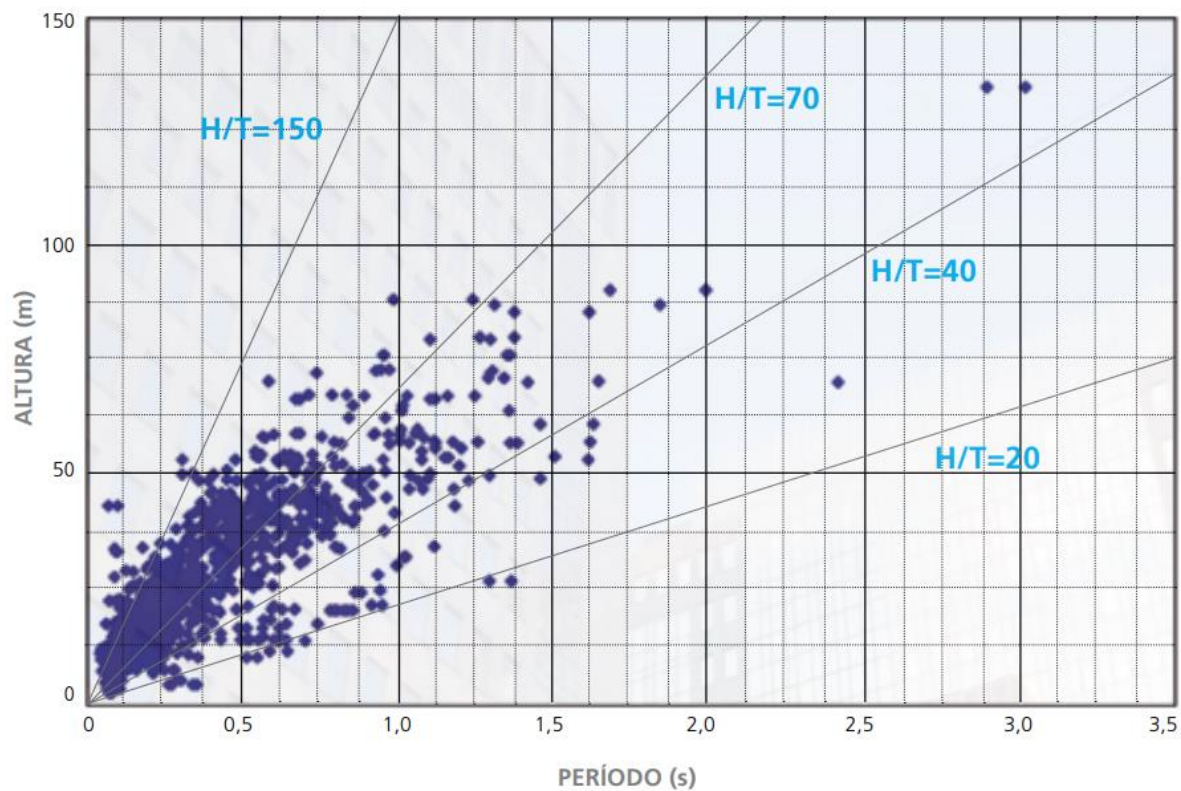
### 5.4.3 Comparación del índice de vulnerabilidad y el parámetro H/T

Dentro de los numerosos estudios para caracterizar los edificios de hormigón armado en Chile, se puede destacar el desarrollo del perfil Bío-Sísmico, el cual fue creado a partir del análisis de 585 edificios construidos en Chile. Dicho análisis fue realizado por Tomás Guendelman, Mario Guendelman y Jorge Lindenberg (1997).

El perfil Bio-Sísmico permite determinar valores y rangos confiables de 13 indicadores sísmicos, los cuales se sugieren emplear como referentes para calificar nuevos proyectos. Estos 13 indicadores se agrupan en 3 tipos de grupos: Indicadores de rigidez, indicadores de acoplamiento e indicadores de redundancia estructural y demanda de ductilidad.

Uno de los indicadores de rigidez es el cociente entre la altura total del edificio y el periodo del primer modo traslacional del edificio ( $H/T$ ). Este índice, con dimensiones de velocidad, ha sido considerado como uno de los mejores estimadores de la rigidez del edificio en comparación con otras proposiciones.

La Figura 5.20 evidencia en la práctica chilena la dependencia entre la altura total  $H$  del edificio y el período del primer modo traslacional  $T$ , donde se puede apreciar una fuerte concentración de los valores de  $H/T$  en torno a una recta que pasa por el origen y que posee una pendiente aproximada de 55 m/seg (Guendelman *et al.*, 1997).



**Figura 5.20.** Dependencia de Altura-Periodo de los edificios chilenos (Guendelman *et al.*, 1997).

La clasificación de rigidez de un edificio dependerá de los valores de H/T obtenidos, y se resume en la Tabla 5.12.

**Tabla 5.12.** Indicador de rigidez para distintos valores de H/T (Guendelman *et al.*, 1997).

	$H/T < 20$	→	Demasiado Flexible
$20 \leq$	$H/T < 40$	→	Flexible
$40 \leq$	$H/T < 70$	→	Normal
$70 \leq$	$H/T < 150$	→	Rígido
$150 \leq$	$H/T$	→	Demasiado Rígido

Para complementar la información de la Tabla 5.7, se entiende que cuando la estructura es muy flexible, probablemente presentará problemas de cumplimiento de las disposiciones de desplazamiento que fijan las normas de análisis y diseño sísmico, lo que podría repercutir en el parámetro “Elementos no Estructurales”, resultando en una clasificación más severa. En el otro extremo, las estructuras con excesiva rigidez lateral pueden significar mayores aceleraciones de piso en caso de un sismo, lo que se traduce en mayores solicitaciones a elementos no estructurales rígidos, y nuevamente afectando al parámetro “Elementos no Estructurales” (Parodi, 2010).

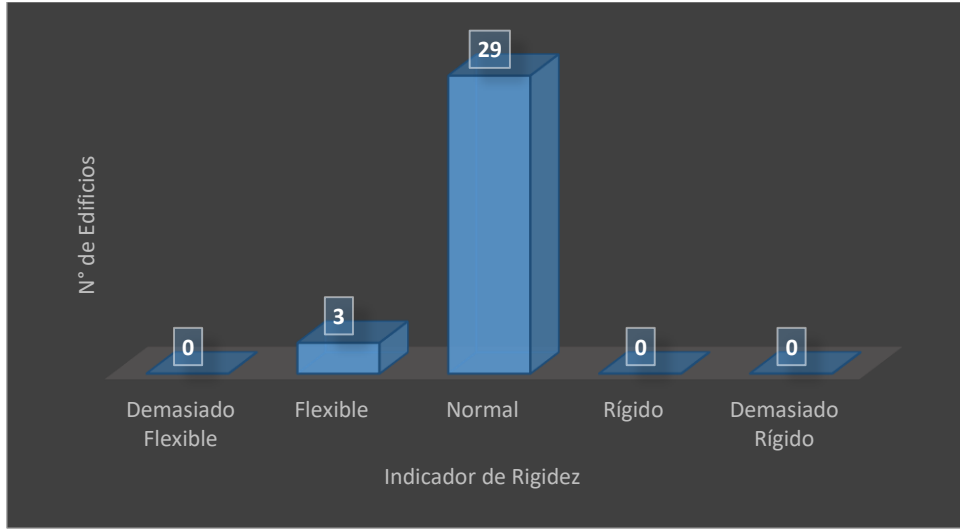
En la Tabla 5.13 se presenta la muestra total de edificios, el periodo del primer modo traslacional de cada uno, sus alturas, los valores de H/T obtenidos y la clasificación de rigidez según la clasificación mostrada en la Tabla 5.12.

**Tabla 5.13.** Valores de H/T obtenidos para cada edificio de la muestra estudiada.

Número Edificio	Periodo (s)	Altura Edificio (m)	H/T (m/s)	Clasificación de rigidez
1	0.358	18.06	50.45	Normal
2	0.843	38.31	45.44	Normal
3	0.798	33.87	42.44	Normal
4	0.848	41.027	48.38	Normal
5	0.945	36.34	38.46	Flexible
6	0.915	36.34	39.72	Flexible
7	0.945	41.027	43.41	Normal

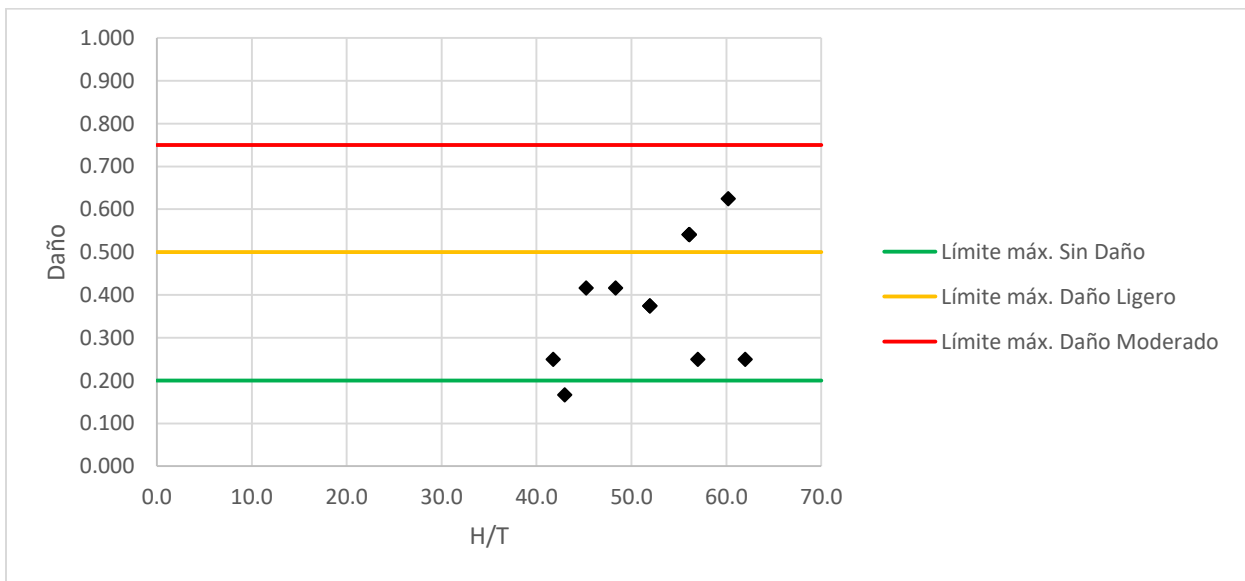
Número Edificio	Periodo (s)	Altura Edificio (m)	H/T (m/s)	Clasificación de rigidez
8	0.401	23.7	59.10	Normal
9	0.401	23.7	59.10	Normal
10	0.788	40.94	51.95	Normal
11	0.788	40.94	51.95	Normal
12	0.679	34.95	51.47	Normal
13	1.326	59.99	45.24	Normal
14	1.036	47.45	45.80	Normal
15	0.678	28.33	41.78	Normal
16	0.54	26.88	49.78	Normal
17	0.307	17.225	56.11	Normal
18	0.307	17.225	56.11	Normal
19	0.307	17.225	56.11	Normal
20	0.775	48.05	62.00	Normal
21	0.599	28.95	48.33	Normal
22	0.286	15.65	54.72	Normal
23	0.276	15.73	56.99	Normal
24	0.399	11.05	27.69	Flexible
25	0.566	34.34	60.67	Normal
26	0.888	43.1	48.54	Normal
27	0.888	43.1	48.54	Normal
28	0.269	16.2	60.22	Normal
29	0.577	32.63	56.55	Normal
30	0.731	31.43	43.00	Normal
31	0.281	18.45	65.66	Normal
32	0.752	31.08	41.33	Normal

Dichos resultados se resumen en el gráfico presentado en la Figura 5.21, donde se puede apreciar fácilmente que la mayoría de los edificios (un 91%) posee una clasificación de rigidez como normal.



**Figura 5.21.** Clasificación de la muestra de edificios según el indicador de rigidez.

Considerando los valores obtenidos para H/T y la clasificación de daño para el daño global de la Tabla 2.6, se puede calibrar una nueva curva que designe un grado de daño esperado en función del nivel de rigidez del edificio. Para esto, se consideran solo aquellos edificios de los cuales existe registro de daño a causa del terremoto del 27 de febrero del 2010 y sus valores de H/T, como se muestra en la Figura 5.22.

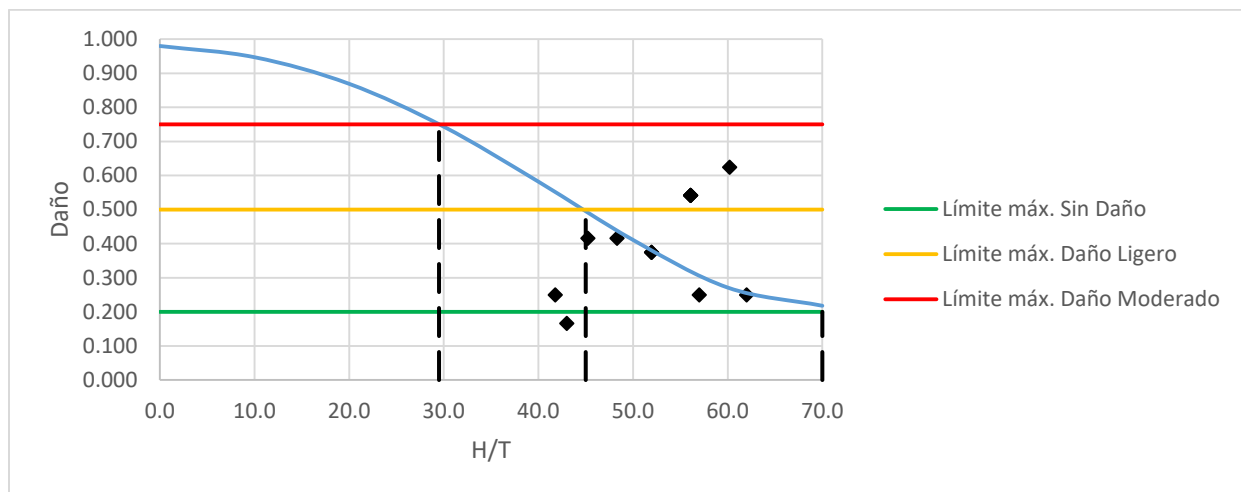


**Figura 5.22.** Gráfico de daño vs el parámetro H/T



Luego, se identifica la tendencia predominante, excluyendo 4 edificios que escapan de la media. Esta tendencia se representa mediante la función que se muestra a continuación y se muestra en la Figura 5.23. Del mismo modo en que se establecieron los límites de clasificación de grado de daño esperado para los índices de vulnerabilidad, se establecen dichos límites para el parámetro H/T, intersectando la curva con los límites de clasificación de daño.

$$D\left(\frac{H}{T}\right) = \frac{0.0006 \cdot \left(\frac{H}{T}\right)^4 - 0.0402 \cdot \left(\frac{H}{T}\right)^3 - 1.4692 \cdot \left(\frac{H}{T}\right)^2 - 14.825 \cdot \left(\frac{H}{T}\right) + 9799}{10000}$$



**Figura 5.23.** Curva de intensidad que asocia el grado de daño esperado al parámetro H/T.

De este modo, el grado de daño esperado asociado a un edificio según el parámetro H/T se resume en la Tabla 5.14.

**Tabla 5.14.** Resumen de grado de daño asociado al parámetro H/T.

$H/T \leq 29.5$	→	Se espera Daño Severo
$29.5 \leq H/T < 45$	→	Se espera Daño Moderado
$45 \leq H/T < 70$	→	Se espera Daño Ligero
$70 \leq H/T$	→	No se espera Daño

Dicha clasificación se compara con la clasificación de grado de daño esperado asociado al índice de vulnerabilidad de cada edificio con el fin de analizar tales resultados en la Tabla 5.15.

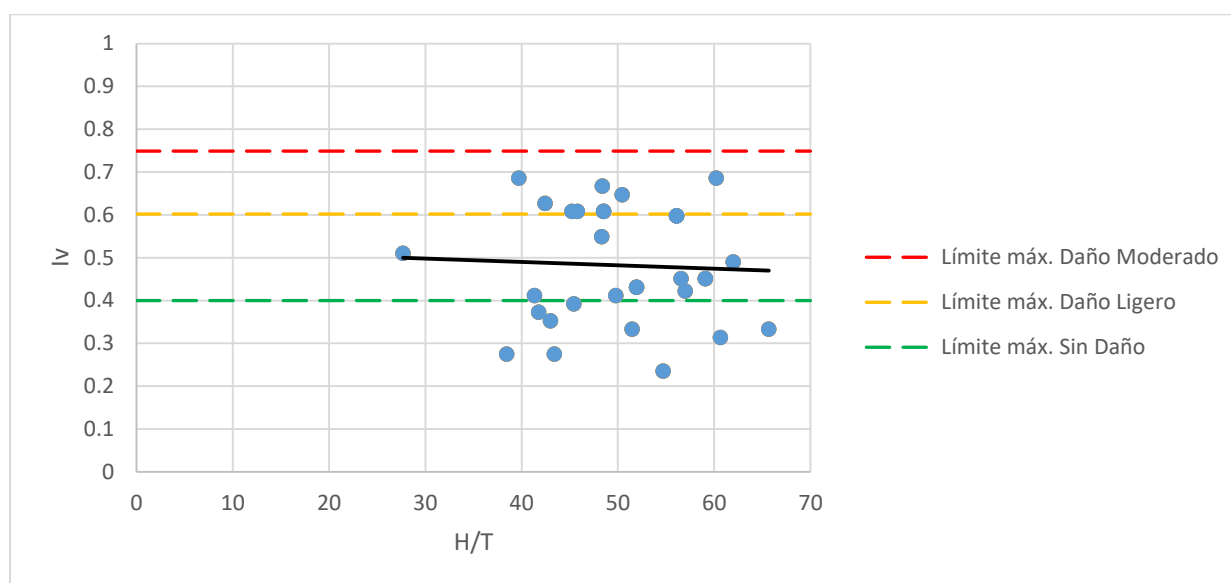
 : Sin Daño    
  : Daño Ligero    
  : Daño Moderado    
  : Daño Severo

**Tabla 5.15.** Valores de los índices de vulnerabilidad y del parámetro H/T, junto con el grado de daño esperado para los edificios según cada uno de dichos valores.

Número	Iv normalizado	H/T
1	0.647	50.45
2	0.392	45.44
3	0.627	42.44
4	0.667	48.38
5	0.275	38.46
6	0.686	39.72
7	0.275	43.41
8	0.451	59.10
9	0.451	59.10
10	0.471	51.95
11	0.471	51.95
12	0.333	51.47
13	0.608	45.24
14	0.608	45.80
15	0.373	41.78
16	0.412	49.78
17	0.598	56.11
18	0.598	56.11
19	0.598	56.11
20	0.49	62.00
21	0.549	48.33
22	0.235	54.72
23	0.422	56.99
24	0.51	27.69
25	0.314	60.67
26	0.608	48.54
27	0.608	48.54
28	0.686	60.22
29	0.451	56.55
30	0.353	43.00
31	0.333	65.66
32	0.412	41.33

Se observa que el grado de daño asociado al parámetro H/T es más desfavorable que el grado de daño asociado al índice de vulnerabilidad, exceptuando el caso de 7 edificios, que representan el 22% de la muestra.

Además, de los resultados obtenidos, 17 de los edificios (53% de la muestra) difieren con el nivel de daño obtenido mediante la metodología del índice de vulnerabilidad. Sin embargo, se observa que el índice de vulnerabilidad sísmica y el parámetro H/T son inversamente proporcionales, pues una clasificación de daño severo está asociado a un alto índice de vulnerabilidad y a un bajo valor de H/T, mientras que una clasificación de sin daño está asociada a un bajo índice de vulnerabilidad y a un alto valor de H/T. La Figura 5.24 muestra un gráfico de los índices de vulnerabilidad contrapuestos con el parámetro H/T de todos los edificios de la muestra, con el objetivo de observar dicha relación.



**Figura 5.24.** Gráfico de índice de vulnerabilidad vs el parámetro H/T.

Como se mencionaba anteriormente, en los valores de H/T pareciera existir una leve tendencia a disminuir a medida que los índices de vulnerabilidad son mayores. Sin embargo, la dispersión de datos es muy alta como para comprobar con total confianza que dichos valores son inversamente proporcionales.

Para la obtención de una tendencia más confiable, se recomienda para estudios futuros una muestra de edificios mayor a la utilizada en la presente investigación.

Del mismo modo, se recomienda tener mayor información respecto a informe de daños de edificios después de algún sismo, con el fin de obtener una calibración de curva más representativa de la totalidad de la muestra.

#### **5.4.4 Análisis del periodo fundamental del suelo**

Si bien Temuco no ha sido históricamente el lugar donde se manifiesten los epicentros de los últimos terremotos más importantes en Chile, este si se ha visto afectado por dichos sismos cuando han sido de gran intensidad, lo cual se deja ver en los reportes de daño en varias edificaciones aparte de aquellas estudiadas en la presente investigación. Los informes de daño que se encuentran en la Municipalidad de Temuco (2010) registran casos de edificios (fuera de la muestra estudiada) que debieron ser catalogados como inhabitables e incluso casos de demolición de residencias de uno y dos pisos, lo cual evidencia la gravedad de los efectos del terremoto del 27 de febrero del 2010, aun cuando esté tuvo su epicentro a unos 283 kilómetros de Temuco (U.S. Geological Survey, 2010).

Teniendo en cuenta el nivel de riesgo sísmico que representan los terremotos de esta envergadura en general, se busca estudiar la influencia del tipo de suelo sobre la metodología del índice de vulnerabilidad, puesto que la estructura no está ajena al tipo de suelo donde es construida. Tanto el edificio afecta el suelo de fundación como este último afecta la estructura del edificio.

Si bien para la aplicación de la metodología del índice de vulnerabilidad se utilizó información de los informes de mecánica de suelos que se encontraron en el archivo de la Municipalidad de Temuco (2019), se decidió complementar dicha clasificación con los periodos fundamentales del suelo medidos en el estudio realizado por Pinto y Toledo (2016), como se indicó en la sección 4.6, con el objetivo de comprobar dicha clasificación de suelos y en caso de que no coincidieran, analizar aquellos casos más desfavorables. Además, se busca estudiar los potenciales riesgos de la similitud entre periodos fundamentales del suelo y periodos del edificio.

La Figura 5.25 muestra un resumen de los puntos de medición del periodo fundamental del suelo escogidos en conjunto con la muestra de edificios estudiada en la presente investigación, mientras que la Tabla 5.16 muestra los periodos fundamentales del suelo medidos en los puntos mostrados.



**Figura 5.25.** Emplazamiento de los edificios de la muestra y de los puntos de medición del periodo fundamental del suelo.

**Tabla 5.16.** Valores del periodo fundamental del suelo en cada punto de medición escogido.

Punto de Medición	Periodo fundamental (s)
21	0.578
22	0.375
25	0.398
26	0.330
27	0.515

Teniendo en cuenta dichos resultados, se presenta la Tabla 5.17, la cual muestra la clasificación de suelos según el periodo fundamental del suelo y que es utilizada en Japón (Zhao, y otros, 2006), junto con la comparación con la clasificación de suelos realizada en el Decreto Supremo N° 61 según sus velocidades de onda de corte (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2011).

**Tabla 5.17.** Comparación entre clasificación de suelos según normativa Japonesa y Chilena.

Tipo de Suelo	Periodo natural aproximado del suelo $T_o$ (s)	$V_{s30}$ (m/s)	Equivalencia con la clasificación según D.S. N° 61	$V_{s30}$ (m/s) según D.S. N° 61
S I (roca / suelo rígido)	$T_o < 0.2$	$V_{s30} > 600$	A B	$V_{s30} \geq 900$ $V_{s30} \geq 500$
S II (suelo firme)	$0.2 \leq T_o < 0.4$	$300 < V_{s30} \leq 600$	C	$V_{s30} \geq 350$
S III (Suelo medio)	$0.4 \leq T_o < 0.6$	$200 < V_{s30} \leq 300$	D	$V_{s30} \geq 180$
S IV (suelo blando)	$0.6 \leq T_o$	$V_{s30} \leq 200$	E	$V_{s30} < 180$

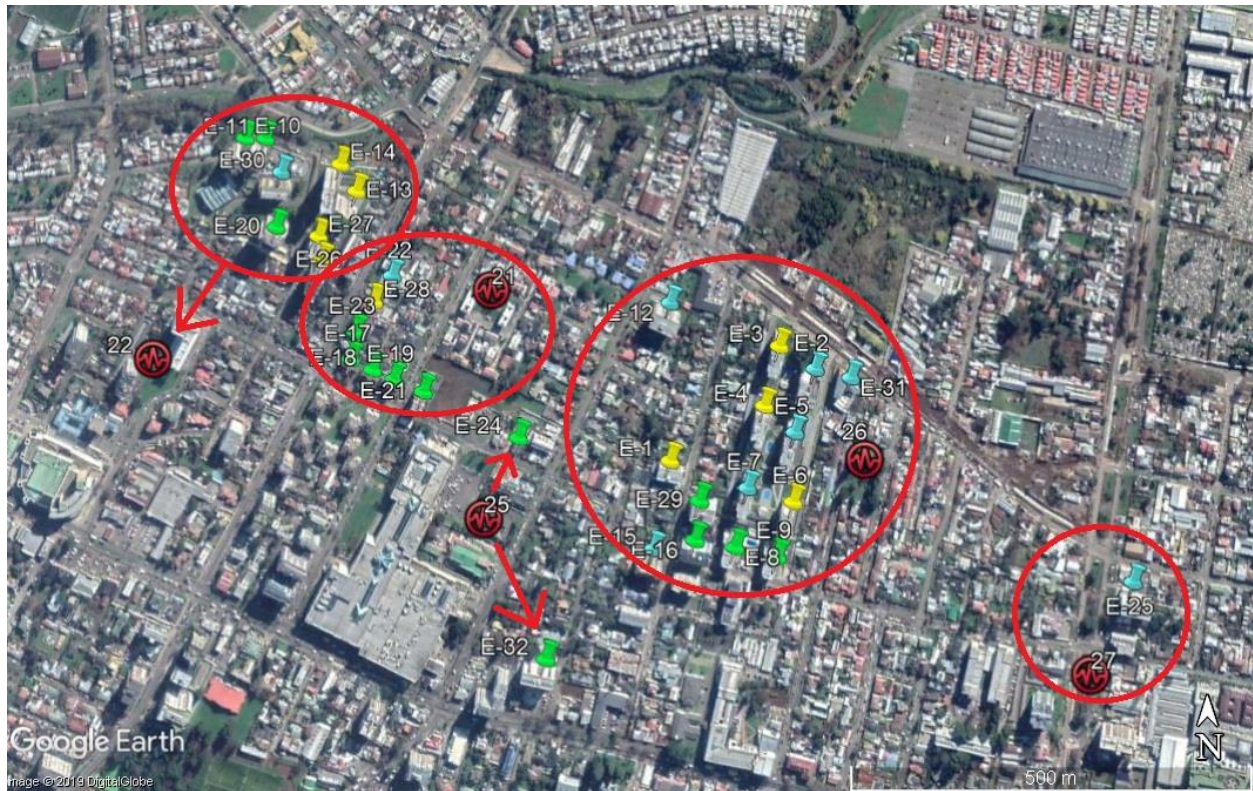
Considerando dicha información, se presenta la clasificación del tipo de suelo para los puntos medidos, lo cual se resume en la Tabla 5.18.

**Tabla 5.18.** Clasificación del tipo de suelo de los puntos de medición según el periodo fundamental.

Punto de Medición	Periodo fundamental (s)	Clasificación Tipo Suelo
21	0.578	D
22	0.375	C
25	0.398	C
26	0.330	C
27	0.515	D

Debido a que los puntos no son suficientes para cubrir toda el área de estudio, se forman 5 grupos de edificios para la asignación por cercanía del periodo fundamental del suelo y clasificación del tipo de suelo correspondiente a cada uno, lo cual se muestra en la Figura 5.26 y se resume en la Tabla 5.19.





**Figura 5.26.** Zonificación realizada para la asignación de periodos fundamentales a los suelos próximos a cada punto de medición.

**Tabla 5.19.** Clasificación de los tipos de suelos en los cuales se emplazan los edificios de la muestra.

Punto de medición	Número Edificio	Periodo fundamental (s)	Tipo Suelo
21	13, 14, 17, 18, 19 ,21, 22, 23 y 28	0.578	D
22	10, 11, 20, 26, 27 y 30	0.375	C
25	24 y 32	0.398	C
26	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 29 y 31	0.330	C
27	25	0.515	D

Una vez realizada la asignación de periodos fundamentales a cada edificio, se analizan la influencia del tipo de suelo sobre la metodología del índice de vulnerabilidad y el potencial riesgo en la similitud de periodos de la estructura y del suelo.

a) Influencia del tipo de suelo en la metodología del índice de vulnerabilidad.

De la muestra total de edificios, aquellos cuya nueva clasificación (según la Tabla 5.19) es más desfavorable que la primera (según informes de mecánica de suelos) resultan ser 9 y se muestran en la Tabla 5.20.

**Tabla 5.20.** Edificios cuya nueva clasificación de suelos es más desfavorable.

Número Edificio	Primera clasificación Tipo Suelo	Segunda clasificación Tipo Suelo
13, 14, 17, 18, 19, 21, 23, 25 y 28.	C	D

Los cambios en la clasificación del tipo de suelo afectan la metodología del índice de vulnerabilidad, pues es un dato de entrada para la clasificación del sub parámetro “Periodo”, lo que afecta en el parámetro “Organización del Sistema Resistente”; del corte basal del edificio, lo que afecta los parámetros “Resistencia Convencional” y “Elementos no Estructurales” y finalmente del parámetro “Tipo de Fundación”.

De los edificios afectados por el cambio en el tipo de suelo, solo los edificios N° 13, 14, 21 y 25 fueron afectados en algunos de sus parámetros mencionados, mientras que el resto no experimentaron cambios. Dichos cambios se muestran en la Tabla 5.21.

**Tabla 5.21.** Cambios generados en la metodología del índice de vulnerabilidad a causa de un cambio en la clasificación del tipo de suelos.

Número Edificio	Periodo	O.S.R.	R.C.	E.N.E.	T.F.	Iv
13	B	C	A → C	B → C	C	0.608 → 0.725
14	B → C	C	A → C	B → C	C	0.608 → 0.725
21	B → C	C	A	B	B	0.549
25	B → C	A → B	B → C	A	A	0.314 → 0.510

Según los cambios mostrados en la Tabla 5.21 y los nuevos índices de vulnerabilidad obtenidos, el único cambio en el grado de daño esperado ocurre en el edificio N° 25, pues cambia de “no esperarse daño” a “esperar daño ligero”.



De los 9 edificios afectados, 4 (44%) se vieron afectados en distintos parámetros, 3 (33%) aumentaron su índice de vulnerabilidad y 1 (11%) aumentó su clasificación de daño esperado a una más desfavorable. Dicho de otra forma, los nuevos resultados evidencian como una clasificación más desfavorable del tipo de suelo (Tipo D en vez de Tipo C) aumenta el índice de vulnerabilidad en al menos un 33% de los casos, aumentando también el grado de daño esperado.

A pesar de que los resultados obtenidos del análisis son satisfactorios para la demostración del nivel de influencia del tipo de suelo sobre la metodología del índice de vulnerabilidad, es importante mencionar que la cantidad de puntos de medición de periodos fundamentales de suelo es muy pequeña comparada con la cantidad de edificios estudiados. Agregado a esto, a los edificios se les asignó el valor del periodo por proximidad, puesto que ninguno se encontraba emplazado en alguno de los puntos de medición. Se recomienda para futuros estudios que se pueda contar con tantas mediciones del periodo fundamental del suelo como edificios se estudien, y que cada una de estas mediciones pueda estar ubicada en la cercanía de cada uno de los edificios correspondientes.

### b) Potencial riesgo en la similitud de periodos de la estructura y el suelo

Como se mencionó anteriormente, existe una estrecha relación entre un edificio y el tipo de suelo sobre el cual este se construya, la cual es recíproca.

La rigidez y la masa de la estructura alteran el movimiento del terreno sobre la cual esté emplazada, lo que significa que un punto cualquiera del suelo podría moverse en una trayectoria diferente a la que se movería si la edificación no estuviera presente. A esta relación se le conoce como interacción suelo-estructura (Cabrera, 2012).

El tipo de suelo puede llegar a alterar el movimiento del edificio, pues al momento de un sismo las ondas sísmicas sufren una transformación mientras viajan desde el basamento rocoso hasta la superficie, la cual se conoce como efecto de sitio y es diferente e independiente del efecto de la interacción suelo-estructura, ya que se presenta esté o no un edificio (Espinoza, 1999).

Los efectos de las formaciones geológicas sobre los movimientos sísmicos existen y pueden ser muy grandes. Ejemplo de esto es el valle de la Ciudad de México, donde los depósitos de arcilla lacustre (suelos blandos) indujeron una amplificación de las ondas sísmicas en la superficie,

traduciéndose en pérdidas económicas y de vidas humanas durante el terremoto de 1985 (Bard, 1997).

Sumado a todo esto, existe el riesgo de acoplamiento entre el periodo natural de un edificio con el del suelo donde este se encuentra, lo que genera una amplificación de la respuesta del edificio (Takewaki, 1998). A este fenómeno se le conoce como resonancia y estuvo presente durante el sismo de la Ciudad de México de 1985 (Wakabayashi y Martínez, 1988). En dicho terremoto, se dice que hubo una doble resonancia, primero entre la onda sísmica incidente y la estructura de la cuenca debajo de la ciudad y después, entre el movimiento en la superficie y los edificios (Seo, 1997). Esta resonancia entre el lecho rocoso y los sedimentos superficiales fue causa de una amplificación de 12.3 veces de las ondas sísmicas, llevando a aceleraciones comparables a las del epicentro ubicado a 400 kilómetros (Abbiss, 1989). El colapso de muchos de los edificios podría haber ocurrido debido a dichas aceleraciones, mientras que la duración produjo rótulas plásticas en las columnas superiores de los edificios colapsados. Este mecanismo de falla se debe, entre otras causas, a la degradación de la rigidez ocasionada por la resonancia ocurrida entre el suelo de superficie y el edificio (Villaverde, 1991).

En el caso de Chile, si bien las grandes ciudades del valle central se fundan mayormente sobre suelos más gruesos de origen fluvial, hay sectores propensos a sufrir efectos de sitio, ya sea por presencia de suelos arcillosos, como también de algunos suelos volcánicos, lo cual quedó en evidencia debido a una mayor concentración de daños en sectores de Santiago y Talca, luego del terremoto del 2010. Puesto que en Temuco la probabilidad de sufrir efectos de sitios es relativamente baja (Sepúlveda, 2017), y considerando que la resonancia es un riesgo siempre presente (pero mitigable), se estudia el riesgo de resonancia por acoplamiento de los periodos naturales del edificio y del suelo sobre el que está fundado.

A continuación se presentan en la Tabla 5.22 la muestra de edificios con sus índices de vulnerabilidad actualizados según la Tabla 5.21, junto con los periodos naturales en ambos ejes respectivos de cada edificio, el periodo fundamental del suelo asignado según la Tabla 5.19 y el porcentaje de similitud entre aquellos periodos más cercanos.

**Tabla 5.22.** Comparación entre los periodos fundamentales de los edificios y sus suelos de fundación.

Número Edificio	Periodo edificio mínimo (s)	Periodo edificio máximo (s)	Periodo suelo (s)	Similitud periodos	Iv
1	0.2505	0.358	0.33	92%	0.647
2	0.574	0.843	0.33	57%	0.392
3	0.403	0.798	0.33	82%	0.627
4	0.411	0.848	0.33	80%	0.667
5	0.64	0.945	0.33	52%	0.275
6	0.444	0.915	0.33	74%	0.686
7	0.64	0.945	0.33	52%	0.275
8	0.319	0.401	0.33	97%	0.451
9	0.319	0.401	0.33	97%	0.451
10	0.787	0.788	0.375	48%	0.471
11	0.787	0.788	0.375	48%	0.471
12	0.505	0.679	0.33	65%	0.333
13	0.927	1.326	0.578	62%	0.725
14	0.724	1.036	0.578	80%	0.725
15	0.412	0.678	0.33	80%	0.373
16	0.361	0.54	0.33	91%	0.412
17	0.274	0.307	0.578	53%	0.598
18	0.274	0.307	0.578	53%	0.598
19	0.274	0.307	0.578	53%	0.598
20	0.739	0.775	0.375	51%	0.490
21	0.577	0.599	0.578	99%	0.549
22	0.266	0.286	0.578	49%	0.235
23	0.266	0.276	0.578	48%	0.422
24	0.183	0.399	0.398	99%	0.510
25	0.449	0.566	0.515	91%	0.510
26	0.616	0.888	0.375	61%	0.608
27	0.616	0.888	0.375	61%	0.608
28	0.195	0.269	0.578	47%	0.686
29	0.481	0.577	0.33	69%	0.451
30	0.402	0.731	0.375	93%	0.353
31	0.266	0.281	0.33	85%	0.333
32	0.444	0.752	0.398	90%	0.412

De toda la muestra, se consideran en alto riesgo sísmico aquellos edificios que cumplan con los dos siguientes criterios:

- Porcentaje de similitud entre periodos naturales del suelo y edificio mayor al 80%.
- El periodo natural del edificio debe ser menor al periodo natural del suelo.

Respecto al primer criterio, se escoge un 80% de similitud como base, debido a que la interacción suelo-estructura aumenta los valores del periodo tanto del suelo como de la estructura. Es por esto que aun cuando los periodos del suelo y del edificio difieran, no se puede desechar la posibilidad de que ocurra el fenómeno de resonancia.

Respecto al segundo criterio, se debe considerar que cuando un edificio y el suelo donde este se encuentra comienzan a vibrar a causa de un sismo, el periodo del edificio aumenta más rápido que el periodo del suelo, por lo que durante la duración de dicho sismo puede existir un intervalo de tiempo en el cual el periodo del edificio coincida con la del suelo, ocasionando resonancia, siempre y cuando el periodo natural del edificio sea menor al del suelo (Espinoza, 1999).

Establecidos dichos criterios, destacan entonces los siguientes edificios que se resumen en la Tabla 5.23.

**Tabla 5.23.** Edificios que cumplen los dos criterios mencionados.

Número Edificio	Periodo edificio mínimo (s)	Periodo edificio máximo (s)	Periodo suelo (s)	Similitud periodos	Iv
1	0.2505	0.358	0.33	92%	0.647
8	0.319	0.401	0.33	97%	0.451
9	0.319	0.401	0.33	97%	0.451
21	0.577	0.599	0.578	99%	0.549
24	0.183	0.399	0.398	99%	0.510
25	0.449	0.566	0.515	91%	0.510
31	0.266	0.281	0.33	85%	0.333

Como se puede observar, en caso de un evento sísmico importante, en estos edificios existe una elevada probabilidad de ocurrencia de resonancia por acoplamiento entre periodos fundamentales

del suelo y del edificio respectivo, lo cual aumentaría en gran manera el daño esperado al punto de daño severo, incluyendo hasta la posibilidad de colapso de la estructura (a pesar de la clasificación entregada por sus índices de vulnerabilidad).

Nuevamente, a pesar de que los resultados obtenidos del análisis son satisfactorios para evidenciar el nivel de influencia que puede llegar a tener la similitud de los periodos tanto del edificio como del suelo, es importante mencionar que dichos resultados son estrictamente teóricos, pues como se mencionó anteriormente, a los edificios se les asignó el valor del periodo por proximidad, puesto que ninguno se encontraba emplazado en alguno de los puntos de medición, por lo que no se puede asegurar con confianza que dichos periodos correspondan al tipo de suelo donde cada edificio está construido. Además de esto, los periodos calculados para cada edificio resultan de la Ecuación 2.6, la cual entrega un valor aproximado y no necesariamente corresponde al valor exacto del periodo de dicho edificio. De igual manera se recomienda para futuros estudios que se pueda contar con mediciones del periodo fundamental del suelo ubicadas en el propio suelo de los edificios correspondientes, y con el periodo exacto de dichos edificios, calculado con un software apropiado.

# **CAPÍTULO 6**

## **CONCLUSIONES**

## Capítulo 6. Conclusiones

Respecto de la metodología del índice de vulnerabilidad, se concluye lo siguiente:

- Los resultados obtenidos mediante la ejecución de la metodología del índice de vulnerabilidad constituyen un buen elemento de juicio para evaluar un proyecto de edificación, el cual puede ser usado como antecedente para decidir si es necesaria la introducción de modificaciones previo a la construcción, lo que podría resultar en un edificio con una estructura más segura frente a un evento sísmico.
- Se recomienda el uso de la metodología del índice de vulnerabilidad como una herramienta aproximada para estimar el comportamiento sísmico de estructuras existentes.
- La metodología del G.N.D.T. ha sido modificada incorporando nuevos aspectos en sus criterios de evaluación sísmica, los que deben revisarse a medida que se realizan nuevos estudios en distintos sectores y que se reúna más información relacionada con el daño sísmico en edificios.
- Se destacan las calibraciones realizadas por Letelier (2003) y Parodi (2010), las cuales permitieron obtener resultados coherentes con respecto a la realidad luego del terremoto del 2010.
- Mientras se posea una mayor cantidad de información (planos en su totalidad, memorias de cálculo, informes de mecánica de suelos), los resultados serán más exactos y de mayor confiabilidad.
- Es conveniente tener los planos de estructuras del edificio estudiado para la recolección de información de muros. A falta de estos, se puede trabajar con los planos de arquitectura; sin embargo, en este caso, queda sujeta a interpretación la distinción de elementos estructurales de los que no lo son.
- AutoCAD es la mejor herramienta para el estudio de los planos, debido a la optimización del tiempo de trabajo y la facilidad para la toma de datos.
- Puesto que la presente investigación es un estudio prospectivo, los resultados obtenidos son aproximados y no taxativos.

Respecto a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- La función de vulnerabilidad que relaciona el índice de vulnerabilidad con el grado de daño esperado, junto con todos límites de clasificación de daños obtenidos fue calibrada para el terremoto del 27 de febrero del 2010 con epicentro a 283 kilómetros de Temuco, por lo que la clasificación de daño esperado para cada índice calculado es válida para un sismo de intensidad similar.
- De ocurrir un sismo de intensidad similar a la del terremoto del 2010, el 28% de la muestra no presentaría daño, el 44% de la muestra presentaría daño ligero, el 28% de la muestra presentaría daño moderado y ninguno presentaría daño severo. Estos resultados pueden catalogarse como buenos del punto de vista del desempeño sísmico, y podrían deberse a que el terreno de Temuco posee un bajo nivel de peligro sísmico.
- Los edificios que sean clasificados en el parámetro “Organización del Sistema Resistente” como Clase C presentan a lo menos un grado de daño ligero, debido al peso de dicho parámetro dentro de la metodología.
- Los edificios que posean una estructuración regular en planta y en elevación, y que tengan una buena cantidad y disposición de las líneas resistentes presentarán en general un buen comportamiento sísmico.

Respecto a los análisis realizados, se concluye lo siguiente:

- El índice de vulnerabilidad tiene una leve tendencia a disminuir a medida que el edificio estudiado es más nuevo, pero la dispersión de los puntos mostrados en la Figura 5.8 es demasiado alta, por lo que para una correcta conclusión respecto a la influencia del año de construcción sobre la metodología se requiere una muestra más grande.
- Se presume que a medida que el edificio presente una mayor cantidad de pisos, su índice de vulnerabilidad se verá aumentado. Sin embargo, esto no puede concluirse pues no existe una tendencia lo suficientemente clara que confirme tal premisa. Es necesaria una muestra más grande para poder confirmar esto.
- El parámetro H/T del perfil Bío-Sísmico permite medir la rigidez traslacional de un edificio de hormigón armado y puede ser utilizado para calibrar una función de



vulnerabilidad, en base a los registros de daño real luego de un sismo, estableciendo una clasificación de daño esperado según el valor de dicho parámetro.

- De la comparación entre los resultados obtenidos a partir del parámetro H/T y los resultados del índice de vulnerabilidad se ve que del parámetro H/T resultan clasificaciones iguales o más desfavorables de daño esperado (con la excepción de un 22% de la muestra), validando los resultados en cuanto al daño esperado según el índice de vulnerabilidad.
- Los valores de H/T y del índice de vulnerabilidad son inversamente proporcionales, pero en vista de que la dispersión de puntos de la Figura 5.15 es demasiado alta, se requiere una muestra mayor de edificios para corroborar esta relación.
- La correcta prospección y clasificación de suelos es de vital importancia debido a la gran influencia del tipo de suelo sobre el comportamiento sísmico de una estructura. Una buena clasificación de suelos permitirá tomar las medidas necesarias (de ser necesario) para mitigar el riesgo de los fenómenos de efecto de sitio y resonancia al mínimo.
- El tipo de suelo influye de manera importante en la metodología del índice de vulnerabilidad, causando resultados más desfavorables y con la posibilidad de aumentar el grado de daño esperado frente a un sismo.
- El riesgo de resonancia existe de manera teórica en los edificios indicados en la Tabla 5.18, puesto que ninguno de los puntos de medición del periodo fundamental está ubicado exactamente donde se emplaza cada edificio, lo que implica que no se puede aseverar que los suelos de fundación tengan los periodos indicados. De todos modos, se recomienda para futuros estudios la medición de dichos periodos en el suelo de fundación de cada uno de estos edificios, con el fin de descartar este riesgo.

**Bibliografía**

- Abbiss, C. (1989). *Seismic Amplification-Mexico City*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics.
- Alday, R. (2004). *Determinación de un Índice Cualitativo de Vulnerabilidad Sísmica de edificios de Hormigón Armado en Concepción*. Concepción, Chile: Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción.
- Alvayay, D. (2013). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del casco urbano de la ciudad de Valdivia, empleando índices de vulnerabilidad*. Valdivia, Chile: Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad Austral de Chile.
- Aranda, P. (2000). *Índice Cualitativo de la Vulnerabilidad Sísmica Aplicada a Edificios en Concepción*. Concepción, Chile: Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción.
- Barbat, A. H. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios*. Madrid: Calidad Siderúrgica.
- Bard, P. Y. (1997). *Local Effects on Strong Ground Motion: Basic Physical Phenomena and Estimation Methods for Microzoning Studies*. Thessaloniki, Grecia: Proceedings of the Advanced Study Course on seismic Risk "SERINA-Seismic Risk: An Integrated Seismological, Geotechnical and Structural Approach".
- Cabrera, J. (2012). *La interacción Suelo Estructura*. República Dominicana.
- Cáceres, G. (2005). *Calibración del Índice de Vulnerabilidad Sísmica del G.N.D.T. para Edificios de Hormigón Armado*. Concepción, Chile: Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción.
- Caicedo, C., Barbat, A., J., A. C., y Aguiar, R. (1994). *Vulnerabilidad sísmica de edificios, Monografías de Ingeniería Sísmica*. Madrid, España: CIMNE.
- Canales, F., Fuentes, M., y Jamett, E. (2014). *Zona de Falla geológica de Lanalhue, Región de la Araucanía*. Santiago: Universidad de Santiago de Chile.
- Centro Sismológico Nacional (CSN) . (2013). *Sismicidad y Terremotos en Chile*. Santiago: Universidad de Chile. Obtenido de <http://www.csn.uchile.cl/>
- Espinoza, F. (1999). *Determinación de características dinámicas de estructuras*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña.

- Gent, K., Astroza, M., y Guliano, M. (2005). *Calibración del índice de vulnerabilidad sísmica del G.N.D.T. a las edificaciones chilenas: Estructuras de albañilería confinada*. Concepción: Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica.
- Glodny, J., Echtler, H., Collao, S., Ardiles, M., Burón, P., & Figueroa, O. (2008). *Differential Late Paleozoic active margin evolution in South-Central Chile (37°S–40°S) – the Lanalhue Fault Zone*. Potsdam, Germany y Concepción, Chile: Journal of South American Earth Sciences.
- Guendelman, T., Guendelman, M., & Lindenberg, J. (1997). *Instrumento de calificación sísmica: Perfil Bío-Sísmico de edificios*. La Serena, Chile.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2017). *Censo 2017*. Temuco.
- Instituto Nacional de Normalización (INN Chile). (2009). *NCh 433.Of1996 modificada en 2009- Diseño sísmico de edificios*. Santiago, Chile.
- Jiménez, G. (2013). *Planos del Edificio Germania*. Temuco: GJvB: Ingenieros Civiles.
- Letelier, V. (2003). *Calibración del índice de vulnerabilidad sísmica del G.N.D.T. para edificios de hormigón armado*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Maldonado, E., Jaspón, N., y Chio, G. (2010). *Funciones de vulnerabilidad calculadas para edificaciones en muros de hormigón reforzado*. Bucaramanga, Colombia: Revista Ingeniería de Construcción.
- Mayer-Rosa, D. (1986). *Tremblements de terre. Origine, risque et aide*. Suiza: UNESCO y Comisión Nacional Suiza de Geofísica.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2011). *REGLAMENTO QUE FIJA EL DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS Y DEROGA DECRETO N° 117, DE 2010*. Santiago, Chile.
- Municipalidad de temuco. (2010). *Informes de daños varios en edificios de Temuco*. Temuco: Dirección de Obras.
- Municipalidad de Temuco. (2019). *Planos varios de edificios de Temuco*. Temuco: Archivo de planos.
- Parodi, C. (2010). *Determinación de un índice cualitativo de vulnerabilidad sísmica de edificios en El Gran Concepción*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Pinto, C., y Toledo, V. (2016). *Utilización del Método de Nakamura para la Caracterización Sísmica de los Suelos en la Ciudad de Temuco*. Temuco, Chile: Universidad de La Frontera, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Departamento de Obras Civiles.

- Quilodrán, D. (2006). *Determinación de un Índice Cualitativo de Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Hormigón Armado en Concepción*. Concepción, Chile: Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción.
- Riddell, R., Wood, S., & de la Llera, J. (1987). *The 1985 Chile earthquake: Structural characteristics and damage statistics for the building inventory in Viña del Mar*. Illinois, USA: University of Illinois Engineering Experiment Station. College of Engineering. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Seo, K. (1997). *Comparison of Measured Microtremors with Damage Distribution*. Japón: International Cooperation Agency (JICA).
- Sepúlveda, S. (2017). *Efecto de sitio: El peligro sísmico de los suelos de nuestras ciudades*. Santiago: Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Souza, J. (2017). What Do The Cracks in Concrete Structures Mean? *Plataforma Arquitectura*, Brasil.
- Stocker, R. (2003). *Planos Edificio Versailles*. Temuco: Ingecal: Ingenieros Calculistas.
- Takewaki, I. (1998). *Remarkable Response Amplification of Building Frames Due to Resonance with the Surface Ground*. Japón: Soil Dynamics and Earthquake Engineering.
- U.S. Geological Survey. (2010). *Magnitude 8.8 - Offshore Maule, Chile*. USGS National Earthquake Information Center.
- Villaverde, R. (1991). *Explanation for the Numerous Upper Floor Collapses During the 1985 Mexico City Earthquake*. Earthquake Engineering and Structural Dynamics.
- Wakabayashi, M., & Martínez, E. (1988). *Diseño de Estructuras Sismoresistentes*. México: Mc Graw Hill.
- Yepez, F. (1996). *Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Yepez, F., Barbat, H., y Canas, J. (1995). *Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería*. Barcelona, España: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE).
- Zhao, J., Asano, A., Fukushima, Y., Irikura, K., John, X., Ogawa, H., . . . Zhang, J. (2006). *An empirical site-classification method for strong-motion in Japan using H/V response spectral ratio*. Japón: Bulletin of the Seismological Society of America.

**ANEXO A**  
**FIGURAS Y TABLAS**

Anexo A. Figuras y Tablas

$$D(I_v) = 36.534 \cdot I_v^4 - 92.033 \cdot I_v^3 + 80.679 \cdot I_v^2 - 26.796 \cdot I_v + 2.9553 \quad \text{Ecuación A.1}$$

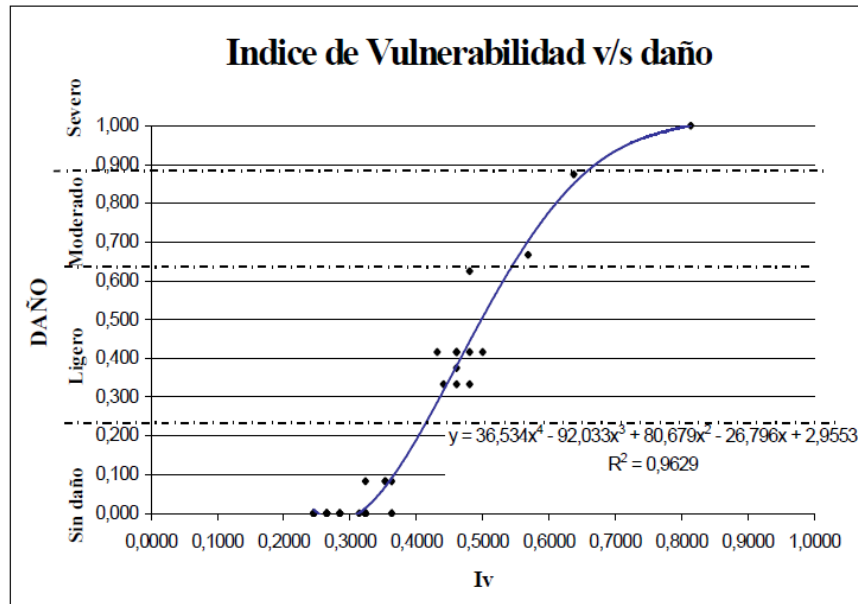


Figura A.1. Función de vulnerabilidad calibrada por Letelier (2003), definida en la Ecuación A.1.

$$D(I_v) = 19.191 \cdot I_v^4 - 56.763 \cdot I_v^3 + 58.746 \cdot I_v^2 - 23.238 \cdot I_v + 3.0743 \quad \text{Ecuación A.2}$$

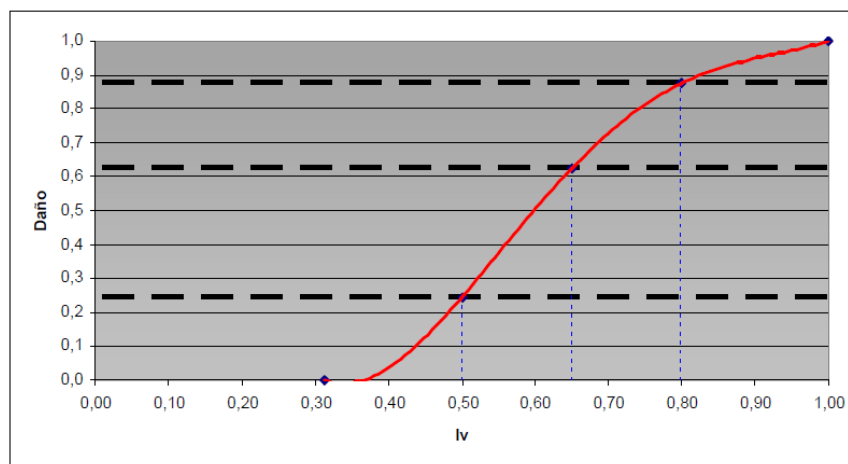
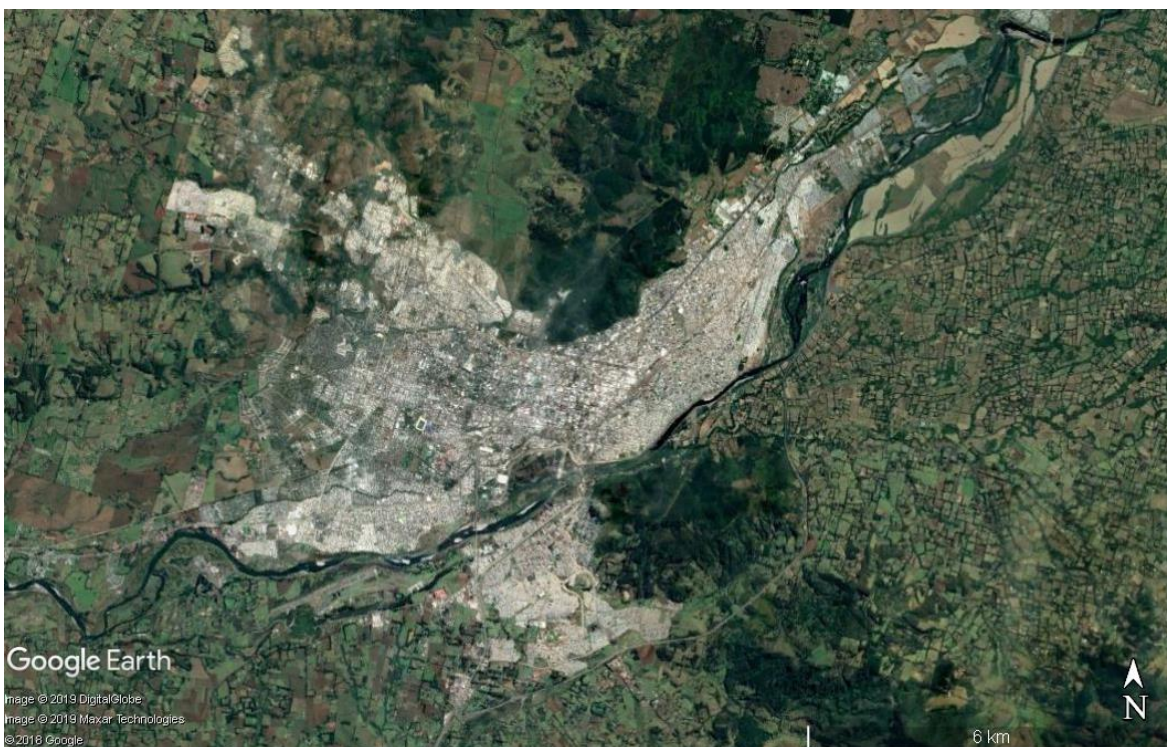
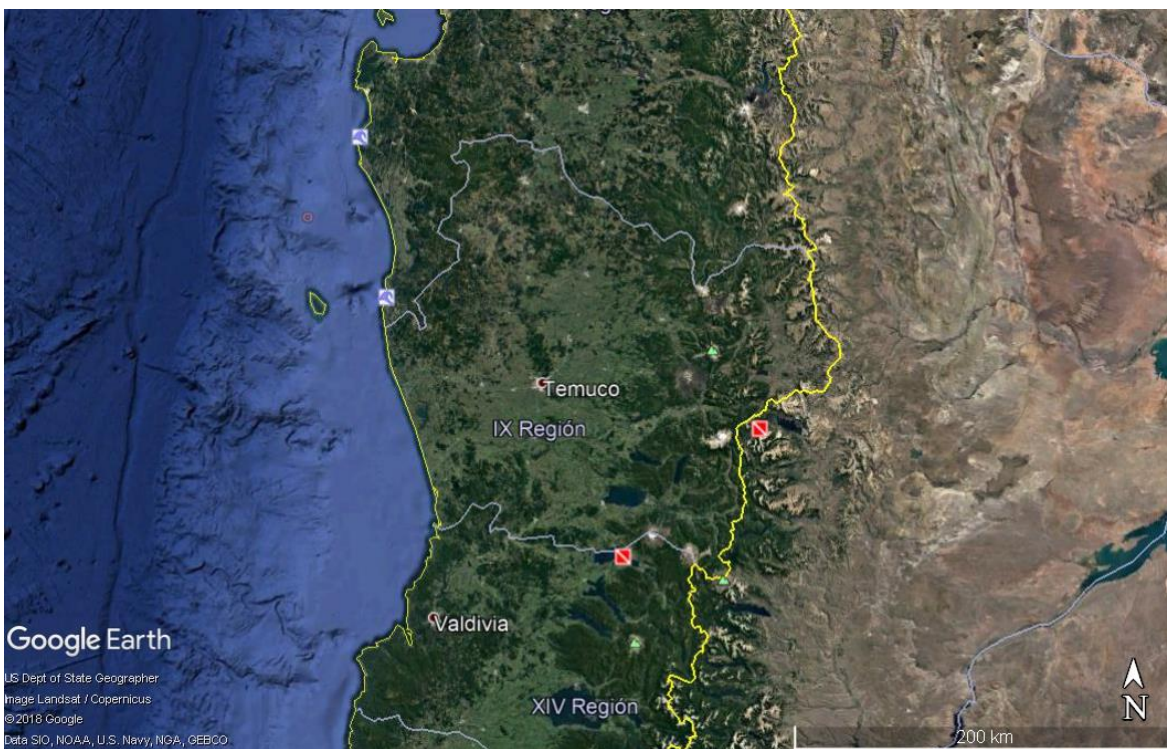


Figura A.2. Función de vulnerabilidad calibrada por Cáceres (2005), definida en la Ecuación A.2.





**Figura A.3.** Ciudad de Temuco (Fuente: Google Earth).



**Figura A.4.** Ubicación de Temuco en la Región de La Araucanía (Fuente: Google Earth).



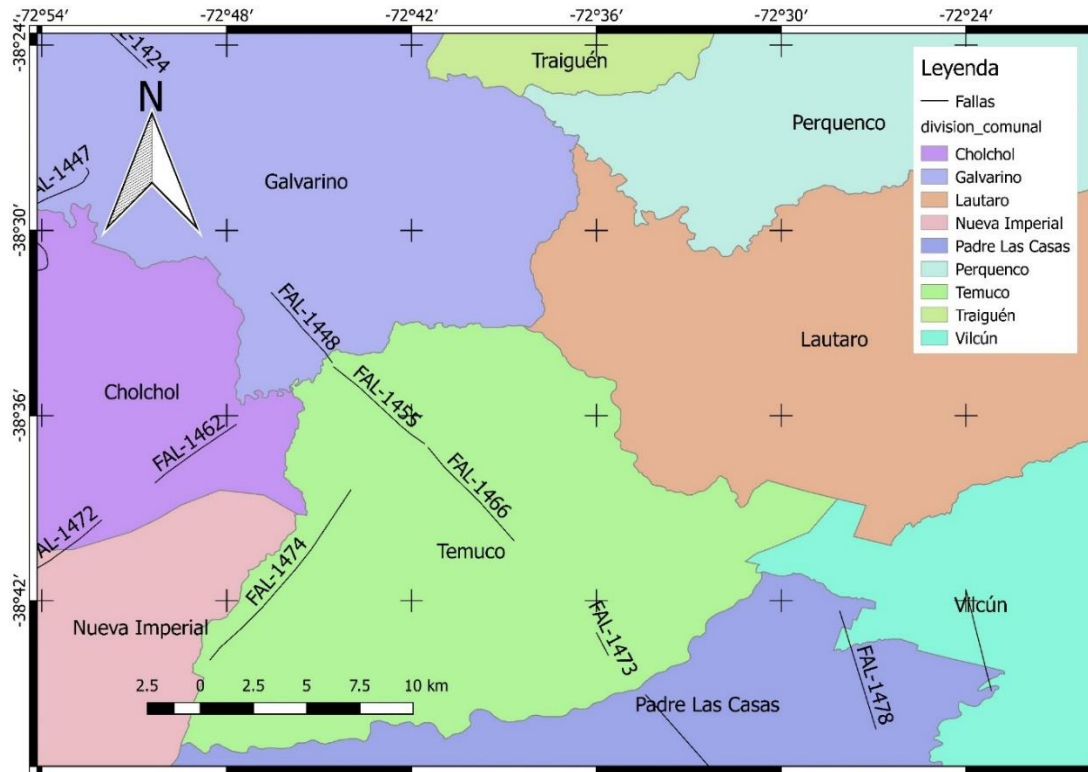
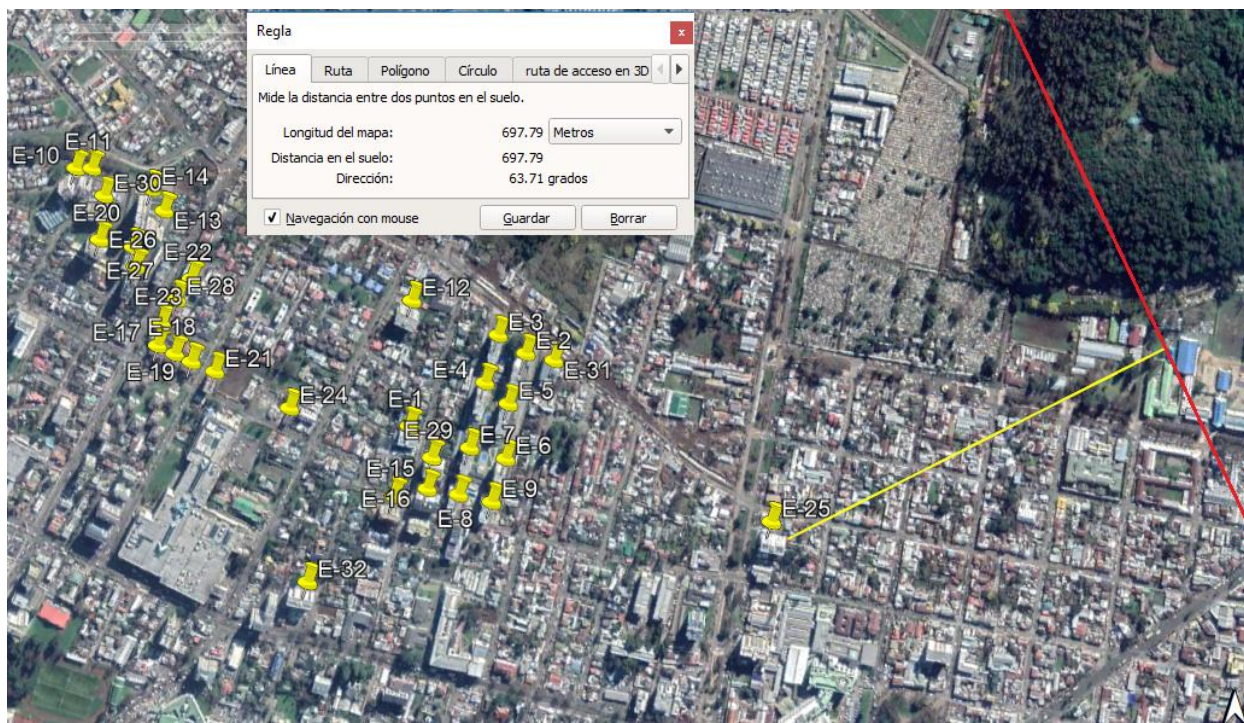


Figura A.5. Ubicación de la falla de Lanalhue en Temuco.



Figura A.6. Ubicación de la falla de Lanalhue en Temuco (Fuente: Google Earth).





**Figura A.7.** Distancia del edificio más cercano (N° 25) a la falla de Lanalhue.

**Tabla A.1.** Valores de frecuencias y periodos naturales obtenidos por Pinto y Toledo.

Punto de Medición	Frecuencia natural (Hz)	Periodo natural (s)
1	3.52	0.284
2	3.72	0.269
3	2.26	0.442
4	4.46	0.224
5	2.94	0.340
6	2.00	0.500
7	2.42	0.413
8	3.55	0.282
9	3.93	0.254
10	2.04	0.490
11	2.43	0.412
12	2.06	0.485
13	3.92	0.255
14	1.61	0.621
15	1.89	0.529
16	3.67	0.272

<b>Punto de Medición</b>	<b>Frecuencia natural (Hz)</b>	<b>Periodo natural (s)</b>
17	3.64	0.275
17.2	3.81	0.262
18	3.80	0.263
19	3.38	0.296
20	3.78	0.265
21	1.73	0.578
22	2.67	0.375
23	2.69	0.372
24	2.40	0.417
25	2.51	0.398
26	3.03	0.330
27	1.94	0.515
28	1.76	0.568
29	2.61	0.383
30	2.44	0.410
31	3.35	0.299
32	2.59	0.386
33	2.00	0.500
34	2.63	0.380
35	1.23	0.813
36	0.75	1.333
37	3.71	0.270
37.2	3.69	0.271
38	3.00	0.333
39	3.08	0.325
40	3.83	0.261
41	3.23	0.310
42	9.89	0.101
42.2	13.59	0.074
43	5.14	0.195
44	3.20	0.313
45	3.49	0.287
46	2.30	0.435
47	3.44	0.291
48	3.72	0.269
49	0.79	1.266
50	1.97	0.508
50.2	0.72	1.389
51	4.37	0.229

<b>Punto de Medición</b>	<b>Frecuencia natural (Hz)</b>	<b>Periodo natural (s)</b>
52	0.75	1.333
52.2	9.24	0.108
53	6.68	0.150
54	4.09	0.244
55	10.21	0.098
56	7.04	0.142
57	1.67	0.599
58	0.72	1.389
59	8.51	0.118

**ANEXO B**  
**FICHAS DE CÁLCULO DE EDIFICIOS**

## Anexo B. Fichas de cálculo de edificios.

Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 1: Edificio Málaga

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2017	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.251	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	15.5	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	15.37	a (m)	1.4	Pje de Clase	0
Ra	1.01	A (m)	25.25	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	18.04	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Flexible	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	31.4	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	22.14	Fecha de Construcción	2017
Ly	15.37	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	192.32	Clase	A
MLRx	4.074	Relación de Área %	11.51	Pje de Clase	0
MLRy	7.28	Dx (m)	0.10	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	1.05	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	10	$\delta_x$ %	0.32	15.5	
Clase	B	$\delta_y$ %	6.83	0.647	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	3	Clase	C		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	2		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	11	a (m)	6.6		
Clase	C	b (m)	16.03		
Pje de Clase	1	c (m)	1.4		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	6	L (m)	15.37		
1,2*N (cm)	7.2	$\beta_1$	0.43		
D (cm)	30	$\beta_2$	0.71		
¿D > 1,2*N?	Si	$\beta_3$	0.09		
Clase	A	$\beta_4$	0.09		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	2.43		
Clase	C	Caso	IV		
Pje de Clase	1	Clase	C		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	2		
Ip1	0.750				
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 2: Los Conquistadores  
Torre A

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2013	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.575	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	35.66	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	B
Lm (m)	14.67	a (m)	1.4	Pje de Clase	1
Ra	2.43	A (m)	29.48	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	2.18	Clase	A
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	31.59	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	26.53	Fecha de Construcción	2013
Ly	14.67	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	387.88	Clase	A
MLRx	3.93	Relación de Área %	6.84	Pje de Clase	0
MLRy	7.32	Dx (m)	11.24	<b>iv</b>	
LRx	5	Dy (m)	0.20	<b>iv normalizado</b>	
LRy	8	$\delta x$ %	35.57	9	
Clase	B	$\delta y$ %	1.36	0.392	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	1	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	2	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	5	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	8	a (m)	13.54		
Clase	A	b (m)	0		
Pje de Clase	0	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	14	L (m)	29.48		
1,2*N (cm)	16.8	$\beta_1$	0.46		
D (cm)	30	$\beta_2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta_3$	0		
Clase	A	$\beta_4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Ip1	0.429				
Clase	B				
Pje de Clase	1				





Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 3: Los Conquistadores Torre B

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2011	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.403	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	30.72	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	B
Lm (m)	12.16	a (m)	12.16	Pje de Clase	1
Ra	2.53	A (m)	47.7	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	3.92	Clase	B
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	47.7	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	27.07	Fecha de Construcción	2011
Ly	12.16	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	630.34	Clase	A
MLRx	3.43	Relación de Área %	4.29	Pje de Clase	0
MLRy	10.54	Dx (m)	11.24	<b>Iv</b>	
LRx	7	Dy (m)	0.20	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	14	$\delta x$ %	23.55	15	
Clase	B	$\delta y$ %	1.64	0.627	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	6	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	7	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	14	a (m)	12.16		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	12	L (m)	47.7		
1,2*N (cm)	14.4	$\beta_1$	0.25		
D (cm)	30	$\beta_2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta_3$	0		
Clase	A	$\beta_4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	C		
<b>I<sub>p1</sub></b>		Pje de Clase	2		
<b>I<sub>p1</sub></b>	0.750				
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 4: Los Conquistadores Torre C

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2012	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.411	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	31.22	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	B
Lm (m)	11.13	a (m)	11.13	Pje de Clase	1
Ra	2.81	A (m)	47.295	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	4.25	Clase	B
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Flexible	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	47.295	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	27.10	Fecha de Construcción	2012
Ly	11.13	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	574.50	Clase	A
MLRx	3.23	Relación de Área %	4.72	Pje de Clase	0
MLRy	10.46	Dx (m)	19.78	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	0.23	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	16	$\delta x$ %	41.82	16	
Clase	A	$\delta y$ %	2.07	0.667	
Pje de Clase	0	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	5	Clase	C		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	2		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	16	a (m)	11.13		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	12	L (m)	47.295		
1,2*N (cm)	14.4	$\beta_1$	0.24		
D (cm)	30	$\beta_2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta_3$	0		
Clase	A	$\beta_4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	C		
<b>I<sub>p1</sub></b>		Pje de Clase	2		
<b>I<sub>p1</sub></b>	0.654				
Clase	C				
Pje de Clase	2				





Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 5: Los Conquistadores  
Torre D

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2012	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.640	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	A
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	0
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	38.377	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	13.54	a (m)	11.54	Pje de Clase	2
Ra	2.83	A (m)	29.479	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	2.18	Clase	A
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	29.479	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	30.47	Fecha de Construcción	2012
Ly	13.54	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	421.21	Clase	A
MLRx	3.708	Relación de Área %	7.23	Pje de Clase	0
MLRy	6.89	Dx (m)	11.24	<b>iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	0.20	<b>iv normalizado</b>	
LRy	10	$\delta x$ %	38.11	6	
Clase	A	$\delta y$ %	1.48	0.275	
Pje de Clase	0	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	1	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	4	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	10	a (m)	13.54		
Clase	A	b (m)	0		
Pje de Clase	0	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	14	L (m)	29.479		
1,2*N (cm)	16.8	$\beta_1$	0.46		
D (cm)	30	$\beta_2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta_3$	0		
Clase	A	$\beta_4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 6: Los Conquistadores Torre E

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2015	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.444	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	33.69	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	11.13	a (m)	11.13	Pje de Clase	2
Ra	3.03	A (m)	47.295	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	C	A/a	4.25	Clase	B
Pje de Clase	1	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Flexible	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	47.295	Área de Huecos (m2)	27.10	Fecha de Construcción	2015
Ly	11.13	Área Diafragma (m2)	574.50	Clase	A
MLRx	3.226	Relación de Área %	4.72	Pje de Clase	0
MLRy	10.459	Dx (m)	19.78	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	0.23	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	16	$\delta x$ %	41.82	16.5	
Clase	A	$\delta y$ %	2.07	0.686	
Pje de Clase	0	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	5	Clase	C		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	2		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	16	a (m)	11.13		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	13	L (m)	47.295		
1,2*N (cm)	15.6	$\beta 1$	0.24		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	C		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	2		
<b>Ip1</b>	0.692				
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 7: Los Conquistadores Torre F

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2012	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.640	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	A
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	0
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	38.377	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	13.54	a (m)	11.54	Pje de Clase	2
Ra	2.83	A (m)	29.479	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	2.18	Clase	A
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	29.479	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	30.47	Fecha de Construcción	2012
Ly	13.54	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	421.21	Clase	A
MLRx	3.708	Relación de Área %	7.23	Pje de Clase	0
MLRy	6.89	Dx (m)	11.24	<b>iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	0.20	<b>iv normalizado</b>	
LRy	10	$\delta x$ %	38.11	6	
Clase	A	$\delta y$ %	1.48	0.275	
Pje de Clase	0	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	1	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	4	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	10	a (m)	13.54		
Clase	A	b (m)	0		
Pje de Clase	0	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	14	L (m)	29.479		
1,2*N (cm)	16.8	$\beta_1$	0.46		
D (cm)	30	$\beta_2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta_3$	0		
Clase	A	$\beta_4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 8: Los Conquistadores IV  
Torre A

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2018	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.319	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	A
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	0
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	21	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	22.515	a (m)	15.48	Pje de Clase	0
Ra	0.93	A (m)	27.14	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.75	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	IV	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Semi-Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	35.5	Área de Huecos (m2)	29.90	Fecha de Construcción	2018
Ly	22.515	Área Diafragma (m2)	592.78	Clase	A
MLRx	5.503	Relación de Área %	5.04	Pje de Clase	0
MLRy	8.1	Dx (m)	13.54	<b>Iv</b>	
LRx	11	Dy (m)	0.59	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	11	$\delta x$ %	38.14	10.5	
Clase	B	$\delta y$ %	2.62	0.451	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	6	Clase	B		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	1		
LRx	10	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	11	a (m)	6.28		
Clase	C	b (m)	27.14		
Pje de Clase	1	c (m)	15.48		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	8	L (m)	35.55		
1,2*N (cm)	9.6	$\beta 1$	0.18		
D (cm)	30	$\beta 2$	0.81		
¿D > 1,2*N?	Si	$\beta 3$	0.44		
Clase	A	$\beta 4$	0.57		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	4.32		
Clase	C	Caso	IV		
Pje de Clase	1	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Ip1	0.750				
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 9: Los Conquistadores IV  
Torre B

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2018	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.319	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	A
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	0
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	21	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	22.515	a (m)	15.48	Pje de Clase	0
Ra	0.93	A (m)	27.14	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.75	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	IV	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Semi-Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	35.5	Área de Huecos (m2)	29.90	Fecha de Construcción	2018
Ly	22.515	Área Diafragma (m2)	592.78	Clase	A
MLRx	5.503	Relación de Área %	5.04	Pje de Clase	0
MLRy	8.1	Dx (m)	13.54	<b>Iv</b>	
LRx	11	Dy (m)	0.59	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	11	$\delta x$ %	38.14	10.5	
Clase	B	$\delta y$ %	2.62	0.451	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	6	Clase	B		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	1		
LRx	10	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	11	a (m)	6.28		
Clase	C	b (m)	27.14		
Pje de Clase	1	c (m)	15.48		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	8	L (m)	35.55		
1,2*N (cm)	9.6	$\beta 1$	0.18		
D (cm)	30	$\beta 2$	0.81		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0.44		
Clase	A	$\beta 4$	0.57		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	4.32		
Clase	C	Caso	IV		
Pje de Clase	1	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
<b>Ip1</b>	0.750				
Clase	C				
Pje de Clase	2				





Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 10: Comunidad edificio Mistral 1

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2006	Clase	C
Tipo de Suelo	III	Clase	A	Pje de Clase	1
Te (s)	0.787	Pje de Clase	0		
Clase	C			<b>Configuración en elevación</b>	
Puntaje de Clase	1			Clase	A
<b>Razón de Aspecto</b>		<b>Posición del edificio</b>		Pje de Clase	0
H (m)	38.24	Clase	A		
Lm (m)	19.31	Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
Ra	1.98			Clase	A
Clase	A	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Pje de Clase	0
Pje de Clase	0	a (m)	19.31		
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		A (m)	19.35	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Lx	19.35	A/a	1.00	Clase	B
Ly	19.31	Caso	I	Pje de Clase	1
MLRx	4.862	Diafragma	Rígido		
MLRy	4.87	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	25.43	<b>Estado de Conservación</b>	
LRx	2	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	346.20	Fecha de Construcción	2006
LRy	6	Relación de Área %	7.34	Clase	A
Clase	C	Dx (m)	11.24	Pje de Clase	0
Pje de Clase	1	Dy (m)	0.20		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		$\delta x$ %	58.06		
LRDx	2	$\delta y$ %	1.04		
LRDy	5	Diafragma en desnivel	No	<b>Iv</b>	
Presencia de Piso Suave	No	Desnivel continuo	No	11	
LRx	2	Diafragma Fragmentado	No	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	6	Clase	A	0.471	
Clase	C	Pje de Clase	0		
Pje de Clase	1				
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		<b>Configuración en Planta</b>			
N	14	a (m)	19.31		
1,2*N (cm)	16.8	b (m)	0		
D (cm)	15	c (m)	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	No	d (m)	0		
Clase	C	L (m)	19.35		
Pje de Clase	1	$\beta_1$	1		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_2$	0		
Clase	B	$\beta_3$	0		
Pje de Clase	0.5	$\beta_4$	0		
		$\beta_5$	0		
		$\beta_6$	0		
		Caso	I		
		Clase	A		
		Pje de Clase	0		
<b>Ip1</b>					
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 11: Comunidad edificio Mistral 2

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2006	Clase	C
Tipo de Suelo	III	Clase	A	Pje de Clase	1
Te (s)	0.787	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	A
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	0
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	38.24	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	19.31	a (m)	19.31	Pje de Clase	0
Ra	1.98	A (m)	19.35	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.00	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	19.35	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	25.43	Fecha de Construcción	2006
Ly	19.31	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	346.20	Clase	A
MLRx	4.862	Relación de Área %	7.34	Pje de Clase	0
MLRy	4.87	Dx (m)	11.24	<b>Estado de Conservación</b>	
LRx	2	Dy (m)	0.20	Fecha de Construcción	2006
LRy	6	$\delta x$ %	58.06	Clase	A
Clase	C	$\delta y$ %	1.04	Pje de Clase	0
Pje de Clase	1	Diafragma en desnivel	No	<b>Iv</b>	
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No	<b>Iv normalizado</b>	
LRDx	2	Diafragma Fragmentado	No	Iv	11
LRDy	5	Clase	A	Iv normalizado	0.471
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0	<b>Configuración en Planta</b>	
LRx	2	a (m)	19.31	a (m)	
LRy	6	b (m)	0	b (m)	
Clase	C	c (m)	0	c (m)	
Pje de Clase	1	d (m)	0	d (m)	
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		L (m)	19.35	L (m)	
N	14	$\beta_1$	1	$\beta_1$	
1,2*N (cm)	16.8	$\beta_2$	0	$\beta_2$	
D (cm)	15	$\beta_3$	0	$\beta_3$	
$\zeta D > 1,2*N?$	No	$\beta_4$	0	$\beta_4$	
Clase	C	$\beta_5$	0	$\beta_5$	
Pje de Clase	1	$\beta_6$	0	$\beta_6$	
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		Caso	I	Caso	
Clase	B	Clase	A	Clase	
Pje de Clase	0.5	Pje de Clase	0	Pje de Clase	
<b>I<sub>p1</sub></b>					
I <sub>p1</sub>	0.795				
Clase	C				
Pje de Clase	2				

Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 12: Edificio Versalles

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2003	Clase	A
Tipo de Suelo	III	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.505	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	32.25	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	18.5	a (m)	18.5	Pje de Clase	0
Ra	1.74	A (m)	33.48	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.81	Clase	A
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	33.48	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	23.92	Fecha de Construcción	2003
Ly	18.5	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	621.68	Clase	A
MLRx	4.7	Relación de Área %	3.85	Pje de Clase	0
MLRy	7.696	Dx (m)	11.85	<b>Iv</b>	
LRx	7	Dy (m)	5.74	7.5	
LRy	11	$\delta x$ %	35.40	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	A	$\delta y$ %	31.03	0.333	
Pje de Clase	0	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	5	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	2	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	7	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	11	a (m)	18.5		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	12	L (m)	33.48		
1,2*N (cm)	14.4	$\beta 1$	0.55		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	A	Caso	I		
Pje de Clase	0	Clase	A		
<b>I<sub>p1</sub></b>		Pje de Clase	0		
<b>I<sub>p1</sub></b>	0.397				
Clase	B				
Pje de Clase	1				





Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 13: Teruel y Zaragoza (Zaragoza)

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2016	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.927	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	57.29	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	15.3	a (m)	15.3	Pje de Clase	2
Ra	3.74	A (m)	31.3	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	C	A/a	2.05	Clase	B
Pje de Clase	1	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	31.3	Área de Huecos (m2)	34.38	Fecha de Construcción	2016
Ly	15.3	Área Diafragma (m2)	390.83	Clase	A
MLRx	4.06	Relación de Área %	8.80	Pje de Clase	0
MLRy	7.26	Dx (m)	11.67	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	0.20	14.5	
LRy	8	$\delta x$ %	37.28	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	B	$\delta y$ %	1.31	0.608	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	4	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	8	a (m)	15.3		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	22	L (m)	31.3		
1,2*N (cm)	26.4	$\beta 1$	0.49		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	B	Caso	I		
Pje de Clase	0.5	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 14: Teruel y Zaragoza (Teruel)

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2016	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.724	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	44.75	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	15.3	a (m)	15.3	Pje de Clase	2
Ra	2.92	A (m)	31.3	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	2.05	Clase	B
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	31.3	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	34.38	Fecha de Construcción	2016
Ly	15.3	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	390.83	Clase	A
MLRx	4.06	Relación de Área %	8.80	Pje de Clase	0
MLRy	7.26	Dx (m)	11.67	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	0.20	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	8	$\delta x$ %	37.28	14.5	
Clase	B	$\delta y$ %	1.31	0.608	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	4	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	8	a (m)	15.3		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	17	L (m)	31.3		
1,2*N (cm)	20.4	$\beta_1$	0.49		
D (cm)	30	$\beta_2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta_3$	0		
Clase	A	$\beta_4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	0		
Clase	B	Caso	I		
Pje de Clase	0.5	Clase	B		
<b>I<sub>p1</sub></b>		Pje de Clase	1		
<b>I<sub>p1</sub></b>	0.622				
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 15: Edificio Aillacara

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1995	Clase	A
Tipo de Suelo	III	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.412	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	25.93	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	12	a (m)	12	Pje de Clase	0
Ra	2.16	A (m)	32.5	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	2.71	Clase	A
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	32.5	Área de Huecos (m2)	16.17	Fecha de Construcción	1995
Ly	12	Área Diafragma (m2)	350.58	Clase	A
MLRx	3.4	Relación de Área %	4.61	Pje de Clase	0
MLRy	7.5	Dx (m)	13.95	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	0.20	8.5	
LRy	12	$\delta x$ %	42.92	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	A	$\delta y$ %	1.67	0.373	
Pje de Clase	0	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	6	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	12	a (m)	12		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	9	L (m)	32.5		
1,2*N (cm)	10.8	$\beta 1$	0.37		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	A	Caso	I		
Pje de Clase	0	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
0.436					
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 16: Maringá City & Home

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2017	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.361	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	23.95	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	16.11	a (m)	16.11	Pje de Clase	2
Ra	1.49	A (m)	36.19	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	2.25	Clase	A
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	36.19	Área de Huecos (m2)	25.84	Fecha de Construcción	2017
Ly	16.11	Área Diafragma (m2)	553.42	Clase	A
MLRx	4.222	Relación de Área %	4.67	Pje de Clase	0
MLRy	8.238	Dx (m)	15.02	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	1.78	9.5	
LRy	13	$\delta x$ %	41.49	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	A	$\delta y$ %	11.05	0.412	
Pje de Clase	0	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	2	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	5	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	13	a (m)	16.11		
Clase	B	b (m)	0		
Pje de Clase	0.5	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	9	L (m)	36.19		
1,2*N (cm)	10.8	$\beta 1$	0.45		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
<b>Ip1</b>	0.494				
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 17: Edificio Los Ingleses

1

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1965	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	B	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.274	Pje de Clase	1	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	14.575	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	18.5	a (m)	7	Pje de Clase	2
Ra	0.79	A (m)	8.9	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.27	Clase	A
Pje de Clase	0	Caso	IV	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Semi-Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	23.2	Área de Huecos (m2)	18.20	Fecha de Construcción	1965
Ly	18.5	Área Diafragma (m2)	231.15	Clase	C
MLRx	4.7	Relación de Área %	7.87	Pje de Clase	2
MLRy	5.64	Dx (m)	0.10	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	1.05	14.25	
LRy	9	$\delta x$ %	0.43	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	B	$\delta y$ %	5.68	0.598	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	Si		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	1	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	2	Clase	C		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	2		
LRx	5	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	9	a (m)	9.6		
Clase	B	b (m)	8.9		
Pje de Clase	0.5	c (m)	7		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	5	L (m)	23.2		
1,2*N (cm)	6	$\beta 1$	0.41		
D (cm)	30	$\beta 2$	0.48		
¿D > 1,2*N?	Si	$\beta 3$	0.30		
Clase	A	$\beta 4$	0.79		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0.93		
Clase	B	Caso	IV		
Pje de Clase	0.5	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Ip1	0.462				
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 18: Edificio Los Ingleses

2

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1965	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	B	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.274	Pje de Clase	1	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	14.575	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	18.5	a (m)	7	Pje de Clase	2
Ra	0.79	A (m)	8.9	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.27	Clase	A
Pje de Clase	0	Caso	IV	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Semi-Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	23.2	Área de Huecos (m2)	18.20	Fecha de Construcción	1965
Ly	18.5	Área Diafragma (m2)	231.15	Clase	C
MLRx	4.7	Relación de Área %	7.87	Pje de Clase	2
MLRy	5.64	Dx (m)	0.10	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	1.05	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	B	$\delta x$ %	0.43	14.25	
Pje de Clase	0.5	$\delta y$ %	5.68	0.598	
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma en desnivel	Si		
LRDx	1	Desnivel continuo	No		
LRDy	2	Diafragma Fragmentado	No		
Presencia de Piso Suave	No	Clase	C		
LRx	5	Pje de Clase	2		
LRy	9	<b>Configuración en Planta</b>			
Clase	B	a (m)	9.6		
Pje de Clase	0.5	b (m)	8.9		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		c (m)	7		
N	5	d (m)	0		
1,2*N (cm)	6	L (m)	23.2		
D (cm)	30	$\beta 1$	0.41		
¿D > 1,2*N?	Si	$\beta 2$	0.48		
Clase	A	$\beta 3$	0.30		
Pje de Clase	0	$\beta 4$	0.79		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 5$	0		
Clase	B	$\beta 6$	0.93		
Pje de Clase	0.5	Caso	IV		
<b>Ip1</b>		Clase	B		
0.462		Pje de Clase	1		
Clase	B				
Pje de Clase	1				





Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 19: Edificio Los Ingleses

3

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1965	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	B	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.274	Pje de Clase	1	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	14.575	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	18.5	a (m)	7	Pje de Clase	2
Ra	0.79	A (m)	8.9	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.27	Clase	A
Pje de Clase	0	Caso	IV	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Semi-Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	23.2	Área de Huecos (m2)	18.20	Fecha de Construcción	1965
Ly	18.5	Área Diafragma (m2)	231.15	Clase	C
MLRx	4.7	Relación de Área %	7.87	Pje de Clase	2
MLRy	5.64	Dx (m)	0.10	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	1.05	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	9	$\delta x$ %	0.43	14.25	
Clase	B	$\delta y$ %	5.68	0.598	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	Si		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	1	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	2	Clase	C		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	2		
LRx	5	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	9	a (m)	9.6		
Clase	B	b (m)	8.9		
Pje de Clase	0.5	c (m)	7		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	5	L (m)	23.2		
1,2*N (cm)	6	$\beta 1$	0.41		
D (cm)	30	$\beta 2$	0.48		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0.30		
Clase	A	$\beta 4$	0.79		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0.93		
Clase	B	Caso	IV		
Pje de Clase	0.5	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Ip1	0.462				
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 20: El Conquistador

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1998	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.739	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	A
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	0
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	45.35	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	B
Lm (m)	28.06	a (m)	22.22	Pje de Clase	1
Ra	1.62	A (m)	19.74	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	0.89	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	IV	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	30.88	Área de Huecos (m2)	48.23	Fecha de Construcción	1998
Ly	28.06	Área Diafragma (m2)	735.75	Clase	A
MLRx	6.612	Relación de Área %	6.56	Pje de Clase	0
MLRy	7.176	Dx (m)	4.79	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	8.42	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	4	$\delta x$ %	5.51	11.5	
Clase	C	$\delta y$ %	30.01	0.490	
Pje de Clase	1	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	2	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	4	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	11	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	10	a (m)	11.14		
Clase	C	b (m)	19.74		
Pje de Clase	1	c (m)	22.22		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	17	L (m)	28.06		
1,2*N (cm)	20.4	$\beta 1$	0.40		
D (cm)	30	$\beta 2$	0.64		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0.79		
Clase	A	$\beta 4$	1.13		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	1.77		
Clase	C	Caso	IV		
Pje de Clase	1	Clase	C		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	2		
Ip1	0.808				
Clase	C				
Pje de Clase	2				





Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 21: Comunidad Edificio Europa

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1995	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.577	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	26.4	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	B
Lm (m)	15.9	a (m)	15.9	Pje de Clase	1
Ra	1.66	A (m)	17.15	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.08	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	15.9	Área de Huecos (m2)	12.73	Fecha de Construcción	1995
Ly	17.15	Área Diafragma (m2)	239.01	Clase	A
MLRx	4.43	Relación de Área %	5.32	Pje de Clase	0
MLRy	4.18	Dx (m)	0.20	<b>Iv</b>	
LRx	7	Dy (m)	6.61	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	7	$\delta x$ %	1.26	13	
Clase	A	$\delta y$ %	38.54	0.549	
Pje de Clase	0	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	3	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	5	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	6	a (m)	15.9		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	10	L (m)	27.15		
1,2*N (cm)	12	$\beta 1$	0.93		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	A		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	0		
Clase	C				
Pje de Clase	2				



## Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 22: Los Robles

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1988	Clase	A
Tipo de Suelo	III	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.266	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	13.22	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	17.5	a (m)	17.5	Pje de Clase	0
Ra	0.76	A (m)	20.3	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.16	Clase	A
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	17.5	Área de Huecos (m2)	8.40	Fecha de Construcción	1988
Ly	20.3	Área Diafragma (m2)	328.69	Clase	B
MLRx	5.06	Relación de Área %	2.56	Pje de Clase	1
MLRy	4.5	Dx (m)	4.60	<b>Iv</b>	
LRx	8	Dy (m)	8.95	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	5	$\delta x$ %	26.29	5	
Clase	B	$\delta y$ %	44.09	0.235	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	0	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	2	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	7	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	5	a (m)	17.5		
Clase	A	b (m)	0		
Pje de Clase	0	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	4	L (m)	20.3		
1,2*N (cm)	4.8	$\beta 1$	0.86		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	A	Caso	I		
Pje de Clase	0	Clase	A		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	0		
Ip1	0.173				
Clase	A				
Pje de Clase	0				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 23: Condominio Los Robles 3

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1982	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	B	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.266	Pje de Clase	1	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	A
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	0
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	13.28	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	19	a (m)	7	Pje de Clase	0
Ra	0.70	A (m)	11.9	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.7	Clase	A
Pje de Clase	0	Caso	IV	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Semi-Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	19	Área de Huecos (m2)	11.55	Fecha de Construcción	1982
Ly	20.5	Área Diafragma (m2)	268.03	Clase	C
MLRx	5.1	Relación de Área %	4.31	Pje de Clase	2
MLRy	4.8	Dx (m)	7.85	<b>Iv</b>	
LRx	4	Dy (m)	5.00	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	C	$\delta x$ %	41.32	9.75	
Pje de Clase	1	$\delta y$ %	24.39	0.422	
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma en desnivel	Si		
LRDx	1	Desnivel continuo	No		
LRDy	2	Diafragma Fragmentado	No		
Presencia de Piso Suave	No	Clase	C		
LRx	4	Pje de Clase	2		
LRy	7	<b>Configuración en Planta</b>			
Clase	B	a (m)	9.7		
Pje de Clase	0.5	b (m)	11.9		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		c (m)	7		
N	4	d (m)	0		
1,2*N (cm)	4.8	L (m)	19		
D (cm)	30	$\beta 1$	0.51		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 2$	0.55		
Clase	A	$\beta 3$	0.37		
Pje de Clase	0	$\beta 4$	0.59		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 5$	0		
Clase	B	$\beta 6$	1.23		
Pje de Clase	0.5	Caso	IV		
<b>Ip1</b>		Clase	B		
0.558		Pje de Clase	1		
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 24: Edificio Inglaterra

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2015	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.183	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	11.05	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	B
Lm (m)	6.3	a (m)	6.3	Pje de Clase	1
Ra	1.75	A (m)	29.99	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	4.76	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Flexible	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	6.3	Área de Huecos (m2)	19.46	Fecha de Construcción	2015
Ly	29.99	Área Diafragma (m2)	188.94	Clase	A
MLRx	6.998	Relación de Área %	10.30	Pje de Clase	0
MLRy	2.26	Dx (m)	1.35	<b>Iv</b>	
LRx	9	Dy (m)	3.72	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	3	$\delta x$ %	21.43	12	
Clase	B	$\delta y$ %	12.39	0.510	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	5	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	1	Clase	C		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	2		
LRx	10	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	3	a (m)	6.3		
Clase	B	b (m)	0		
Pje de Clase	0.5	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	4	L (m)	29.99		
1,2*N (cm)	4.8	$\beta 1$	0.21		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	B	Caso	I		
Pje de Clase	0.5	Clase	C		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	2		
Ip1	0.462				
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 25: Edificio Germania

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2013	Clase	B
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	0
Te (s)	0.450	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	31.36	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	25.2	a (m)	12.2	Pje de Clase	0
Ra	1.24	A (m)	27.55	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	2.26	Clase	A
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Semi-Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	39.885	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	18.29	Fecha de Construcción	2013
Ly	25.2	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	652.15	Clase	A
MLRx	6.04	Relación de Área %	2.80	Pje de Clase	0
MLRy	8.977	Dx (m)	17.75	<b>Iv</b>	
LRx	7	Dy (m)	0.20	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	11	$\delta x$ %	44.50	7	
Clase	B	$\delta y$ %	0.79	0.314	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	3	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	3	Clase	B		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	1		
LRx	7	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	12	a (m)	11.35		
Clase	B	b (m)	27.55		
Pje de Clase	0.5	c (m)	12.2		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	12	L (m)	25.4		
1,2*N (cm)	14.4	$\beta_1$	0.45		
D (cm)	30	$\beta_2$	0.71		
$\zeta D > 1,2*N$ ?	Si	$\beta_3$	0.48		
Clase	A	$\beta_4$	0.44		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	2.43		
Clase	A	Caso	IV		
Pje de Clase	0	Clase	C		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	2		
Ip1	0.295				
Clase	A				
Pje de Clase	0				





Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 26: Jardín de los Reyes  
(A)

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2013	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.616	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	40.5	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	17.07	a (m)	17.07	Pje de Clase	2
Ra	2.37	A (m)	35.5	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	2.08	Clase	B
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	35.5	Área de Huecos (m2)	26.61	Fecha de Construcción	2013
Ly	17.07	Área Diafragma (m2)	531.41	Clase	A
MLRx	4.414	Relación de Área %	5.01	Pje de Clase	0
MLRy	8.1	Dx (m)	12.76	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	5.23	14.5	
LRy	9	$\delta x$ %	35.94	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	B	$\delta y$ %	30.64	0.608	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	6	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	9	a (m)	17.07		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	15	L (m)	35.5		
1,2*N (cm)	18	$\beta 1$	0.48		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Ip1	0.750				
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 27: Jardín de los Reyes  
(B)

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2007	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.616	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	40.5	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	17.07	a (m)	17.07	Pje de Clase	2
Ra	2.37	A (m)	35.5	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	2.08	Clase	B
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	35.5	Área de Huecos (m2)	26.61	Fecha de Construcción	2007
Ly	17.07	Área Diafragma (m2)	531.41	Clase	A
MLRx	4.414	Relación de Área %	5.01	Pje de Clase	0
MLRy	8.1	Dx (m)	12.76	<b>Iv</b>	
LRx	6	Dy (m)	5.23	14.5	
LRy	9	$\delta x$ %	35.94	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	B	$\delta y$ %	30.64	0.608	
Pje de Clase	0.5	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	6	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	6	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	9	a (m)	17.07		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	15	L (m)	35.5		
1,2*N (cm)	18	$\beta 1$	0.48		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	C	Caso	I		
Pje de Clase	1	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Ip1	0.750				
Clase	C				
Pje de Clase	2				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 28: Comunidad  
Condominio Navarra

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1989	Clase	A
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	-1
Te (s)	0.195	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	C	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	1	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	13.55	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	20.7	a (m)	7	Pje de Clase	2
Ra	0.65	A (m)	11.9	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.70	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	IV	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Semi-Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	39.8	Área de Huecos (m2)	22.40	Fecha de Construcción	1989
Ly	20.7	Área Diafragma (m2)	510.44	Clase	B
MLRx	5.14	Relación de Área %	4.39	Pje de Clase	1
MLRy	8.96	Dx (m)	0.10	<b>Iv</b>	
LRx	5	Dy (m)	1.05	<b>Iv normalizado</b>	
LRy	11	$\delta x$ %	0.25	16.5	
Clase	C	$\delta y$ %	5.07	0.686	
Pje de Clase	1	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	3	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	4	Clase	B		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	1		
LRx	5	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	13	a (m)	8.6		
Clase	C	b (m)	11.9		
Pje de Clase	1	c (m)	7		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	5	L (m)	19		
1,2*N (cm)	6	$\beta 1$	0.45		
D (cm)	30	$\beta 2$	0.58		
¿D > 1,2*N?	Si	$\beta 3$	0.37		
Clase	A	$\beta 4$	0.59		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	1.38		
Clase	B	Caso	IV		
Pje de Clase	0.5	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
<b>Ip1</b>	0.718				
Clase	C				
Pje de Clase	2				





Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 29: Edificio Nuevo Mundo

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	1988	Clase	B
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	0
Te (s)	0.481	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	30.03	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	22.2	a (m)	22.2	Pje de Clase	2
Ra	1.35	A (m)	31.95	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	A	A/a	1.44	Clase	B
Pje de Clase	0	Caso	I	Pje de Clase	1
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	31.95	Área de Huecos (m2)	23.14	Fecha de Construcción	1988
Ly	22.2	Área Diafragma (m2)	502.25	Clase	A
MLRx	5.44	Relación de Área %	4.61	Pje de Clase	0
MLRy	7.39	Dx (m)	17.75	<b>iv</b>	
LRx	4	Dy (m)	0.20	<b>iv normalizado</b>	
LRy	9	$\delta x$ %	55.56	10.5	
Clase	C	$\delta y$ %	0.90	0.451	
Pje de Clase	1	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	4	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	3	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	5	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	9	a (m)	22.2		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	11	L (m)	31.95		
1,2*N (cm)	13.2	$\beta 1$	0.69		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	A	Caso	I		
Pje de Clase	0	Clase	A		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	0		
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 30: Comunidad edificio Calatayud

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2006	Clase	C
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	1
Te (s)	0.402	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	A
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	0
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	28.88	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	C
Lm (m)	12.8	a (m)	12.8	Pje de Clase	2
Ra	2.26	A (m)	42.4	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	3.31	Clase	A
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	42.4	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	24.55	Fecha de Construcción	2006
Ly	12.8	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	551.15	Clase	A
MLRx	3.56	Relación de Área %	4.45	Pje de Clase	0
MLRy	9.48	Dx (m)	14.10	<b>iv</b>	
LRx	5	Dy (m)	0.20	<b>iv normalizado</b>	
LRy	9	$\delta x$ %	33.25	8	
Clase	C	$\delta y$ %	1.56	0.353	
Pje de Clase	1	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	3	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	1	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	5	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	11	a (m)	12.8		
Clase	C	b (m)	0		
Pje de Clase	1	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	11	L (m)	42.4		
1,2*N (cm)	13.2	$\beta_1$	0.30		
D (cm)	30	$\beta_2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta_3$	0		
Clase	A	$\beta_4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta_5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_6$	0		
Clase	A	Caso	I		
Pje de Clase	0	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
Ip1	0.590				
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad  $I_v$  para el edificio N° 31: Edificio cede A  
Universidad Santo Tomás

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2011	Clase	B
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	0
Te (s)	0.266	Pje de Clase	0		
Clase	C			<b>Configuración en elevación</b>	
Puntaje de Clase	1			Clase	A
<b>Razón de Aspecto</b>		<b>Posición del edificio</b>		Pje de Clase	0
H (m)	16.15	Clase	A		
Lm (m)	27.11	Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
Ra	0.60			Clase	A
Clase	A	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Pje de Clase	0
Pje de Clase	0	a (m)	7.785		
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		A (m)	15.8	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Lx	30.14	A/a	2.03	Clase	B
Ly	27.11	Caso	III	Pje de Clase	1
MLRx	6.422	Diafragma	Semi-Rígido		
MLRy	7.028	Área de Huecos (m <sup>2</sup> )	14.30	<b>Estado de Conservación</b>	
LRx	5	Área Diafragma (m <sup>2</sup> )	429.48	Fecha de Construcción	2011
LRy	7	Relación de Área %	3.33	Clase	A
Clase	C	Dx (m)	0.10	Pje de Clase	0
Pje de Clase	1	Dy (m)	1.05		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		$\delta x$ %	0.33		
LRDx	3	$\delta y$ %	3.87	<b>Iv</b>	
LRDy	4	Diafragma en desnivel	No	7.5	
Presencia de Piso Suave	No	Desnivel continuo	No	<b>Iv normalizado</b>	
LRx	5	Diafragma Fragmentado	No	0.333	
LRy	7	Clase	B		
Clase	C	Pje de Clase	1		
Pje de Clase	1				
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		<b>Configuración en Planta</b>			
N	5	a (m)	11.31		
1,2*N (cm)	6	b (m)	15.8		
D (cm)	30	c (m)	7.785		
¿D > 1,2*N?	Si	d (m)	0		
Clase	A	L (m)	30.14		
Pje de Clase	0	$\beta_1$	0.38		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta_2$	0.58		
Clase	A	$\beta_3$	0.26		
Pje de Clase	0	$\beta_4$	0.49		
		$\beta_5$	0		
		$\beta_6$	1.40		
		Caso	III		
		Clase	B		
		Pje de Clase	1		
<b>I<sub>p1</sub></b>					
	0.590				
Clase	B				
Pje de Clase	1				



Ficha para el cálculo del índice de vulnerabilidad Iv para el edificio N° 32: Edificio Massmann

Organización del Sistema Resistente		Calidad de la Construcción		Resistencia Convencional	
<b>Periodo Aproximado</b>		Año de Construcción	2008	Clase	B
Tipo de Suelo	II	Clase	A	Pje de Clase	0
Te (s)	0.444	Pje de Clase	0	<b>Configuración en elevación</b>	
Clase	B	<b>Posición del edificio</b>		Clase	C
Puntaje de Clase	0.5	Clase	A	Pje de Clase	2
<b>Razón de Aspecto</b>		Pje de Clase	0	<b>Tipo de Fundación</b>	
H (m)	31.08	<b>Presencia de Diafragmas horizontales</b>		Clase	A
Lm (m)	14	a (m)	14	Pje de Clase	0
Ra	2.22	A (m)	40.2	<b>Elementos No Estructurales</b>	
Clase	B	A/a	2.87	Clase	A
Pje de Clase	0.5	Caso	I	Pje de Clase	0
<b>Cantidad de Líneas Resistentes</b>		Diafragma	Rígido	<b>Estado de Conservación</b>	
Lx	40.2	Área de Huecos (m2)	20.06	Fecha de Construcción	2008
Ly	14	Área Diafragma (m2)	555.70	Clase	A
MLRx	3.8	Relación de Área %	3.61	Pje de Clase	0
MLRy	9.04	Dx (m)	15.35	<b>Iv</b>	
LRx	2	Dy (m)	0.20	9.5	
LRy	8	$\delta x$ %	38.18	<b>Iv normalizado</b>	
Clase	C	$\delta y$ %	1.43	0.412	
Pje de Clase	1	Diafragma en desnivel	No		
<b>Calidad de Líneas Resistentes</b>		Desnivel continuo	No		
LRDx	1	Diafragma Fragmentado	No		
LRDy	2	Clase	A		
Presencia de Piso Suave	No	Pje de Clase	0		
LRx	3	<b>Configuración en Planta</b>			
LRy	9	a (m)	14		
Clase	A	b (m)	0		
Pje de Clase	0	c (m)	0		
<b>Distancia entre partes del edificio con otros colindantes a el</b>		d (m)	0		
N	12	L (m)	40.2		
1,2*N (cm)	14.4	$\beta 1$	0.35		
D (cm)	30	$\beta 2$	0		
$\zeta D > 1,2*N?$	Si	$\beta 3$	0		
Clase	A	$\beta 4$	0		
Pje de Clase	0	$\beta 5$	0		
<b>Rigidez Torsional y distancia entre CM y CR</b>		$\beta 6$	0		
Clase	B	Caso	I		
Pje de Clase	0.5	Clase	B		
<b>Ip1</b>		Pje de Clase	1		
<b>Ip1</b>	0.397				
Clase	B				
Pje de Clase	1				

