

No mmc
665P9

T
Fmm
2013



Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil



“Amplificación de Momentos y Cálculo de Factor de Amplificación Dinámica para el Diseño al Corte por Capacidad de Muros de Hormigón Armado en Chile”

por

Valeria Alejandra Farfán Herrera

Trabajo de Título para optar al Grado de Licenciada en Ciencias de la Ingeniería y Título de Ingeniero Civil

- Muros
- Hormigón Armado
- Flexo Compresión

RJ6852

Prof. Guía: Alejandro Morales Gómez

Mayo, 2013

Dedicado a mi madre Norma y hermana Paola, mis apoyos fundamentales en este camino, quienes siempre confiaron en mis capacidades y me brindaron todo su cariño, amor y comprensión.

A mi marido Pablo Labraña, quien ha sido mi pilar, compañero y amigo en este objetivo.

En especial a mi angelito quien me acompañó en este último periodo AILF.

AGRADECIMIENTOS

A mis incondicionales amigos María Jesús, Paulina y Pablo quienes estuvieron siempre en los buenos y malos momentos de la vida.

A mi profesor guía Alejandro Morales, por su gran apoyo y motivación para la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
INTRODUCCIÓN.....	13
OBJETIVOS.....	14
Objetivo Generales.....	14
Objetivos Específicos.....	14
ALCANCES.....	14
CAPITULO 1 ANTECEDENTES.....	15
1.1 Estructuras en base a muros.....	16
1.1.1 Muros en voladizo.....	16
1.2 Modos de fallas en muros estructurales.....	17
1.3 Disposiciones actuales de diseño.....	19
CAPITULO 2 ESTRUCTURA ANALIZADA.....	25
2.1 Materiales.....	27
2.1.1 Hormigón armado.....	27
2.1.2 Propiedades mecánicas.....	28
CAPITULO 3 ANÁLISIS SISMICO.....	29
3.1 Combinación de las sollicitaciones.....	29

3.2 Análisis modal espectral.....	29
3.2.1 Espectro de diseño.....	30
3.3 Superposición modal.....	32
3.4 Resultados análisis sísmico.....	32
3.4.1 Corte basal.....	32
3.4.2 Deformaciones sísmicas.....	34
3.4.2.1 Desplazamiento relativo entre pisos.....	34
3.4.2.2 Desplazamiento lateral máximo.....	35
3.5 Diseño de muros.....	36
3.5.1 Resistencia de diseño.....	36
3.5.2 Flexo compresión.....	38
3.5.3 Momento curvatura.....	48
3.5.4 Corte.....	53
CAPITULO 4 ANÁLISIS NO LINEAL.....	60
4.1 Tiempo Historia.....	60
4.1.1 Amortiguamiento.....	60
4.1.2 Tipo de modelo.....	60
4.1.3 Modelo histéresis.....	60
4.1.4 Propiedades elásticas de diseño.....	61
4.1.5 Diagrama de Interacción.....	62
4.1.6 Masa.....	63

4.1.7 Cargas.....	63
4.1.5 Terremotos.....	63
CAPITULO 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	65
5.1 Calculo de Diseño por Capacidad.....	65
5.2 Cálculo de Factor de Amplificación.....	77
5.3 Diagramas de Momento.....	86
CAPITULO 6 CONCLUSIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
ANEXO A.....	94
ANEXO B.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1: Características de los muros analizados.....	25
Tabla 2.2: Características del acero.....	27
Tabla 2.3: Características de los materiales.....	28
Tabla 3.1: Parámetros del Suelo.....	31
Tabla 3.2: Parámetros dependientes del tipo de suelo.....	31
Tabla 3.3: Cortes Basales para las 7 estructuras de muro.....	33
Tabla 3.4: Valores de C_d^*	35
Tabla 3.5: Desplazamientos laterales máximos.....	36
Tabla 3.6: Distribución de momentos, a lo largo de la altura, para los muros I, II, III, IV, V, VI, VII.....	38
Tabla 3.7: Armadura a la flexión para los muros I, II, III, IV, V, VI y VII.....	41
Tabla 3.8: Comparación de la capacidad de curvatura ϕ con la demandada ϕ_u	52
Tabla 3.9: Requerimiento ϵ_{cu}	53
Tabla 3.10: Restricción del corte nominal.....	54
Tabla 3.11: Valores de V_u para los muros I, II, III, IV, V, VI y VII.....	55
Tabla 3.12: Resumen de la armadura al Corte.....	59
Tabla 4.1: Propiedades Elásticas.....	61
Tabla 4.2: Valores utilizados para el modelo cuadrático viga-columna.....	63
Tabla 4.3: Aceleraciones máximas terremoto "Maule".....	64
Tabla 5.1: Factor de sobrerresistencia.....	66
Tabla 5.2: Valores de constantes propuestos.....	74

Tabla 5.3: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro I.....	77
Tabla 5.4: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro II.....	78
Tabla 5.5: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro III.....	78
Tabla 5.6: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro IV.....	79
Tabla 5.7: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro V.	79
Tabla 5.8: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro VI.	80
Tabla 5.9: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro VII.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1: Distribución de cargas en un muro en voladizo.....	16
Figura 1.2: Tipos de fallas en un muros voladizos.....	17
Figura 1.3: Respuesta indeseada de un muro sometido a cargas cíclicas.....	18
Figura 1.4: Respuesta histérica estable de un muro estructural dúctil.....	18
Figura 1.5: Comparación de fuerzas dinámicas en muros.....	19
Figura 1.6: Amplificación dinámica para esfuerzos en muros en voladizo.....	22
Figura 1.7: Recomendación para el diseño de momento en muros.....	23
Figura 2.1: Idealización de las estructuras.....	26
Figura 2.2: Representación de la estructura analizada.....	26
Figura 2.3: Curva deformación unitaria del acero.....	28
Figura 3.1: Espectro de diseño elástico.....	31
Figura 3.2: Deformaciones entre piso para los 7 muros.....	34
Figura 3.3: Grafica desplazamientos laterales máximos.....	36
Figura 3.4: Variación de ϕ para elementos sometidos a carga axial y flexión.....	37
Figura 3.5: Distribución de momentos a lo largo de la estructura.....	39
Figura 3.6: Efecto de la cantidad y distribución del refuerzo vertical en la curvatura última	40
Figura 3.7: Diagrama de Interacción	42
Figura 3.8: Diagrama de Interacción Muro I.....	43
Figura 3.9: Diagrama de Interacción Muro II.....	43
Figura 3.10: Diagrama de Interacción Muro III.....	44

Figura 3.11: Diagrama de Interacción Muro IV.....	44
Figura 3.12: Diagrama de Interacción Muro V.....	45
Figura 3.13: Diagrama de Interacción Muro VI.....	45
Figura 3.14: Diagrama de Interacción Muro VII.....	46
Figura 3.15: Disposición de armadura Muro I.....	46
Figura 3.16: Disposición de armadura Muro II.....	47
Figura 3.17: Disposición de armadura Muro III.....	47
Figura 3.18: Disposición de armadura Muro IV.....	47
Figura 3.19: Disposición de armadura Muro V.....	47
Figura 3.20: Disposición de armadura Muro VI.....	48
Figura 3.21: Disposición de armadura Muro VII.....	48
Figura 3.22: Diagrama Momento Curvatura Muro I P=-42.02 Ton.....	49
Figura 3.23: Diagrama Momento Curvatura Muro II P=-87.1 Ton.....	49
Figura 3.24: Diagrama Momento Curvatura Muro III P=-186.2 Ton.....	50
Figura 3.25: Diagrama Momento Curvatura Muro IV P=-316.8 Ton.....	50
Figura 3.26: Diagrama Momento Curvatura Muro V P=-438.4 Ton.....	51
Figura 3.27: Diagrama Momento Curvatura Muro VI P=-657.5 Ton.....	51
Figura 3.28: Diagrama Momento Curvatura Muro VII P=-889.33 Ton.....	52
Figura 3.29: Diagrama de Corte V_u a lo largo de la altura del muro para cada estructura.....	56
Figura 3.30: Diagrama de Corte V_u , V_n y ϕV_n ACI 318 - 08 (a) Muro I, (b) Muro II, (c) Muro III (d) Muro IV, (e) Muro V, (f) Muro VI, (g) Muro VII.....	56
Figura 4.1: Modelo de histéresis Takeda (Otan, 1974).....	61
Figura 4.2: Modelo de diagrama de interacción cuadrático viga-columna.....	62

Figura 5.1: Representación Hipérbola.....	66
Figura 5.2: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro I....	67
Figura 5.3: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro I.....	67
Figura 5.4: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro II...	68
Figura 5.5: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro II.....	68
Figura 5.6: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro III..	69
Figura 5.7: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro III.....	69
Figura 5.8: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro IV.	70
Figura 5.9: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro IV.....	70
Figura 5.10: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro V.....	71
Figura 5.11: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro V.....	71
Figura 5.12: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro VI.	72
Figura 5.13: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro VI.....	72
Figura 5.14: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro VII.....	73
Figura 5.15: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro VII.	73
Figura 5.16: Grafica función ajustada para la constante A.....	75
Figura 5.17: Grafica función ajustada para la constante B.....	75
Figura 5.18: Grafica función ajustada para la constante C.....	76
Figura 5.19: Grafica función ajustada para la constante D.....	76
Figura 5.20: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis no lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro I... ..	82
Figura 5.21: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis no lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro II.. ..	82
Figura 5.22: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis no lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro III.	83

Figura 5.23: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis\ no\ lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro IV.	83
Figura 5.24: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis\ no\ lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro V.	84
Figura 5.25: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis\ no\ lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro VI.	84
Figura 5.26: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis\ no\ lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro VII.	85
Figura 5.27 Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro I.....	86
Figura 5.28: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro II.....	87
Figura 5.29: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro III.....	87
Figura 5.30: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro IV.....	88
Figura 5.31: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro V.....	88
Figura 5.32: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro VI.....	89
Figura 5.33: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro VII.....	89

INTRODUCCION

Chile es un país en donde fenómenos sísmicos ocurren periódicamente, es por eso que las edificaciones deben cumplir con los requisitos de diseños estipulados en la NCh 433 Of. 1996 modificada 2009, el decreto supremo N° 60 y el código ACI 318-08, para controlar el daño estructural y colapso frente a los eventuales movimientos sísmicos.

En Chile existen 3 estructuraciones típicas para edificaciones en altura: muros, marcos y sistemas mixtos de hormigón armado, siendo los más comunes los muros que le otorgan mayor resistencia, rigidez y adecuada capacidad de deformación.

El diseño de los muros en edificaciones es de gran importancia, ya que de estos dependerá su resistencia, lo cual tiene por objetivo minimizar todo tipo de falla frágil que pueda producir desplazamientos impuestos por un sismo. Una de las fallas consideradas frágiles, es decir, con poca capacidad de deformación en el rango no-lineal, son las producidas por los esfuerzos de corte, por esta razón es fundamental conocer la demanda real de corte. Por otra parte en los que se refiere al diseño a la flexión, solo se determina la cuantía de acero necesaria para que resista los movimientos sísmicos, pero no especifica hasta qué nivel se debe mantener la resistencia.

La normativa actual en Chile determina los esfuerzos internos por medio de combinaciones de cargas (cargas permanentes, sobrecarga de uso y sollicitaciones sísmicas), caracteriza el terremoto mediante un espectro elástico de pseudo aceleración con 5% de razón de amortiguamiento crítico, al cual se le aplica el factor de reducción R^* calculando los esfuerzos y deformaciones con un espectro reducido. Para este espectro, se limitan los desplazamientos del orden del dos por mil, obteniéndose para él una respuesta completamente operacional. Es decir, se interpreta la reducción como si se tratara de un diseño sin daños para un sismo frecuente de menor magnitud. Esta metodología deja oculto el verdadero comportamiento de una edificación ante un terremoto.

Esta incertidumbre hace necesario saber si el diseño establecido para las edificaciones de muros en la actualidad es el adecuado. Según lo anterior nace la motivación de analizar diferentes estructuras de muros, comparando los resultados del análisis utilizando la normativa actual de Chile con un análisis no-lineal tiempo - historia, con registros sísmicos chilenos del terremoto del Maule (2010).

OBJETIVOS

Objetivos Generales

Determinar factor de amplificación dinámica, para el diseño al corte por capacidad y la envolvente de momento a partir de registros chilenos, para estructuras con muros en voladizo de hormigón armado.

Objetivos Específicos

- Caracterizar edificaciones estructuradas con muros, según la practica Chilena actual.
- Modelar matemáticamente los muros, considerando las características no lineales de los materiales.
- Obtener la respuesta no lineal de momentos y cortes.
- Analizar y comparar resultados con la práctica Chilena.

ALCANCES

- Se caracterizan, analizan y diseñan 7 edificaciones típicas con muros de hormigón armado
- Los edificios a analizar constan de 2, 4, 8, 12, 16, 20 y 25 pisos, cada piso de 2,5 m. De altura.
- Los muros analizados serán los más representativos de las estructuraciones chilenas.
- Se utiliza el programa Ruaumoko (Carr J., 2008), para realizar el análisis no lineal tiempo-historia de los edificios.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

En la actualidad para el cálculo y diseños de estructuras la norma NCh 433 Of. 1996 modificada 2009, decreto supremo N° 60, 61 y código ACI-318 2008 está orientada a lograr que la estructura: resistan sin daños movimientos sísmicos de intensidad moderada, limiten los daños en elementos estructurales durante sismos de mediana intensidad y aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad excepcionalmente severa.

La norma de diseño sísmico define los procedimientos para obtener la valoración de la acción sísmica sobre edificios, donde se incorpora el método modal espectral, basado en la teoría dinámica, y en la experiencia adquirida de los eventos sísmicos ocurridos en nuestro país, diseño que tiene un punto de discusión referido a la forma como incorpora la posibilidad de incursión en el rango inelástico que tienen las estructuras al estar sometidas a severas acciones laterales. Actualmente un factor de modificación de la respuesta (R_0 o R) refleja las características de absorción y disipación de energía de la estructura resistente, así como la experiencia sobre el comportamiento sísmico de los diferentes tipos de estructuraciones y materiales empleados (NCh 433 Of. 1996 modificada 2009). La incertidumbre generada por este factor de modificación de la respuesta y su correcta estimación, además de la imposibilidad de predecir sismos futuros y la potencial vulnerabilidad presente en los edificios ha llevado a los investigadores a desarrollar métodos de análisis, que permitan verificar si los distintos elementos constituyentes de una estructura incursionan o no dentro del rango inelástico.

El diseño de muro en los códigos Europeos o normativa neozelandesa, por ejemplo, deben ser diseñados por capacidad, criterio ampliamente aceptado por la comunidad internacional de ingenieros, en donde se determinan los esfuerzos de corte amplificados por un factor, el cual depende de los sismos. En lo que se refiere a la normativa Chilena, este tipo de diseño, no ha sido especificado.

El 27 Febrero del 2010 Chile sufre el terremoto del "Maule", lo que produjo daños en las edificaciones de hormigón armado. Donde diferentes tipos de fallas frágiles fueron producidas, como por ejemplo las producidas por los esfuerzos de corte, por lo que el Ministerio de Vivienda y Urbanismo fija nuevos requisitos para el diseño y el cálculo de Hormigón Armado, oficializándolo en el Decreto Supremo N° 60 oficial 2011.

1.1 Estructuras en base a muros.

Desde hace mucho se ha reconocido la utilidad de los muros en el diseño estructural de edificios de niveles múltiples. Cuando los muros se colocan en posiciones ventajosas dentro de una construcción, pueden ser muy eficientes para resistir las cargas laterales producidas por los vientos y los sismos. Estos muros se han denominado muros cortantes debido a que con frecuencia gran parte de la carga lateral de un edificio, si no es que toda se transfieren a estos elementos. El nombre no es muy apropiado ya que en raras ocasiones el modo crítico de resistencia está relacionado con el cortante. (Park y Paulay, 1983)

Los muros cortantes bien diseñados en las áreas sísmicas tienen un buen historial. No solo pueden proporcionar seguridad estructural adecuada, sino que también pueden dar gran protección contra daño estructural costoso durante perturbaciones sísmicas.

1.1.1 Muros en voladizo

Los muros cortantes en voladizos con secciones rectangulares simples, como el de la figura 1.1 se comportan esencialmente de la misma manera que una viga en voladizo de hormigón armado.

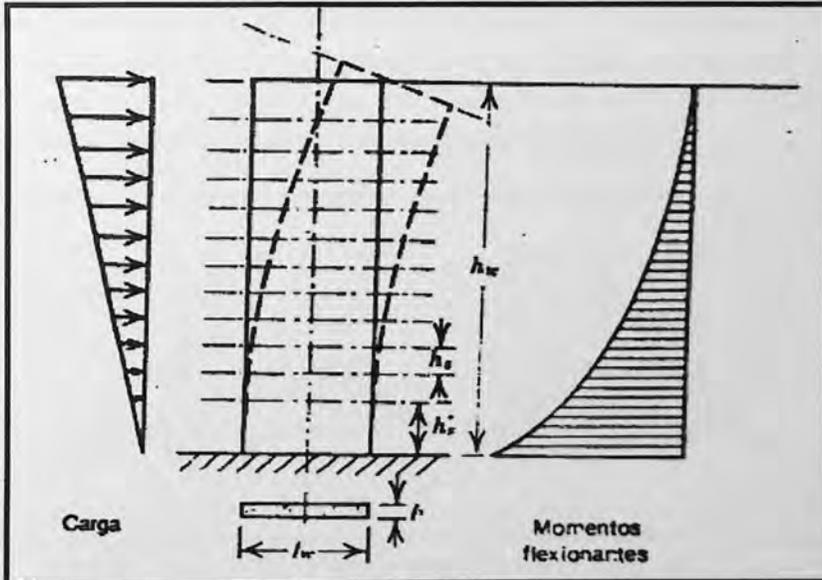


Figura 1.1: Distribución de cargas en un muro voladizo. (Park y Paulay, 1983).

Por lo general las losas de piso de un edificio de múltiples niveles, que se indican en la figura 1.1, actúan como diafragmas rígidos horizontales y dan apoyo lateral. En consecuencia, se puede considerar que la longitud crítica con respecto al pandeo es igual a la altura entre pisos.

El muro cortante, si actúa como un voladizo grande, estará sujeto a momentos flexionantes y fuerzas cortantes que se originen principalmente en las cargas laterales y a compresión axial provocada por la gravedad.

1.2 Modos de fallas en muros estructurales

Una condición en el diseño de muros estructurales dúctiles es que la fluencia a flexión en zonas de rótulas plásticas claramente definidas puede controlar la resistencia, deformación inelástica, y por lo tanto la disipación de energía del sistema estructural completo.

El principal origen de las fallas es por la disipación de energía en muros en voladizo cargados lateralmente, figura 1.2 (a), en el fluye el refuerzo a flexión en las regiones de rótulas plásticas, normalmente en la base de los muros como muestra la figura 1.2 (b) y 1.2 (e). Los modos de falla a ser prevenidos son aquellos debidos a la tensión diagonal, figura 1.2 (c), o compresión causada por corte, inestabilidad de secciones de muros delgadas o del refuerzo a compresión principal, deslizamiento por corte en juntas constructivas, como muestra la figura 1.2 (d), y falla por corte o adherencia a lo largo de empalmes plegados o anclajes (Paulay y Priestley, 1992).

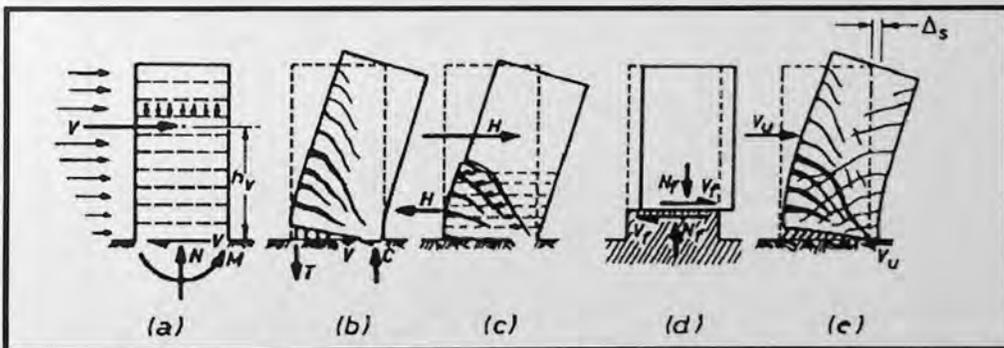


Figura 1.2: Tipos de fallas en muros voladizos. (Paulay y Priestley, 1992)

Un ejemplo indeseado de respuesta dominada por cortante de un muro estructural sometido a cargas cíclicas es mostrado en la figura 1.3, particularmente severo es el balanceo, degradación de resistencia y pérdida de la habilidad para disipar energía (Paulay y Priestley, 1992).

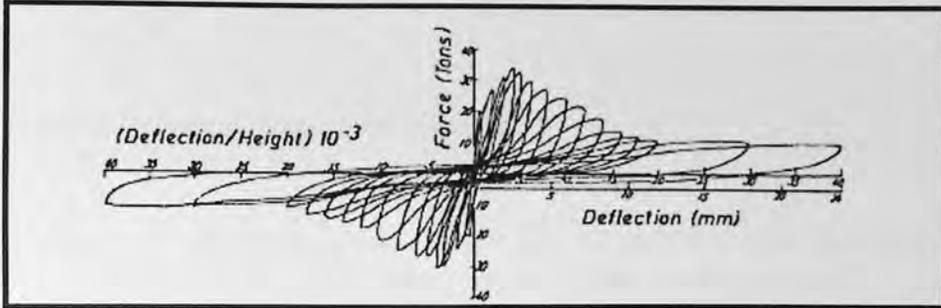


Figura 1.3: Respuesta indeseada de un muro sometido a cargas cíclicas. (Paulay y Priestley, 1992)

Por otra parte un muro detallado cuidadosamente diseñado con ductilidad flexional y protegido contra una falla por corte diseñado bajo los principios de capacidad exhibe, una respuesta mejorada como se ve en la figura 1.4 (Paulay y Priestley 1992).

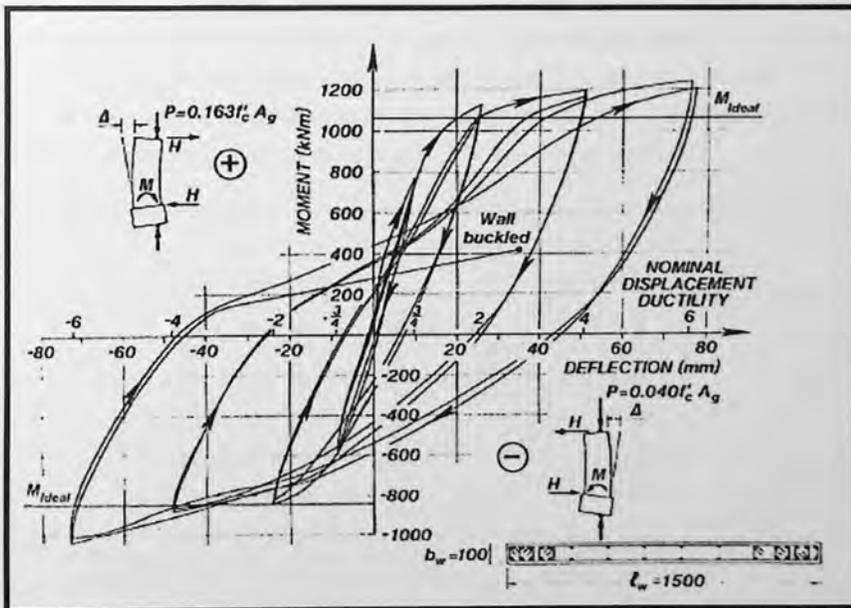


Figura 1.4: Respuesta histórica estable de un muro estructural dúctil. (Paulay y Priestley, 1992)

Los criterios básicos que el diseñador pretende satisfacer es la provisión de una adecuada rigidez, resistencia y ductilidad. Además, el diseñador debe tener en cuenta cuidadosamente los muros diseñados para ductilidad a la flexión y protegido contra una falla de corte por los principios de diseño de capacidad.

1.3 Disposiciones actuales de diseño

La mayoría de los enfoques de los códigos en el diseño de edificios sismorresistentes especifican una distribución de cargas estáticas laterales, donde la estructura debe ser capaz de resistir con seguridad. Estas fuerzas estáticas se distribuyen de tal forma que simulan una fuerza equivalente a la inducida por excitación sísmica en la base, pero de magnitud reducida

Para asegurar que el corte no inhiba el comportamiento dúctil deseado de los sistemas de muro y que los efectos de este no reduzcan significativamente la disipación de energía durante la respuesta histerica, no se debe permitir que controle la fuerza cortante. Por lo tanto, la estimación de diseño debe hacerse para la fuerza de corte máxima que podría tener un muro estructural durante la respuesta sísmica.

El enfoque que puede ser utilizado se deriva de la filosofía del diseño por capacidad. El cual se basa en diseñar para un desempeño considerado deseado la sobrerresistencia a la flexión del muro y para la influencia de la respuesta de los modos superiores que distorsionan la distribución de fuerzas sísmicas laterales asumidas por los códigos. (Paulay y Priestley, 1992).

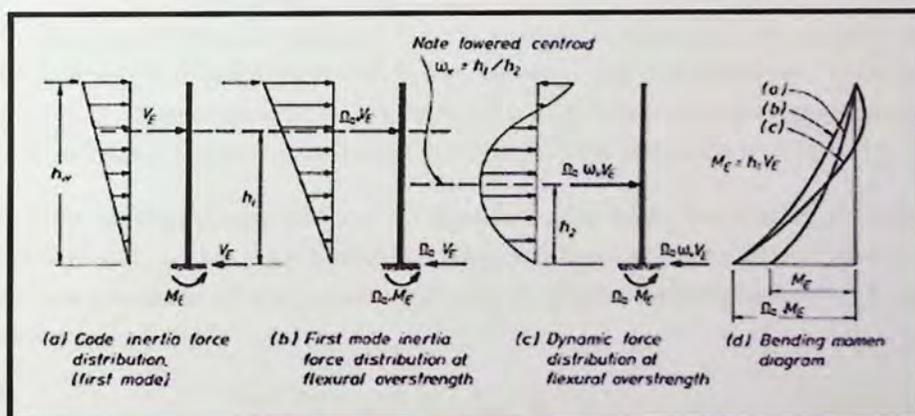


Figura 1.5: Comparación de fuerzas dinámicas en muros. (Paulay and Priestley, 1992)

De los efectos dinámicos puede resultar un aumento de la demanda de corte. Durante una respuesta predominantemente del primer modo de la estructura, la distribución de las fuerzas inerciales será similar al mostrado en la figura 1.5 (a) y (b), donde el patrón de la fuerza es análogo a la distribución estándar especificadas en los códigos de fuerzas estáticas. La figura 1.5 (a) muestra la resultante del esfuerzo de corte se produce en h_1 que corresponde a $2/3$ de la altura total (h_w), y la figura 1.4 (b) representa la fuerza de corte de diseño que incrementada comparada con la inicial, siendo amplificadas por el factor de sobrerresistencia (Ω_0) ecuación 1.1 para tener en cuenta el exceso de resistencia en flexión, cuando se produzcan las rótulas plásticas, aumentando las resistencias de la estructura.

$$\Omega_0 = \frac{M_{Nominal}}{M_{Codigo}} \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

Donde

$M_{Nominal}$ = Momento nominal del muro.

M_{Codigo} = Momento obtenido de los códigos de diseño.

En algunos instantes de respuesta, durante el sismo el desplazamiento y aceleraciones pueden ser fuertemente influenciados por los modos segundo y tercero de vibraciones, lo que resulta en la distribución de la fuerza como se ve en la figura 1.5 (c), donde la fuerza resultante está situada a una altura h_2 . Momentos flectores asociados con patrones de fuerza se muestra en la figura 1.5 (d).

El factor de amplificación dinámica w representa el aumento potencial de la resistencia requerida debido a los efectos de los modos más altos. Este factor se estima de la igualación de la sobrerresistencia a la flexión del primer modo, con el de los modos superiores (ecuación 1.2), dando como resultado la ecuación 1.3.

$$\Omega_0 * V_E * h_1 = \Omega_0 * V_E * h_2 * w \quad (\text{Ecuación 1.2})$$

$$w = \frac{h_1}{h_2} \quad (\text{Ecuación 1.3})$$

Es de esta manera que el corte por capacidad queda estipulado como:

$$V_{\text{Capacidad}} = V_{\text{wall}} = \Omega_0 * w_v * V_E \quad (\text{Ecuación 1.4})$$

Donde V_E corresponde a la demanda de corte horizontal en la base, Ω_0 es el factor de sobrerresistencia a la flexión y w_v el factor de amplificación dinámica al corte, que puede ser tomado como:

- Estructuras de muros:

$$w_v = 0.9 + n/10 \quad \text{Para edificios hasta 6 pisos, y} \quad (\text{Ecuación 1.5})$$

$$w_v = 1.3 + n/30 \quad \text{Para edificios de más de 6 pisos, pero no más de 15, ya que } w_v \leq 1.8 \quad (\text{Ecuación 1.6})$$

Los factores de amplificación dinámicos representados en la ecuaciones 1.5 y 1.6 fueron determinados con una base de datos de sismos (Blakely et al, 1975).

En consecuencia para la capacidad de momento requerido en muros voladizo, el momento de base se amplifica para la sobrerresistencia, y una distribución lineal de los momentos es generalmente adoptada hasta la altura del muro para dar cuenta de los efectos de los modos más altos. Como es evidente de la figura.1.6 (a), esto implica una mayor amplificación de momentos a media altura que en la base o parte superior del muro.

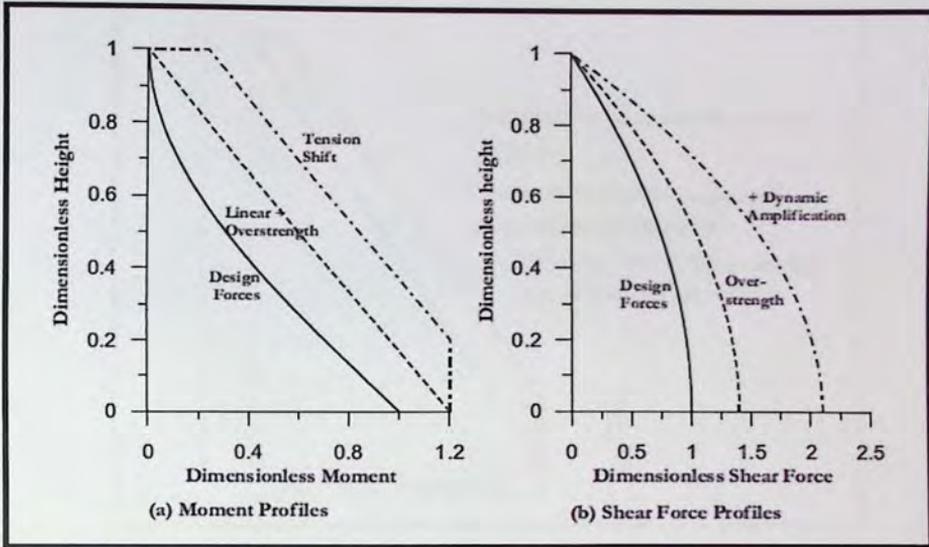


Figura 1.6: Amplificación dinámica para esfuerzos en muros en voladizo. (Priestley, 2003)

Las fuerzas de corte correspondientes a la distribución de fuerza lateral equivalente se amplifican por el factor de sobre resistencia a la flexión, y el factor de amplificación dinámica w_p , directamente en acuerdo con la ecuación (1.4), como se muestra en la figura 1.5 (b). Este factor ha sido obtenido a partir investigaciones anteriores (Paulay y Priestley). Las actuales disposiciones del código [NZS 4203, 1992] se basan en este tipo de análisis descrito.

El Código Europeo Eurocódigo 8 por ejemplo, especifica que una distribución de momentos a lo largo de la altura de la pared debe estar dada por una envoltura del diagrama de momento de flexión calculado (obtenido a partir del análisis estructural), desplazado verticalmente (cambio de tensión) por una distancia igual a la altura de la h_{cr} región crítica de la pared. La envoltura puede suponerse lineal, si la estructura no presenta discontinuidades importantes de la masa, la rigidez o la resistencia en toda su altura. (Figura 1.7).

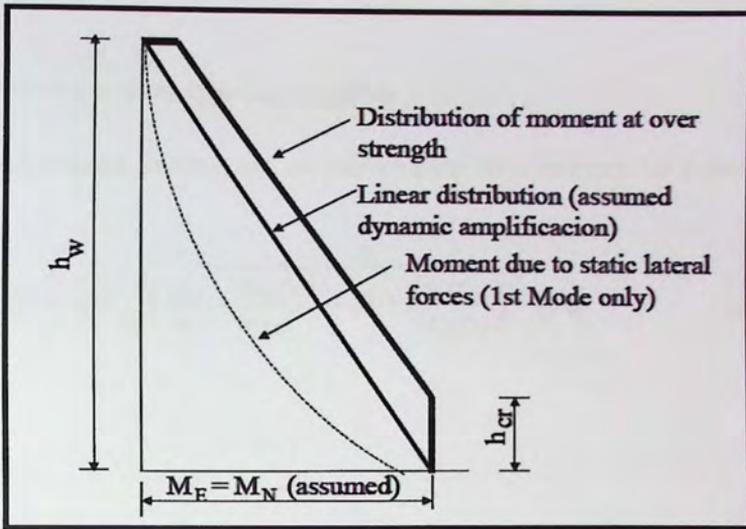


Figura 1.7: Recomendación para el diseño de momento en muros. (Eurocódigo 8)

La altura de la h_{cr} región crítica por encima de la base de la pared se puede estimar como

$$h_{cr} = \max[lw, H_w/6] \quad (\text{Ecuación 1.7})$$

Pero con:

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 * l_w \\ \left\{ \begin{array}{l} h_s \\ 2 * h_s \end{array} \right. & \begin{array}{l} \text{para } n \leq 6 \text{ pisos} \\ \text{para } n \geq 7 \text{ pisos} \end{array} \end{cases}$$

Además especifica un procedimiento simplificado basado en el criterio de la capacidad de diseño para tener en cuenta el aumento de las fuerzas de corte después de fluir en la base del muro. Los valores de cálculo de los esfuerzos cortantes V_{Ed} se deben calcular de la ecuación 1.8.

$$V_{Ed} = \varepsilon * V'_{Ed} \quad (\text{Ecuación 1.8})$$

Donde

V_{Ed} es el esfuerzo cortante obtenido del análisis.

ε es el coeficiente de amplificación, calculado a partir de la ecuación 1.9 y siendo no menor de 1.5.

$$\varepsilon = q * \sqrt{\left(\frac{\gamma_{Rd}}{q} * \frac{M_{Rd}}{M_{Ed}}\right)^2 + 0.1 \left(\frac{S_e(T_C)}{S_e(T_1)}\right)^2} \leq q \quad (\text{Ecuación 1.9})$$

Donde

q es el coeficiente de comportamiento usado en el cálculo;

M_{Ed} es el valor de cálculo del momento flector en la base del muro;

M_{Rd} es el valor del cálculo de la resistencia a flexión en la base del muro;

γ_{Rd} es un coeficiente que represente la posible reserva de resistencia debida al endurecimiento por deformación del acero; si no se dispone de datos más precisos se puede tomar γ_{Rd} igual a 1.2;

T_1 es el periodo fundamental de vibración del edificio en la dirección de los esfuerzos V_{Ed} ;

T_C es el límite superior del tramo de aceleración espectral constante

$S_e(T)$ es la ordenada del espectro de respuesta elástico.

Por último el Eurocódigo 8 establece disposiciones especiales para muros bajos, cuando la relación h_w/l_w no es mayor de 2 no hay necesidad de modificar los momentos flectores que resultan del cálculo. También se pueden despreciar los incrementos de cortantes debidos a efectos dinámicos.

CAPITULO 2

ESTRUCTURA ANALIZADA

Las estructuras analizadas corresponden a una serie de 7 muros rectangulares en voladizo de hormigón armado de 2.5 m de altura entre piso, con diferentes dimensiones y alturas totales (Tabla 2.1), los cuales serán idealizados como se muestran en la figura 2.1

Tabla 2.1: Características de los muros analizados.

Muro	Nº de pisos	e (m)	l_w (m)	H_w (m)
I	2	0,2	2,0	5
II	4	0,2	2,5	10
III	8	0,2	3,5	20
IV	12	0,25	4,0	30
V	16	0,25	5,0	40
VI	20	0,3	5,5	50
VI	25	0,3	6,5	62,5

La idea de los muros es que sean representativos de estructuras con muros de la misma altura.

Para analizar una estructura, se hacen ciertas idealizaciones sobre cómo están soportadas estas como lo muestra la figura 2.1. Para este análisis se considera que los muros toman un área tributaria de 40m^2 (figura 2.2 (a)), área aproximada que una estructura de muro toma en una edificación, con una losa de espesor 15 cm. (figura 2.2 (b)), este espesor ha sido considerado en la mayoría de las estructuraciones en nuestro país.

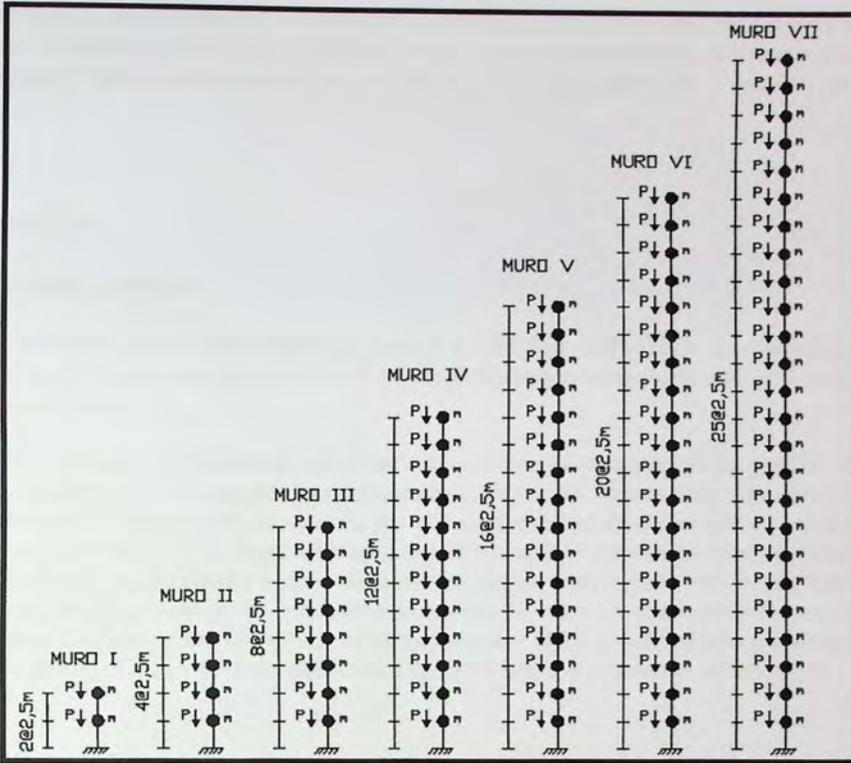


Figura 2.1: Idealización de las estructuras.

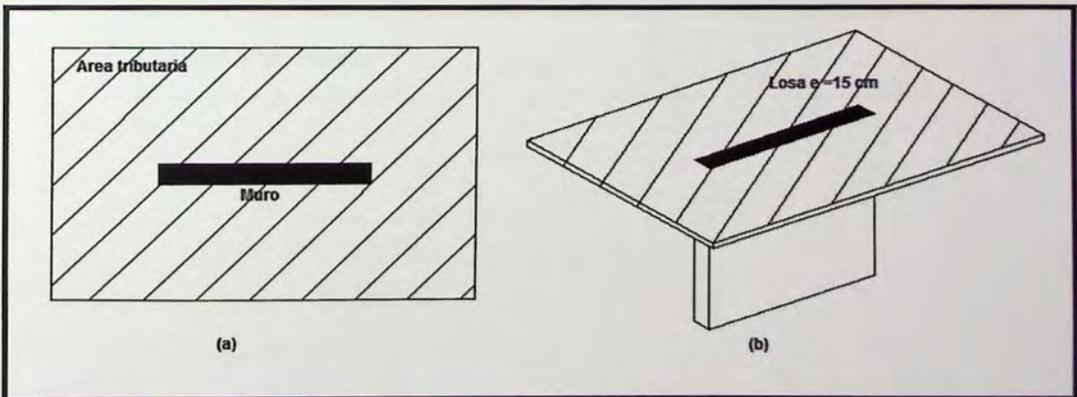


Figura 2.2: Representación de la estructura analizada.

En todas las estructuras se considera una sobrecarga de diseño de $250 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$, según lo estipulado en la norma NCh1537 Of.2009 [INN, 2009] para oficinas privada. Además se agrega una carga permanente adicional de peso propio de $150 \text{ [kgf/m}^2\text{]}$ que considera el peso de tabiquerías y sobrelosas.

2.1 Materiales

2.1.1 Hormigón armado

En los muros I, II, III, IV y V se utiliza hormigón estructural clase H25 con resistencia cilíndrica $f'_c = 200 \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$, y para los muros VI y VII se utiliza hormigón estructural H30 $f'_c = 250 \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$ alcanzada a los 28 días.

Para el refuerzo se considera barras de acero comercial con resaltes de calidad A630-420H, la tabla 2.2 muestra las características resistentes. El acero se supone con una curva resistencia bilineal, mostrada en la figura 2.3, compuesto por un tramo elástico donde el acero vuelve a su forma después de la deformación y un segundo tramo donde alcanza el valor de la fluencia, lo que significa que ha alcanzado su límite plástico y ya no es capaz de tomar más carga y volver a su forma original. Cabe señalar que la curva de acero originalmente cuenta con dos tramos más correspondiente al endurecimiento, donde el acero se rigidiza después de haber fluido plásticamente y por último la zona descendiente donde el acero se va poniendo menos tenso hasta el momento de la fractura.

Tabla 2.2: Características del acero.

Propiedad	Valor	Unidades
Tensión de Fluencia f_y	4200	$[\text{Kgf/cm}^2]$
Tensión de Rotura f_u	6300	$[\text{Kgf/cm}^2]$

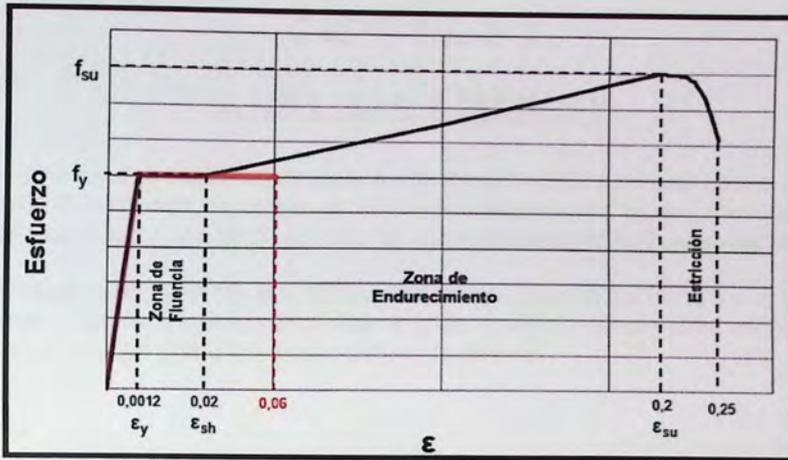


Figura 2.3: Curva deformación unitaria del acero.

2.1.2 Propiedades mecánicas

El módulo de Young del hormigón se calcula según la ecuación 2.1 estipulada en la ACI 318-08. La densidad del hormigón armado se asume de 2.500 [kg/m³]. El módulo de corte se obtiene con la ecuación 2.2, y la tabla 2.3 resume las propiedades del hormigón armado y acero utilizadas en el análisis y diseño de los edificios.

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'_c} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

$$G = \frac{E_c}{2(1+\nu)} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Tabla 2.3: Características de los materiales.

	Hormigón H25	Hormigón H30	Acero
Peso específico	2.5 [Ton/m ³]	2.5 [Ton/m ³]	7,85 [Ton/m ³]
Modulo de Elasticidad (E_c)	2.1E5 [Kgf/cm ²]	2.4E5 [Kgf/cm ²]	2.1E6 [Kgf/cm ²]
Coefficiente de Poisson (ν)	0.2	0.2	0.25
Modulo de Corte (G)	8.75E4 [Kgf/cm ²]	1.0E5 [Kgf/cm ²]	8.0E5 [Kgf/cm ²]
(ϵ_c)	0.003	0.003	0.06

CAPITULO 3

ANÁLISIS SÍSMICO

El análisis se realiza según lo estipulado en la normativa Chilena oficial para el diseño sísmico de edificios NCh 433. Of 1996 Modificada en 2009 y en conformidad a las exigencias establecidas en el decreto N°61 aprobado el año 2011, en virtud del terremoto ocurrido en Febrero del 2010.

Para el diseño sísmico de las estructuras se considera una zona sísmica 3 y un tipo de suelo C que corresponde a un suelo con una velocidad de onda de corte equivalente de los 30 m superiores del terreno (V_{S30}) mayor o igual a 350 m/s y menor que 500 m/s.

Solicitaciones

- Carga Permanente: En la determinación de las cargas permanentes para el propósito del diseño, se deben utilizar los pesos reales de los materiales y los elementos de construcción. Se deben incluir, con propósitos de diseño, los pesos de los equipos de servicio fijos, tales como, equipos de cañerías y tubos, alimentadores eléctricos, calefacción, ventilación y sistemas de climatización.
- Sobrecarga de Uso: Determinadas según Nch 1537 .Of 2009, especificando el uso de la estructura.
- Carga Sísmica: Determinada por el espectro de diseño definido en el decreto N° 61 aprobado el año 2011.

3.1 Combinación de las solicitaciones

La combinación de las solicitaciones sísmicas con las cargas permanentes y sobrecarga de uso se deben hacer usando las reglas de superposición indicadas en Nch 3171 .Of 2010, utilizando las combinaciones que produzcan el efecto más desfavorable en el elemento estructural considerado. Las combinaciones a utilizar son:

- Comb 1 = 1,2 Carga permanente + 1,6 Sobre Carga
- Comb 2 = 1,2 Carga Permanente + 1 Sobre Carga \pm 1,4 Carga Sísmica
- Comb 3 = 0,9 Carga Permanente \pm 1,4 Carga Sísmica

3.2 Análisis modal espectral

La respuesta máxima de un sistema ante una solicitación sísmica se obtiene utilizando el análisis modal espectral. Este análisis permite calcular la respuesta máxima probable de la estructura cuando la solicitación sísmica se representa por un espectro elástico, combinando las respuestas de los diferentes modos por medio de un método de combinación modal.

3.2.1 Espectro de diseño

El espectro de diseño que determina la resistencia sísmica de la estructura está definido por la ecuación 3.1

$$S_a = \frac{SA_0\alpha}{(R^*/I)} \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

En que los valores de I (coeficiente de importancia) y A_0 (aceleración efectiva) se determinan en la NCh 433 Of. 1996, mod 2009.

El factor de amplificación α se determina para cada modo de vibrar, de acuerdo a la ecuación 3.2

$$\alpha = \frac{1+4,5\left(\frac{T_n}{T_0}\right)^p}{1+\left(\frac{T_n}{T_0}\right)^3} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

En que:

T_n = Periodo de vibración del modo n ;

T_0, p = Parámetros relativos al tipo de suelo .

El factor de reducción R^* se determina de acuerdo a la ecuación 3.3

$$R^* = 1 + \frac{T^*}{0,10T_0 + \frac{T^*}{R_0}} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

En que:

T^* = Periodo del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección del análisis;

R_0 = Valor para la estructura según se establece de acuerdo a las disposiciones de la NCh 433 .Of 1996, mod 2009.

Los parámetros sísmicos que se muestran en la Tabla 3.1, en conjunto con los que dependen del tipo de suelo (ver tabla 3.2) permiten obtener el espectro de diseño correspondiente (Figura 3.1).

Tabla 3.1: Parámetros del Suelo.

Parámetros Sísmicos	
Zona Sísmica	3
Suelo Tipo	C
Coefficiente de Importancia I	1
Factor de modificación R	7
Factor de modificación R_0	11
A_0	0,4 g

Tabla 3.2: Parámetros dependientes del tipo de suelo.

Parámetros del suelo (Suelo C)				
S	T_0 [S]	T' [s]	n	p
1,05	0,4	0,45	1,4	1,6

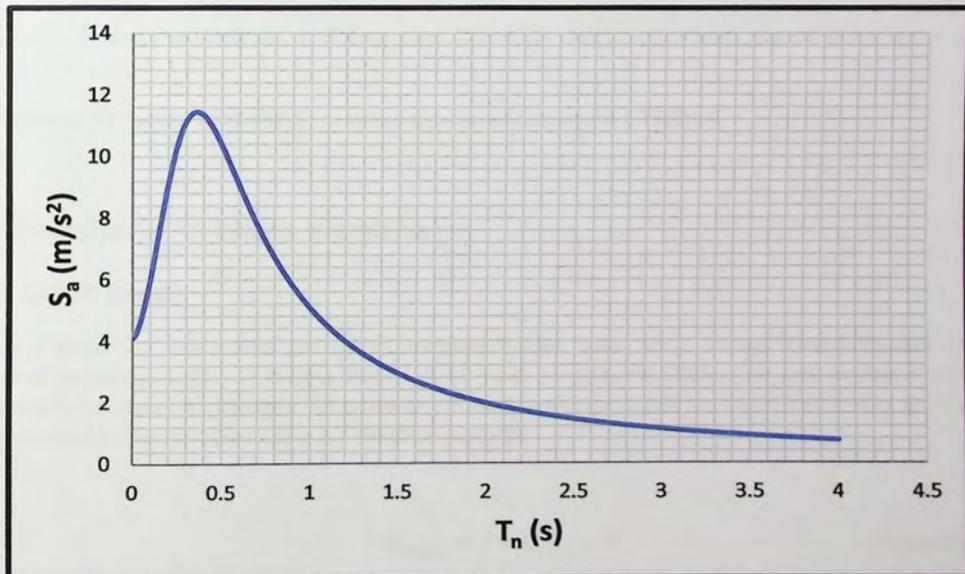


Figura 3.1: Espectro de diseño elástico.

3.3 Superposición modal

La respuesta máxima del sistema se obtiene combinando las respuestas máximas calculadas para todos los modos normales ordenados según valores crecientes de las frecuencias propias, que sean necesarios para que la suma de las masas equivalentes para cada una de las dos acciones sísmicas sea mayor o igual a un 90% de la masa total. La NCh433.Of96 Modificada 2009 permite que la superposición de los valores máximos modales pueda hacerse mediante la expresión 3.4

$$X = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} X_i X_j} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

En que las sumas \sum_i y \sum_j son sobre todos los modos considerados; los coeficientes de acoplamiento modal ρ_{ij} se determinan por el método de Combinación Modal Completa "CQC", en donde:

$$\rho_{ij} = \frac{8\varepsilon^2 r^{3/2}}{(1+r)(1-r)^2 + 4\varepsilon^2 r(1+r)} \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

En que:

$$r = \frac{T_i}{T_j}$$

ε = Razón de amortiguamiento, uniforme para todos los modos de vibrar, que se debe tomar igual a 0,05.

Este análisis se realiza modelando la estructura en el programa ETABS 9.

3.4 Resultado análisis sísmico

3.4.1 Corte basal

La tabla 3.3 representa los cortes basales finales para los 7 muros, obtenidos del análisis espectral realizado según la norma Nch 433 of 1996 modificada 2009, con sus masas y periodos fundamentales correspondientes. El corte basal está restringido por un corte máximo y un mínimo, determinados en la ecuación 3.6 y 3.7 respectivamente.

$$Q_{m\acute{a}x} = I * C_{m\acute{a}x} * P \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

$$Q_{\min} = \frac{I \cdot S \cdot A_0 \cdot P}{6 \cdot g} \quad (\text{Ecuación 3.7})$$

Donde

I = Coeficiente relativo al edificio.

C = Coeficiente Sísmico.

S = Coeficiente dependiente del tipo de suelo.

A_0 = Aceleración efectiva dependiente de la zona sísmica.

P = Peso sísmico de las estructura.

Para el análisis de esta estructura el valor del peso sísmico se considera la carga total permanente, y el 25% de sobrecarga, como se indica en la NCh 433 .Of 1996, mod. 2009 para edificaciones habitacionales privadas o de uso público donde no es usual la aglomeración de personas. Los cortes basales para los diferentes muros se presentan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Cortes Basales para las 7 estructuras de muro.

Muro	C_{max}	C_{min}	$T^* [s]$	R^*	Peso Sísmico [Tf]	Corte Basal Máximo [Tf]	Corte Basal Mínimo [Tf]	Corte Elástico [Tf]	Corte Basal Efectivo [Tf]	R^{**}	Corte Basal Final [Tf]
I	0,15	0,07	0,10	3,12	35,02	5,15	2,45	17,13	5,50	3,33	5,15
II	0,15	0,07	0,25	5,03	72,56	10,67	5,08	53,31	10,59	5,03	10,59
III	0,15	0,07	0,57	7,23	155,07	22,79	10,85	98,17	13,58	7,23	13,58
IV	0,15	0,07	0,87	8,32	263,85	38,79	18,47	109,67	13,18	5,94	18,47
V	0,15	0,07	1,23	9,11	365,14	53,67	25,56	113,87	12,50	4,46	25,56
VI	0,15	0,07	1,54	9,56	547,67	80,51	38,34	152,83	15,99	3,99	38,34
VII	0,15	0,07	1,93	9,96	740,84	108,90	51,86	196,20	19,70	3,78	51,86

3.4.2 Deformaciones sísmicas

3.4.2.1 Desplazamiento relativo entre pisos.

Como se indica en la NCh 433 .Of 1996, mod. 2009 el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, medido en el centro de masas en cada una de las direcciones de análisis, no debe ser mayor que la altura entre piso multiplicada por 0,002. En la figura 3.2 se muestran las deformaciones entre piso para los 7 tipos de muros.

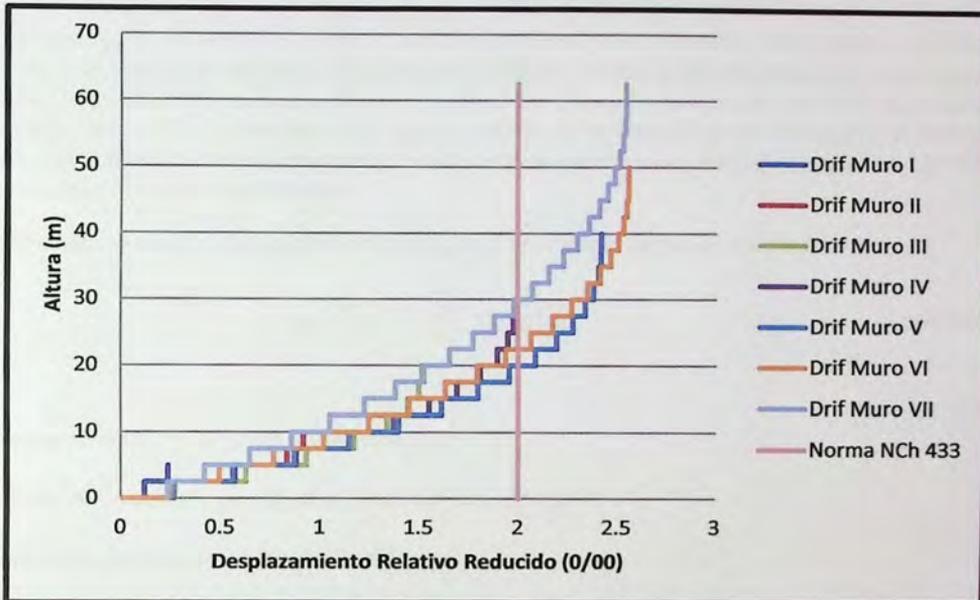


Figura 3.2: Deformaciones entre piso para los 7 muros.

Como se observa en la figura de los desplazamientos máximos entre piso para los diferentes muros, no cumplen con la normativa, estipulada. Para este caso no se tomará en cuenta este incumplimiento, ya que el análisis realizado no concuerda con las condiciones reales, debido a que la modelación realizada corresponde al muro aislado, cosa que no sucede en una edificación, donde los desplazamientos se encuentran impedidos por otros elementos estructurales, además de no afectar mayormente a los objetivos de este trabajo. Para poder determinar la influencia de los modos superiores, los muros se diseñan para que estos fluyan, ya que es esta instancia es donde los modos más altos influyen.

3.4.2.2 Desplazamiento lateral máximo.

Para efectos de diseño de estructuras de hormigón armado, el desplazamiento lateral de diseño en el techo δ_u , se debe considerar igual a la ordenada del espectro elástico de desplazamiento S_{de} , para un 5% de amortiguamiento respecto al crítico, correspondiente al mayor masa traslacional en la dirección del análisis, multiplicada por un factor igual a 1.3, de acuerdo al decreto supremo N° 61 aprobado en el año 2011, como lo muestra la ecuación 3.8.

$$\delta_u = 1.3S_{de}(T_{ag}) \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

Donde T_{ag} es el periodo de mayor masa traslacional en la dirección del análisis, considerando en el cálculo la influencia del acero y la pérdida de rigidez debido al agrietamiento del hormigón en la rigidez elástica inicial. Si el periodo ha sido calculado con las secciones brutas, es decir, sin considerar la influencia del acero y la pérdida de la rigidez debido al agrietamiento del hormigón, el periodo de mayor masa traslacional en la dirección del análisis de la estructura se puede aproximar a 1.5 veces al calculado sin considerar estos efectos.

El espectro elástico de desplazamiento $S_{de}(T_n)$ se calcula según la expresión 3.9.

$$S_{de}(T_n) = \frac{T_n^2}{4\pi^2} \alpha A_0 C_d^* \quad (\text{Ecuación 3.9})$$

S_{de} = espectro elástico de desplazamientos (cm)

A_0 = Valor de la aceleración efectiva, indicado en cm/seg^2

C_d^* = Indicadores que dependen del tipo de suelo.

Para el caso estudiado el tipo de suelo corresponde a uno C, por lo cual el valor de C_d^* varía como sigue:

Tabla 3.4: Valores de C_d^* .

1.0	$T_n \leq 0.65 \text{ seg}$
$0.57T_n + 0.63$	$0.65 \text{ seg} < T_n \leq 2.02 \text{ seg}$
$0.055T_n^2 - 0.63T_n + 2.83$	$2.02 \text{ seg} < T_n \leq 5.00 \text{ seg}$

La tabla 3.5 y la figura 3.3 muestran los desplazamientos laterales máximos, para los 7 muros.

Tabla 3.5: Desplazamientos laterales máximos.

	Muro I	Muro II	Muro III	Muro IV	Muro V	Muro VI	Muro VII
$T^* (s)$	0.10	0.25	0.57	0.87	1.23	1.54	1.93
$T_{ag} (s)$	0.16	0.38	0.86	1.31	1.85	2.31	2.90
$\delta_u (cm)$	0.61	5.23	16.00	26.26	39.64	44.81	45.06

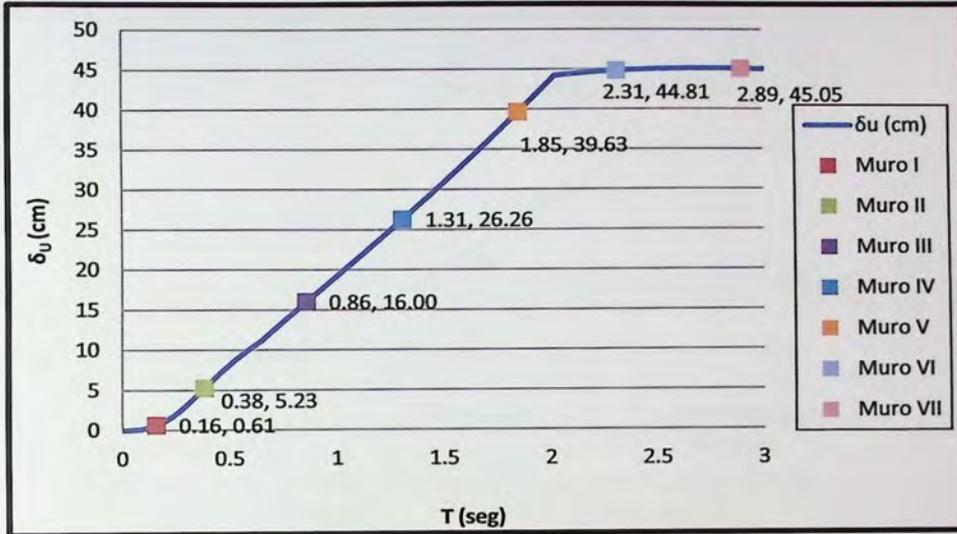


Figura 3.3: Gráfica desplazamientos laterales máximos

3.5 Diseño de los muros

El diseño de las estructuras se realiza de acuerdo a lo dispuesto en la ACI 318-08, específicamente en el capítulo 21, donde se encuentran las disposiciones para el diseño sísmico de estructuras de hormigón armado.

3.5.1 Resistencia de diseño

La resistencia de diseño según el código ACI 318-08 para los elementos de hormigón armado proporcionada por un elemento, sus conexiones con otros elementos, así como sus secciones transversales, en términos de flexión, carga axial, cortante y torsión, deben tomarse como la resistencia nominal calculada de acuerdo con los requisitos y suposiciones del reglamento ACI 318-08, multiplicado por los factores ϕ de reducción de resistencia dados a continuación.

Secciones controladas por tracción	0.90
Secciones controladas por compresión con refuerzo espiral	0.75
Secciones controladas por compresión con otro tipo de refuerzo	0.65
Cortante y torsión	0.75
Cortante sísmico	0.60

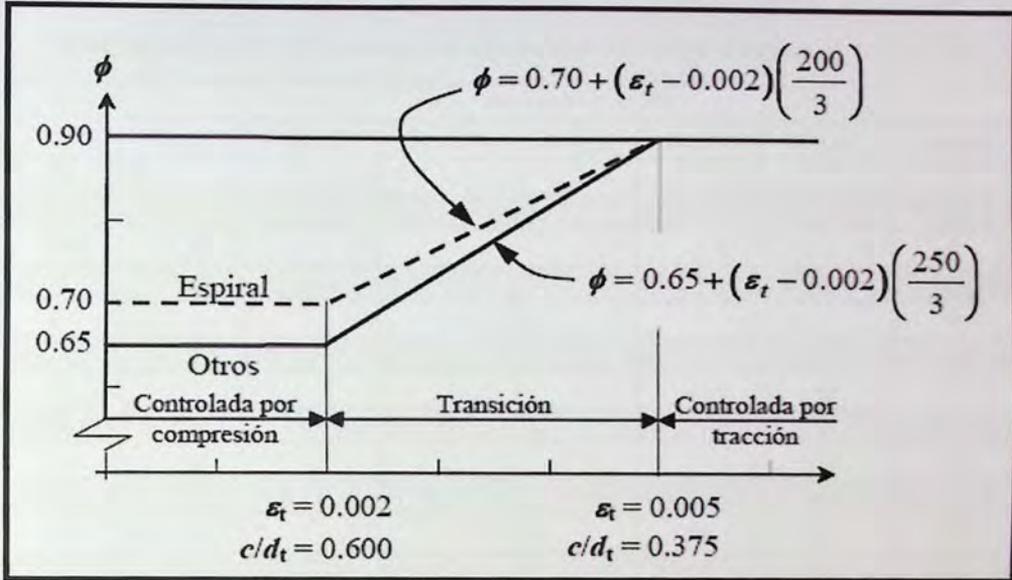


Figura 3.4: Variación de ϕ para elementos sometidos a carga axial y flexión (Código ACI 318-08).

Se usa un factor ϕ más bajo para las secciones controladas por compresión que para las secciones controladas por tracción porque las secciones controladas por compresión tienen menor ductilidad, son más sensibles a las variaciones en la resistencia del concreto y, en general, se presentan en elementos que soportan mayores áreas cargadas que los elementos con secciones controladas por tracción. A los elementos con espirales se les asigna un ϕ más alto que para las columnas con estribos ya que poseen mayor ductilidad o tenacidad como se representan en la figura 3.4.

Los propósitos del factor de reducción de resistencia ϕ son:

- Tomar en consideración la probabilidad de la existencia de elementos con una menor resistencia, debida a variación en la resistencia de los materiales y las dimensiones.
- Tomar en consideración las inexactitudes de las ecuaciones de diseño.
- Reflejar el grado de ductilidad y la confiabilidad requerida para el elemento bajo los efectos de la carga bajo consideración.
- Reflejar la importancia del elemento en la estructura.

3.5.2 Flexo-compresión

El diseño y cálculo de muros de hormigón armado, se debe realizar de acuerdo a lo establecido en el decreto N°60 y en lo que no se contraponga con éstas, supletoriamente, por lo establecido en la ACI 318-08.

Para obtener los esfuerzos de la norma en los muros se realiza una modelación en el programa ETABS 9 (CSI,2010), donde se obtuvieron los siguientes resultados, como lo muestra la tabla 3.6 y se representan en la figura 3.5.

Tabla 3.6: Distribución de momentos, a lo largo de la altura, para los muros I, II, III, IV, V, VI, VII.

Pisos	Momento (Ton-m)						
	Muro I	Muro II	Muro III	Muro IV	Muro V	Muro VI	Muro VII
25							0
24							22
23							67
22							129
21							204
20						0	286
19						18	371
18						56	456
17						106	536
16					0	165	611
15					14	229	677
14					41	294	735
13					78	357	784
12				0	120	418	826
11				12	166	476	863
10				35	215	532	899
9				67	264	586	938
8			0	105	315	642	983
7			12	148	368	702	1039
6			35	196	424	768	1109
5			65	247	484	842	1195
4		0	102	302	548	925	1297
3		17	143	360	616	1017	1413
2	0,00	46	187	420	689	1117	1542
1	13	80	231	481	765	1224	1680
0	30	117	277	544	843	1336	1827

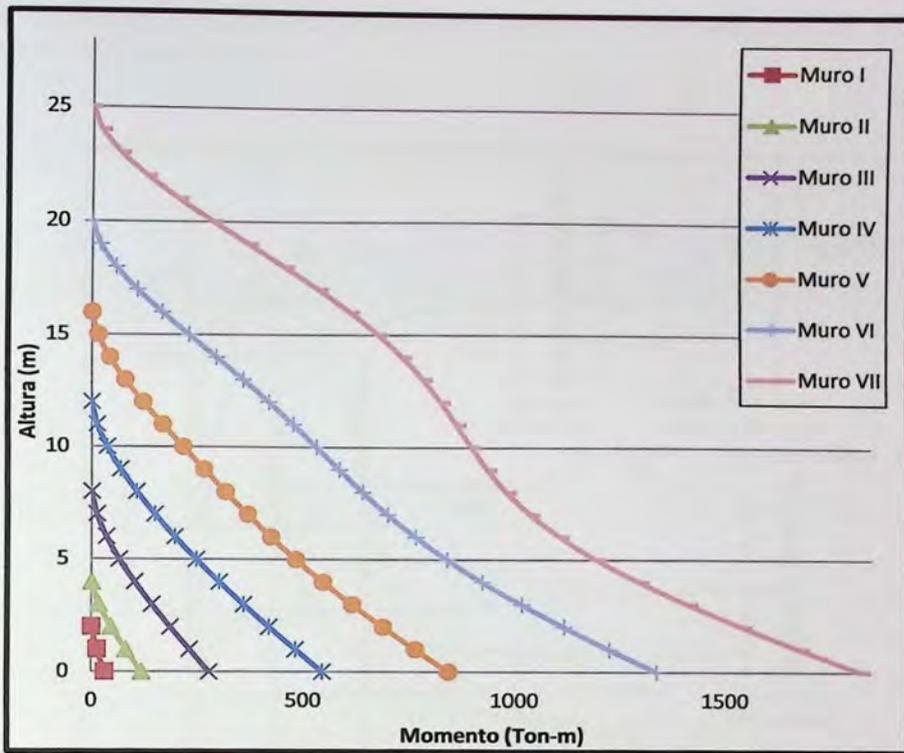


Figura 3.5: Distribución de momentos a lo largo de la estructura

En el diseño a flexión de muros se debe considerar la configuración de la sección transversal completa, tomando en cuenta la contribución del refuerzo longitudinal (ρ_l) en la sección definida, y su cuantía nunca debe ser menor que 0.0025 (ACI 318-08).

Park (Park, 1983) explica que en muros de cortante, especialmente en zonas no afectadas por sismos, el requerimiento de resistencia para el acero a flexión no es grande. En tales muros ha sido práctica tradicional proporcionar aproximadamente 0.25% de refuerzo en ambas direcciones. Por tanto en muros sujetos a pequeña flexión, se ha colocado 0.25% o un poco más de refuerzo uniformemente en todo el alma. Es claro que la distribución del acero uniforme a través de la sección no sólo no es económica, sino altamente indeseable para mayores cantidades de acero, debido a que la ductilidad de la curvatura se reduce, siempre que se desee absorción de energía en el intervalo inelástico.

En una sección eficiente de muro a cortante, sujeta a momentos considerables, el grueso del refuerzo a flexión se coloca próximo al borde. Debido a las inversiones de momentos originadas bajo cargas laterales, normalmente requieren cantidades iguales de refuerzo en ambos extremos en muros rectangulares, lo que produce mejores propiedades de ductilidad. En la sección con distribución no uniforme de acero de la figura 3.6, se ha colocado refuerzo vertical mínimo (0.25%) sobre el 80% interior del alma. El resto del acero ha sido asignado a las zonas exteriores (10%) de la sección. Las

sección. Las mayores resistencias y ductilidades debidas a esta distribución son evidentes del diagrama (Park y Paulay, 1983)

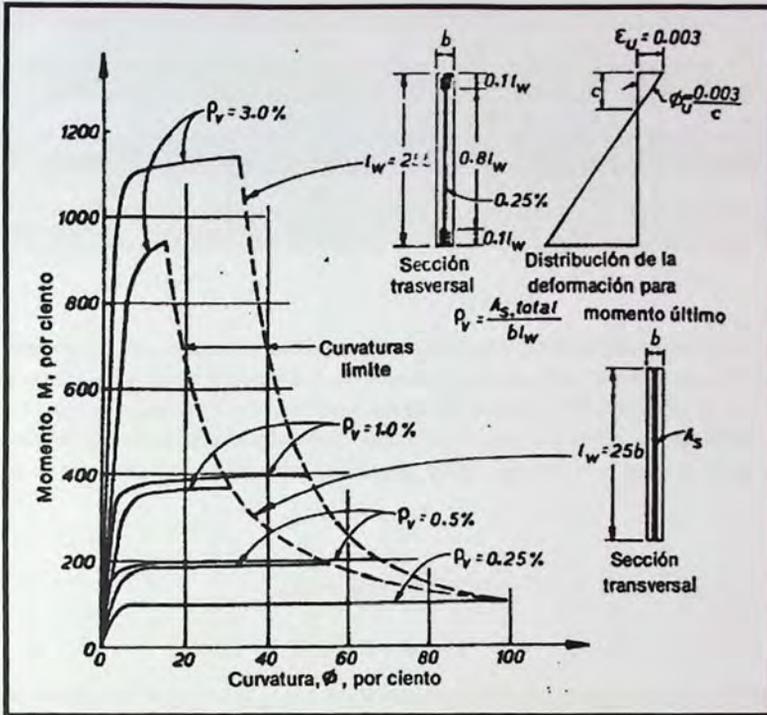


Figura 3.6: Efecto de la cantidad y distribución del refuerzo vertical en la curvatura última.

Wood, 1989 determina que las inversiones de carga cíclicas pueden ocasionar pandeo en el refuerzo longitudinal de borde incluso en los casos en que la demanda en los bordes del elemento no requiera de elementos especiales de borde, por lo que en este sector se estima una cuantía de 0,0015.

Luego del análisis y de la verificación de los esfuerzos obtenidos de las distintas combinaciones de carga, y determinando los esfuerzos máximos producidos a la flexión, se calcula la armadura para cada muro cumpliendo con la resistencia mínima que exige la norma de acción sísmica. Para este análisis se considera una cuantía en los bordes aproximadamente de 0,001, aumentando así las propiedades de ductilidad. La armadura utilizada se muestra en la tabla 3.7 para los muros fueron determinadas para que los estos fluyan y así poder estimar con mayor exactitud la influencia de los modos más altos.

Tabla 3.7: Armadura a la flexión para los muros I, II, III, IV, V, VI y VII.

Muro	Área transversal del muro (m ²)	Cuantía mínima ρ_l	Refuerzo en el alma	Cuantía en los Bordes	Refuerzo en los bordes
I	0,4	0,0025	Ø8 a 20	0,001	4Ø12
II	0,5	0,0025	Ø8 a 20	0,001	5Ø12
III	0,7	0,0025	Ø8 a 20	0,001	4Ø16
IV	1	0,0025	Ø10 a 20	0,001	4Ø16
V	1,25	0,0025	Ø10 a 20	0,001	4Ø18
VI	1,65	0,0025	Ø10 a 15	0,001	4Ø22
VII	1,95	0,0025	Ø10 a 20	0,001	6Ø22

La resistencia de una sección transversal solicitada a una combinación de flexión y carga axial debe satisfacer tanto la condición de equilibrio de fuerzas como la condición de compatibilidad de las deformaciones. Luego la resistencia a la combinación de carga axial y momento (P_n , M_n) se multiplica por el factor de reducción de la resistencia ϕ que corresponda para determinar la resistencia de diseño (ϕP_n , ϕM_n) de la sección. La resistencia de diseño debe ser mayor o igual que la resistencia requerida:

$$(\phi P_n, \phi M_n) \geq (P_u, M_u)$$

Todos los elementos solicitados a una combinación de flexión y carga axial se deben diseñar para satisfacer este requisito básico.

Observar que la resistencia requerida (P_u , M_u) representa los efectos estructurales de las diferentes combinaciones de cargas y fuerzas que pueden solicitar una estructura.

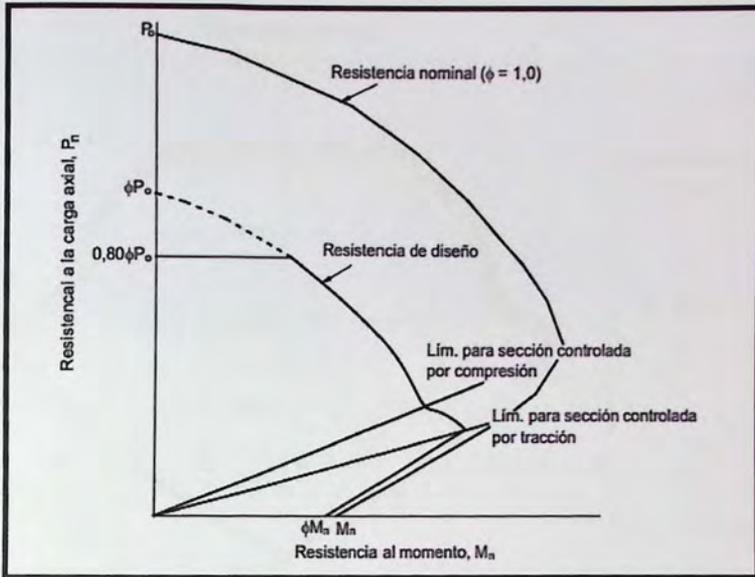


Figura 3.7: Diagrama de interacción.

Se puede generar un "diagrama de interacción de las resistencias" graficando la resistencia a la carga axial de diseño ϕP_n en función de la correspondiente resistencia al momento de diseño ϕM_n . En la Figura 3.7 se ilustra un típico diagrama de interacción de las resistencias a la carga axial y al momento de diseño, que muestra los diferentes segmentos de la curva de resistencia que se permiten para el diseño.

De la figura 3.8 a la 3.14 se muestran los distintos diagramas de interacción con los momentos reducidos de diseño, para los 7 tipos de muros analizados, con sus respectivas armaduras a la flexo-compresión, que se muestran en la tabla 3.7.

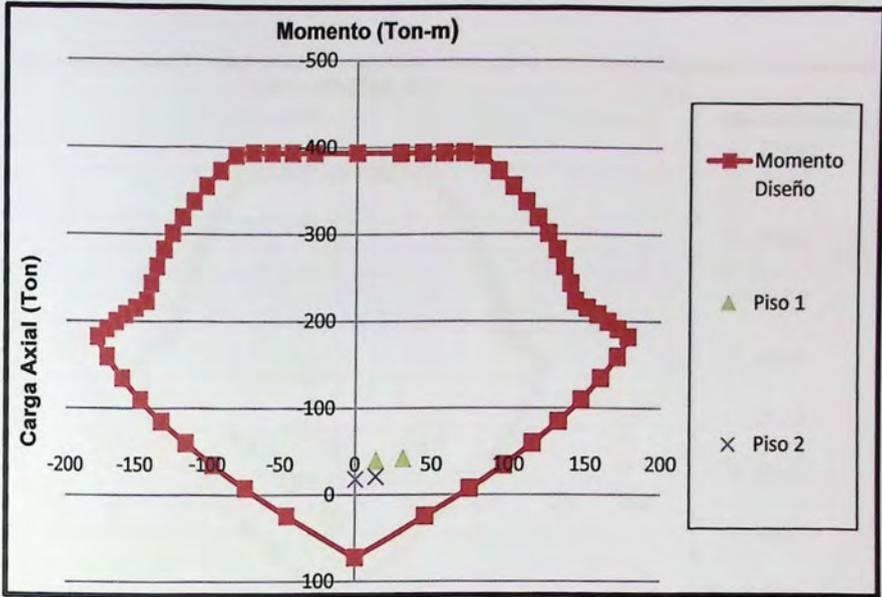


Figura 3.8: Diagrama de Interacción Muro I

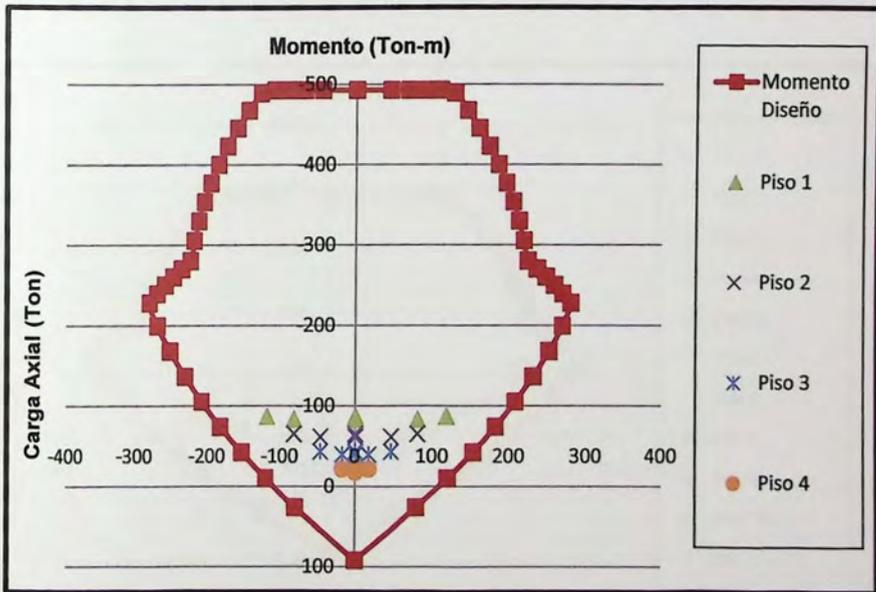


Figura 3.9: Diagrama de Interacción Muro II

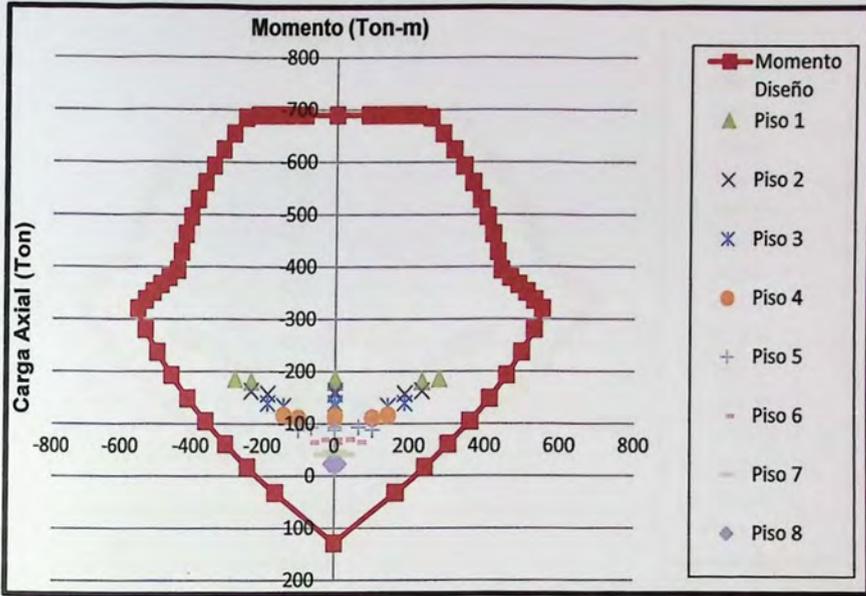


Figura 3.10: Diagrama de Interacción Muro III

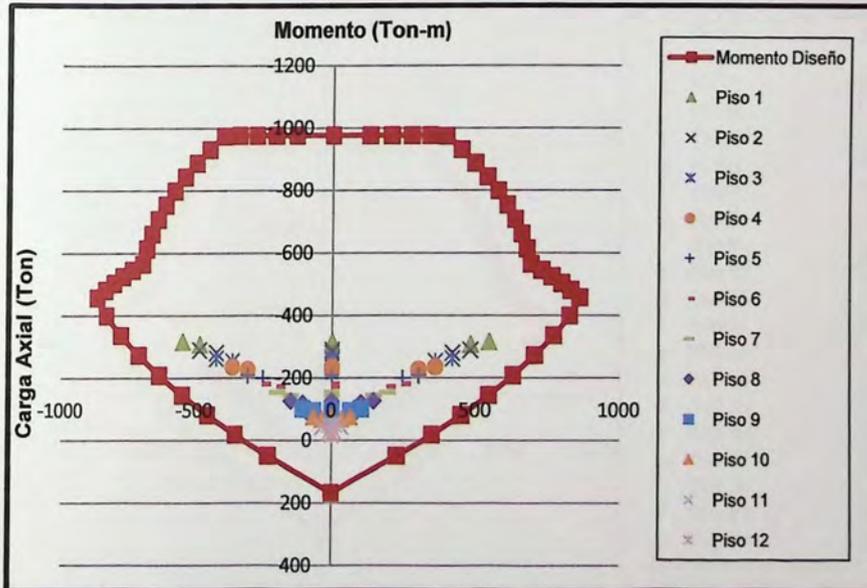


Figura 3.11: Diagrama de Interacción Muro IV

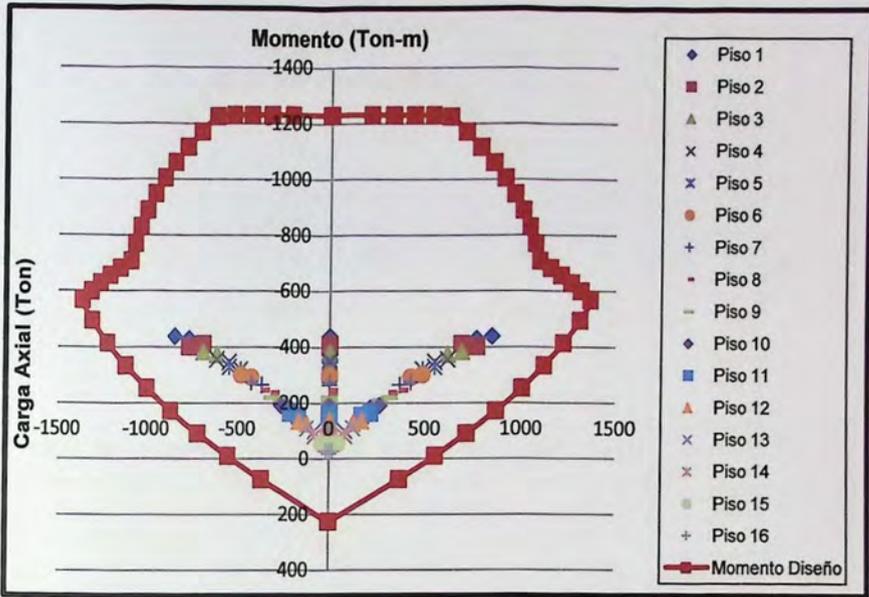


Figura 3.12: Diagrama de Interacción Muro V

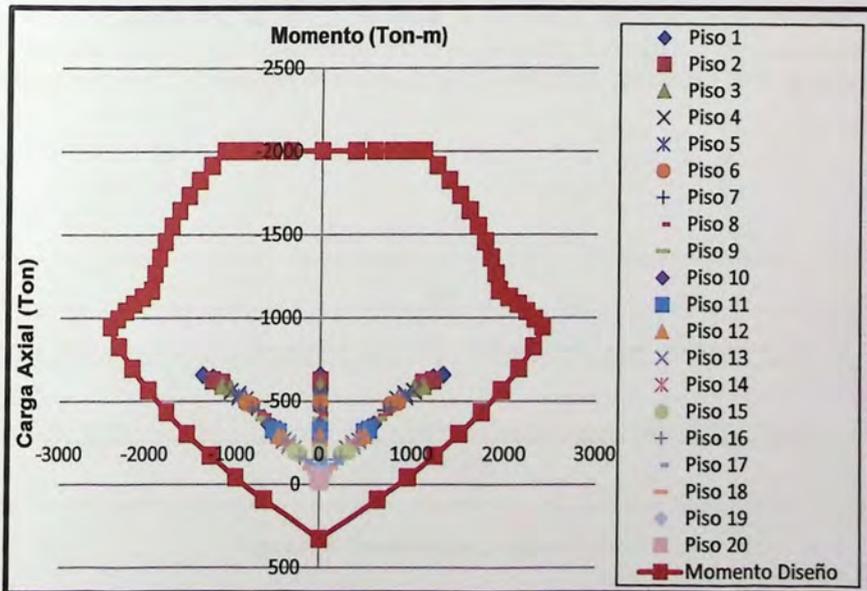


Figura 3.13: Diagrama de Interacción Muro VI

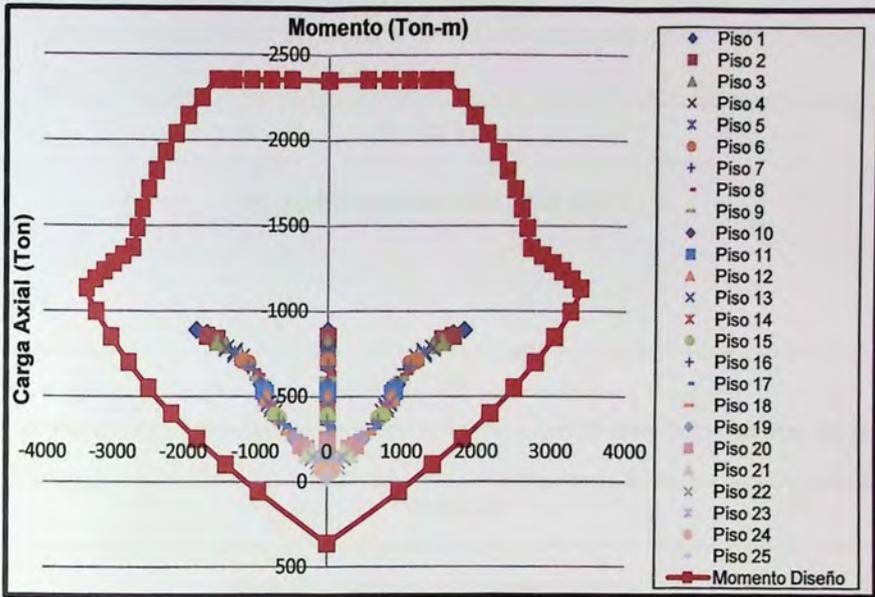


Figura 3.14: Diagrama de Interacción Muro VII

Como Se pueden observar en los diagramas de interacción todas las cargas obtenidas de las diferentes combinaciones se encuentran dentro de la resistencia del muro a la flexo-compresión con su respectiva cuantía. La disposición de la armadura para cada muro se muestra de la figura 3.15 a la 3.21.

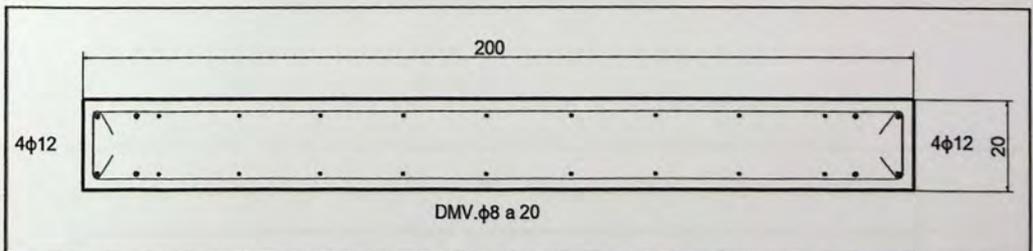


Figura 3.15: Disposición de armadura Muro I

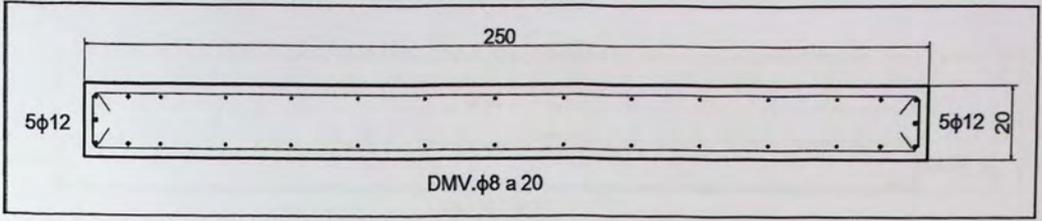


Figura 3.16: Disposición de armadura Muro II

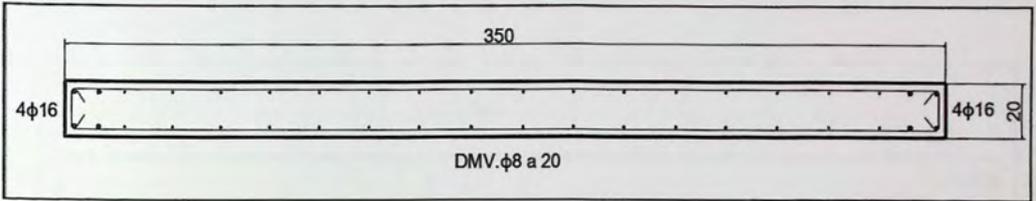


Figura 3.17: Disposición de armadura Muro III

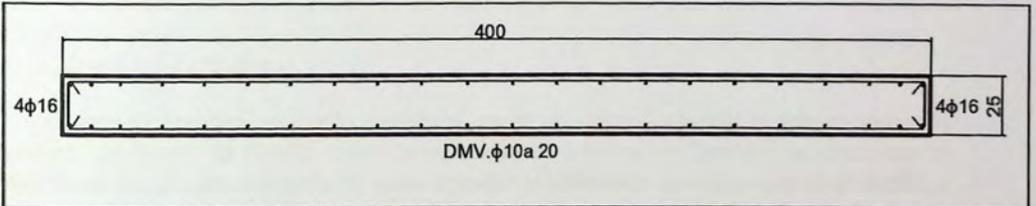


Figura 3.18: Disposición de armadura Muro IV

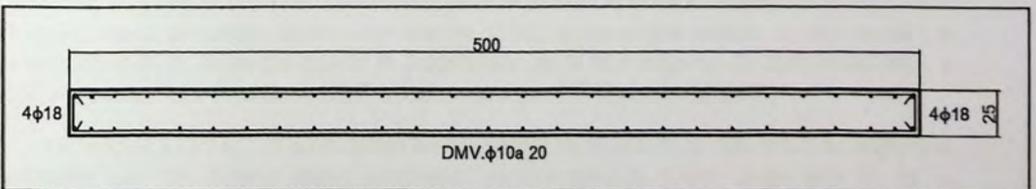


Figura 3.19: Disposición de armadura Muro V

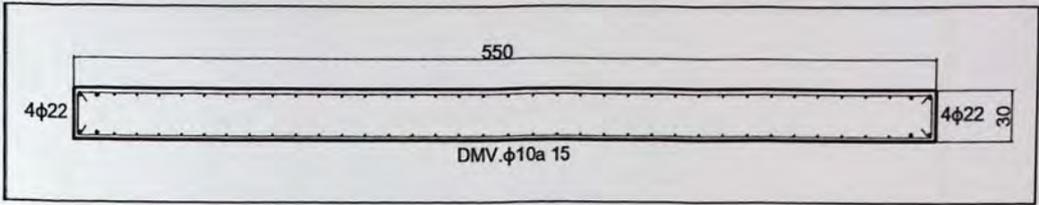


Figura 3.20: Disposición de armadura Muro VI

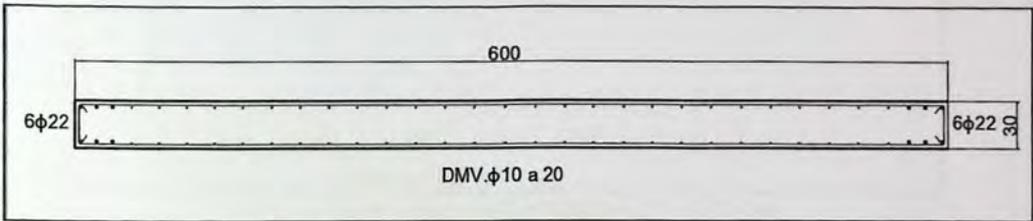


Figura 3.21: Disposición de armadura Muro VII

3.5.3 Momento curvatura

Cuando se determina un diseño estructural, es de importancia conocer la relación momento curvatura, con el objeto de conocer cuál es la capacidad de deformación. Cuando las estructuras se proporcionan con grandes cantidades de acero a flexión la ductilidad y por consecuencia la ductilidad de la curvatura se reduce considerablemente como se muestra en la figura 3.6 (sección 3.5.1)

Se ha aceptado por la comunidad de investigación que la más apropiada idealización de la relación momento-curvatura es un segmento elástico inicial que pasa a través de "primer rendimiento", y extrapolado a la resistencia nominal a la flexión, M_n , y un segmento post rendimiento conectado a la resistencia a la rotura y la curvatura. "Primer rendimiento" de la sección se define como el momento, M_y y curvatura ϕ' cuando la sección alcanza primero la tracción refuerzo de $\epsilon_y = f_y / E_s$, o la fibra extrema de compresión de hormigón alcanza 0.002, lo que ocurra primero. La resistencia a la flexión nominal M_n se desarrolla cuando la deformación de la fibra extrema de compresión llega a 0.004, o la tensión refuerzo alcanza 0.015, lo que ocurra primero. (Priestley M, 2003)

De la figura 3.22 a la 3.28 se muestran los Diagramas de momento curvatura con su respectiva idealización para los distintos muros analizados, considerando la mayor carga axial P_u de la combinación de cargas.

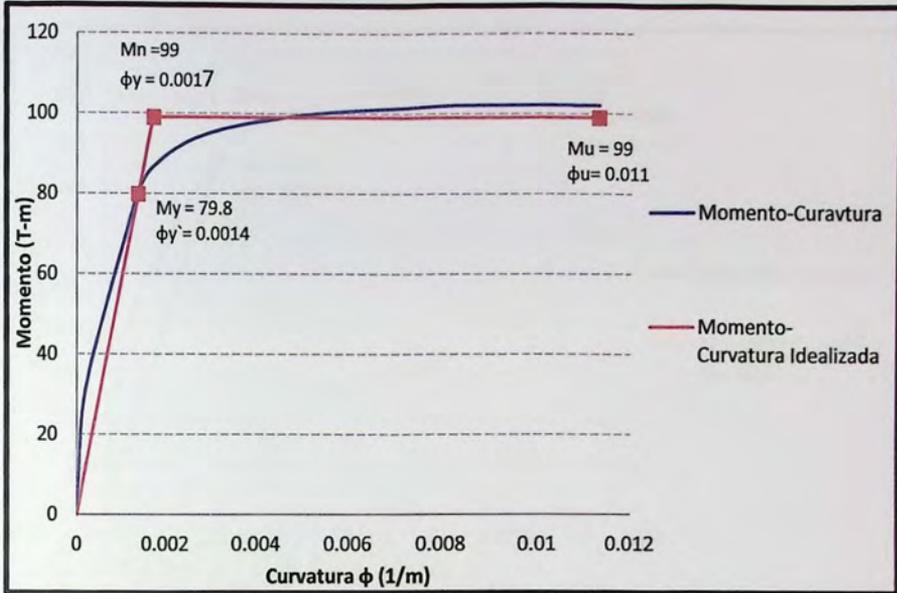


Figura 3.22: Diagrama Momento Curvatura Muro I P=-42.02 Ton

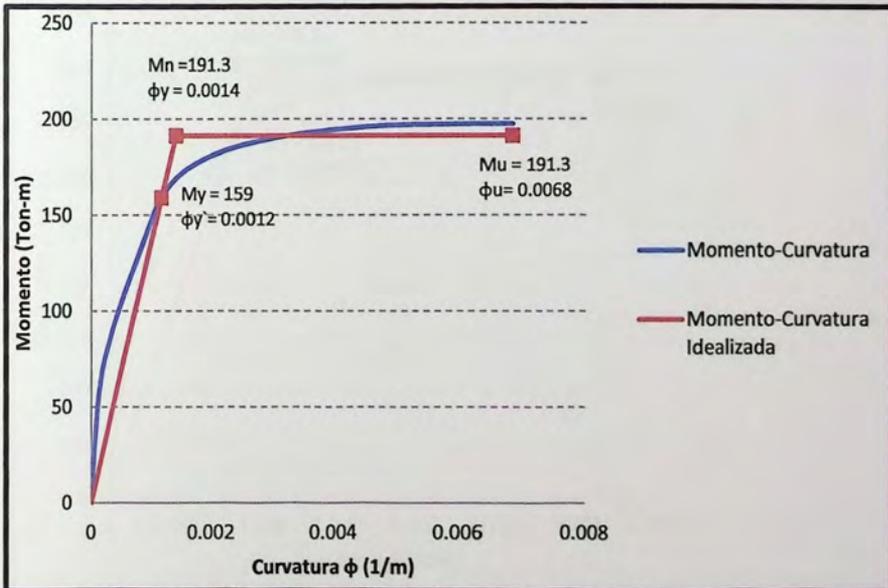


Figura 3.23: Diagrama Momento Curvatura Muro II P=-87.1 Ton

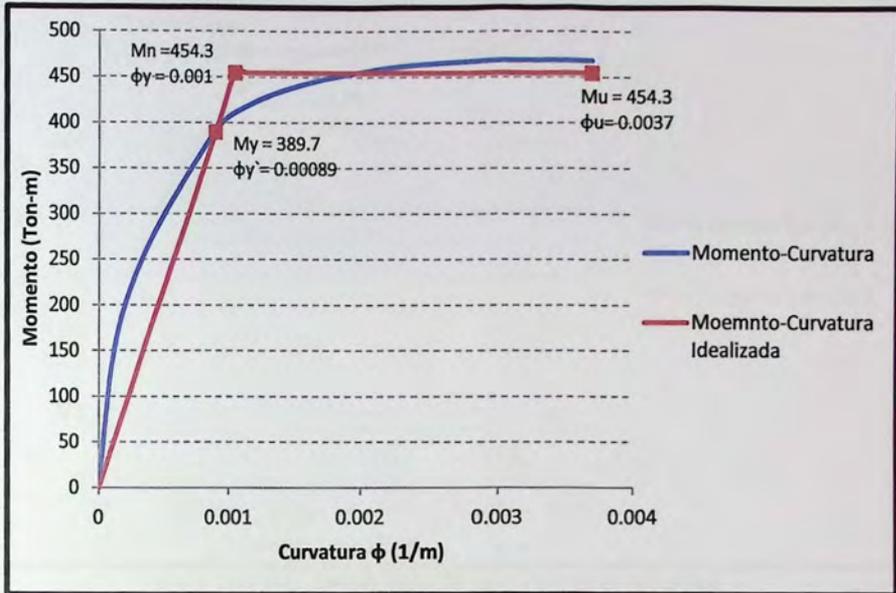


Figura 3.24: Diagrama Momento Curvatura Muro III P=186.2 Ton

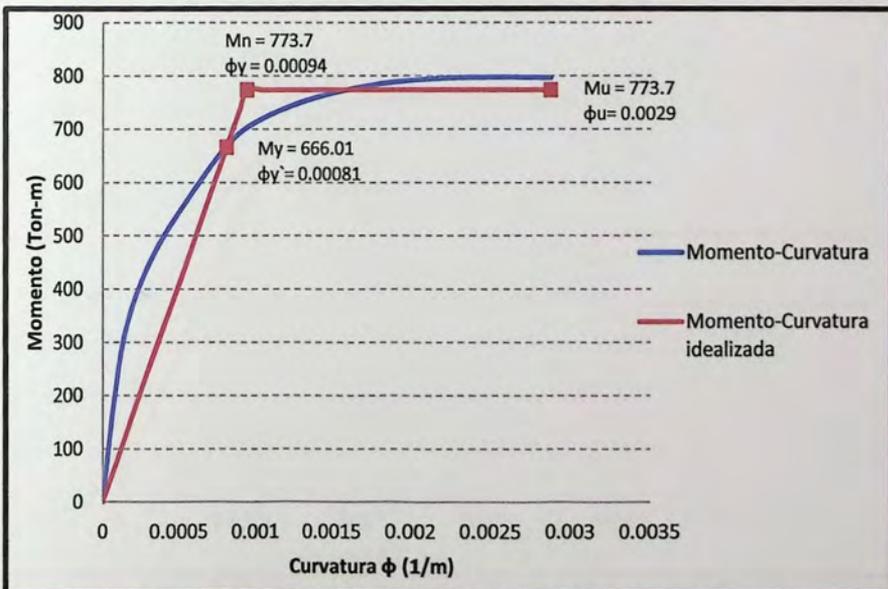


Figura 3.25: Diagrama Momento Curvatura Muro IV P=316.8 Ton

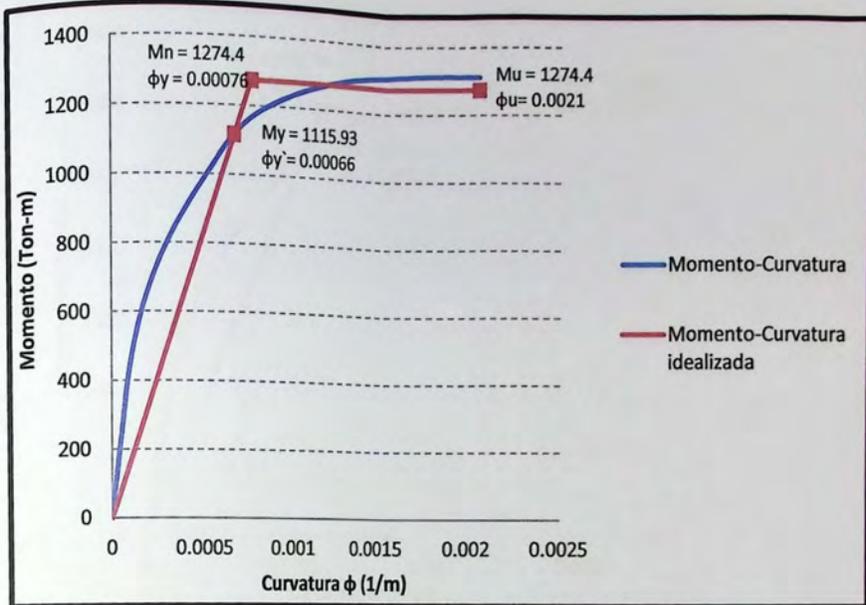


Figura 3.26: Diagrama Momento Curvatura Muro V $P=-438.4$ Ton

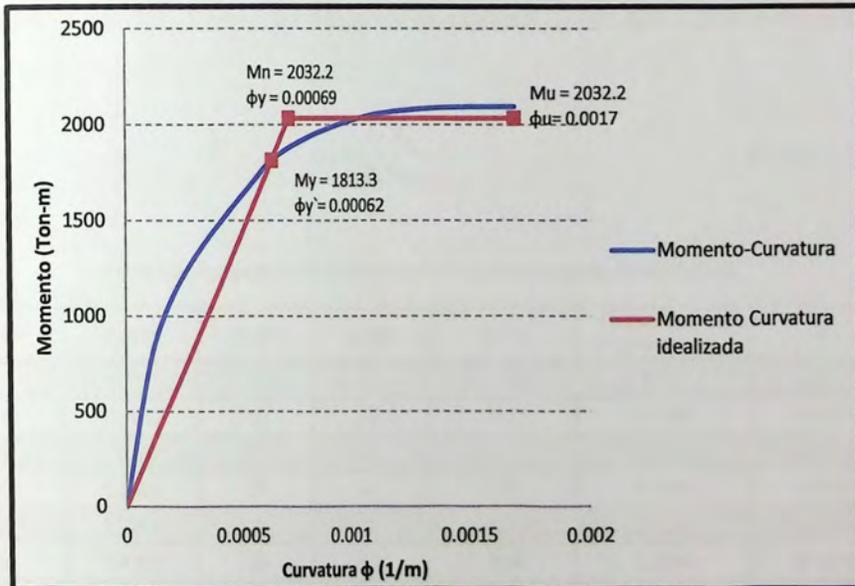


Figura 3.27: Diagrama Momento Curvatura Muro VI $P=-657.5$ Ton

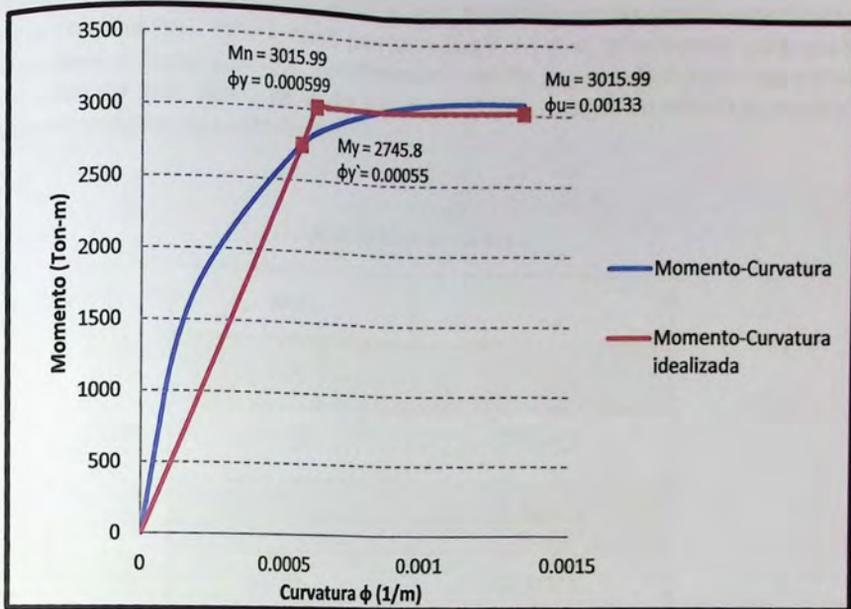


Figura 3.28: Diagrama Momento Curvatura Muro VII P=889.33 Ton

La sección crítica de todo muro con razón de aspecto H_t/l_w mayor o igual a 3 debe tener una capacidad de curvatura, ϕ mayor que la demanda de curvatura, ϕ_u , calculada a partir de la expresión 3.10.

$$\phi_u = \frac{2 * \delta_u}{H_t + l_w} \quad (\text{Ecuación 3.10})$$

Tabla 3.8: Comparación de la capacidad de curvatura ϕ con la demandada ϕ_u .

Muro	δ_u (m)	H_t (m)	l_w (m)	H_t/l_w	Capacidad de curvatura ϕ	ϕ_u
I	0.0061	5	2	2.50	0.011	-
II	0.0523	10	2.5	4.00	0.0068	0.00418
III	0.16	20	3.5	5.71	0.0037	0.00457
IV	0.2626	30	4	7.50	0.0029	0.00437
V	0.3964	40	5	8.00	0.0021	0.00396
VI	0.4481	50	5.5	9.09	0.0017	0.00325
VII	0.4506	62.5	6.5	9.62	0.0013	0.00221

Como se muestra en la tabla 3.8 la capacidad de curvatura ϕ obtenida del análisis es mayor que la demanda de curvatura ϕ_u calculada para el muro II, cumpliendo con la normativa establecida en el decreto N° 60 oficial 2011, por el contrario para los muros III, IV, V, VI, VII no cumple, por lo que estos muros se deben rediseñar o confinar. La deformación unitarias, ϵ_{cu} , en la fibra más comprimida de la sección crítica del muro deberá ser menor o igual que 0.008. La siguiente tabla (3.9) muestra este requerimiento cumplido para cada muro.

Tabla 3.9: Requerimiento ϵ_{cu} .

Muro	ϵ_{cu}
III	0.0037
IV	0.00452
V	0.00566
VI	0.00574
VII	0.00510

3.5.4 Corte

En el diseño de hormigón armado, los elementos deben diseñarse para que tengan una resistencia adecuada, de acuerdo con las disposiciones del reglamento ACI 318, utilizando los factores de carga y los factores de reducción de resistencia ϕ especificados en la sección 3.5.1

El método de diseño por resistencia requiere que se incrementen las cargas de servicio o las fuerzas y momentos internos relacionados, por medio de los factores de carga especificados (resistencia requerida) y que las resistencias nominales calculadas se reduzcan por medio de los factores ϕ de reducción de resistencia (resistencia de diseño).

El cortante nominal V_n para segmentos horizontales no debe suponerse mayor que

$$V_n \leq 2,65A_{cp} \sqrt{f_c} \quad [kgf] \quad (\text{Ecuación 3.11})$$

Donde A_{cp} representa el área de la sección de concreto del segmento horizontal de muro. Lo que se comprueba en la tabla 3.9.

Tabla 3.10: Restricción del corte nominal.

Muro	$2,65A_{cp}\sqrt{f_c}$ (Ton)
I	78.1
II	89.9
III	136.5
IV	179.9
V	243.3
VI	337.5
VII	398.8

Para obtenerse la fuerza de diseño V_u se debe realizar un análisis de carga lateral de acuerdo con las combinaciones de mayoración de carga.

Utilizando el programa ETABS estos valores se resumen en la tabla 3.11 siguiente y se representan en la figura 3.29.

Tabla 3.11: Valores de V_x para los muros I, II, III, IV, V, VI y VII.

Pisos	Corte V_x (Ton)						
	Muro I	Muro II	Muro III	Muro IV	Muro V	Muro VI	Muro VII
25							8.81
24							18.09
23							25.11
22							30.06
21							33.15
20						7.54	34.60
19						14.96	34.69
18						20.31	33.79
17						23.85	32.32
16					5.77	25.89	30.85
15					10.97	26.81	30.00
14					14.70	27.08	30.36
13					17.27	27.22	32.25
12				4.93	19.04	27.77	35.57
11				9.37	20.39	29.12	39.98
10				12.81	21.68	31.41	44.99
9				15.53	23.18	34.49	50.20
8			4.81	17.77	25.01	38.06	55.25
7			9.04	19.78	27.10	41.74	59.89
6			12.32	21.62	29.28	45.21	63.92
5			14.80	23.24	31.32	48.22	67.20
4		6.85	16.60	24.57	33.04	50.58	69.67
3		11.58	17.78	25.54	34.29	52.22	71.33
2	5.26	14.10	18.43	26.11	35.02	53.14	72.25
1	7.19	14.93	18.65	26.32	35.30	53.49	72.60

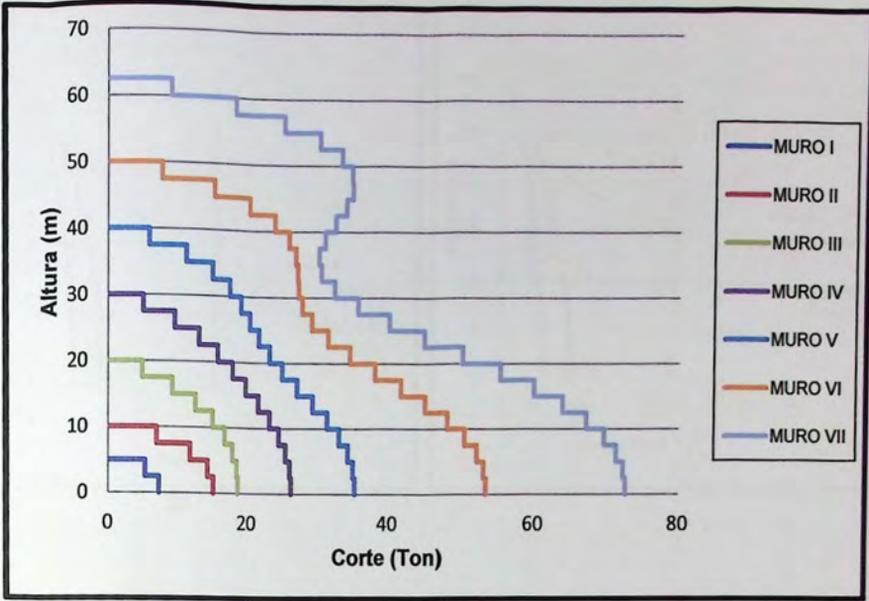
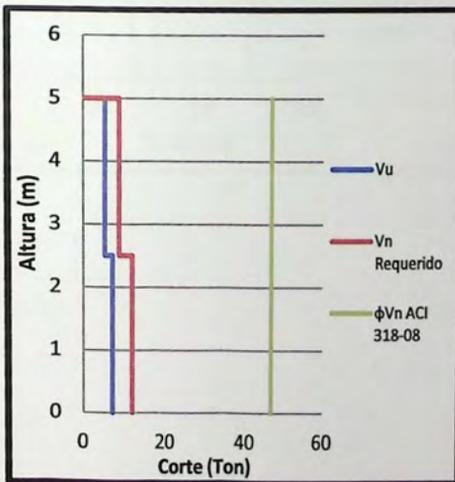
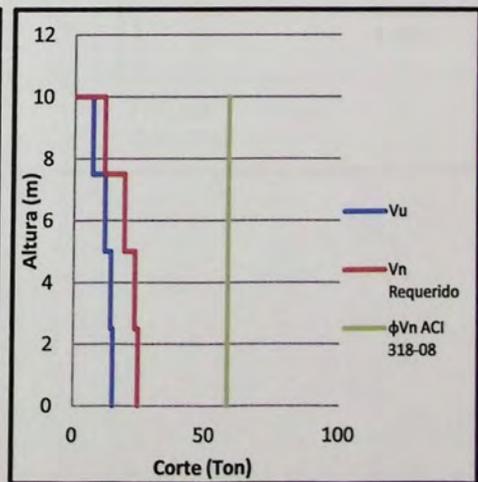


Figura 3.29: Diagrama de Corte V_u a lo largo de la altura del muro para cada estructura.

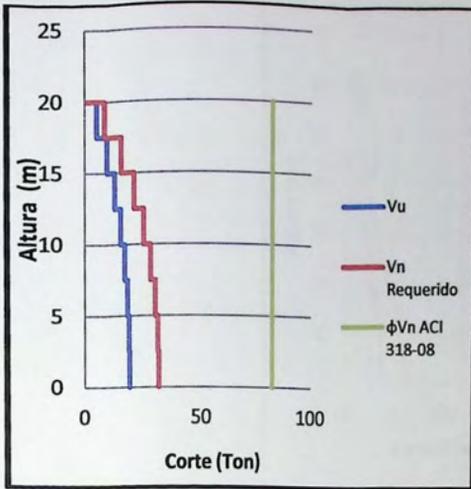
Como lo dispuesto en la ACI 318-08 es que el cortante requerido debe ser menor o igual que $\phi 2,65A_{cp}\sqrt{f'_c}$, su comprobación se muestra de la figura 3.30 (a), (b), (c), (d), (e), (f) y (g), para cada muro.



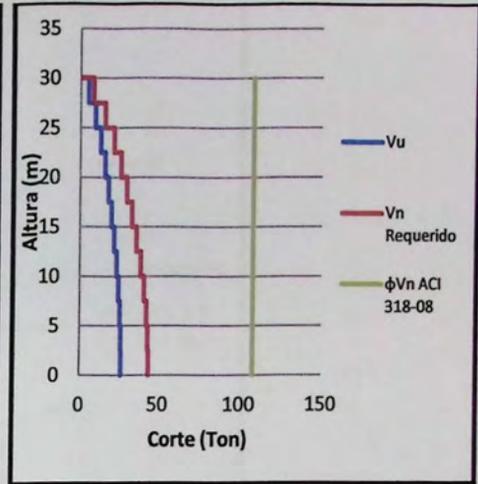
(a)



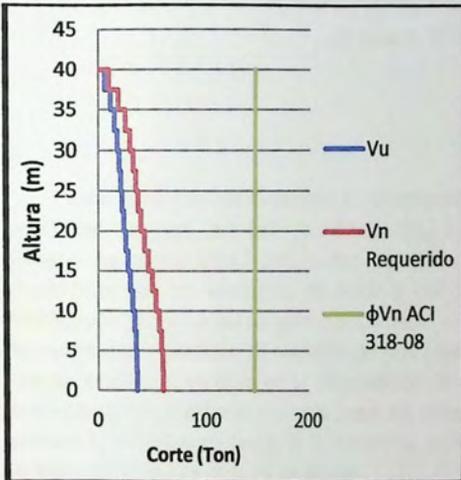
(b)



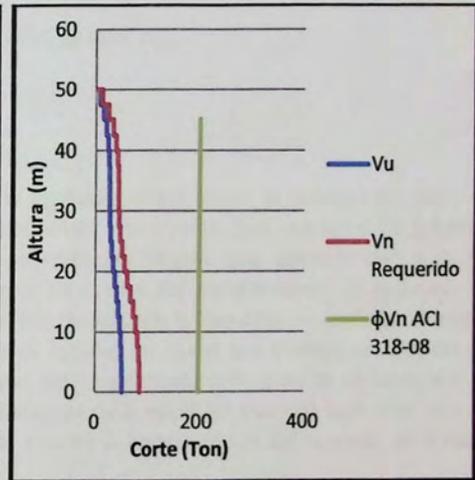
(c)



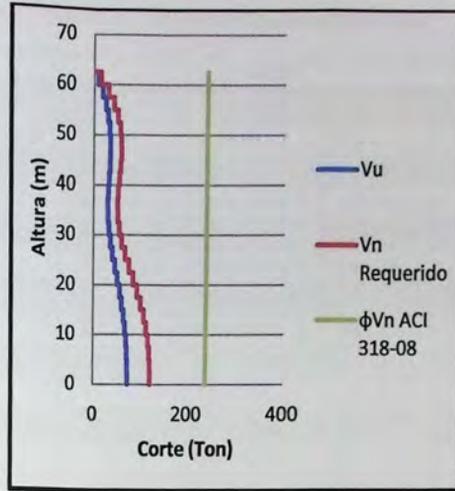
(d)



(e)



(f)



(g)

Figura 3.30: Diagrama de Corte V_u , V_n y V_n ACI 318 – 08 (a) Muro I, (b) Muro II, (c) Muro III, (d) Muro IV, (e) Muro V, (f) Muro VI, (g) Muro VII.

Con los esfuerzos obtenidos se determina la armadura de los muros al esfuerzo de corte, en donde se concluye que toda su cuantía (ρ_v) corresponde a la mínima. Los requisitos de refuerzo mínimo se proporcionan para evitar las fallas determinadas frágiles que corresponden a la as producidas por los esfuerzos de corte y así tener un control del agrietamiento. El requisito de distribución uniforme del refuerzo por cortante está relacionado con la intención de controlar el ancho de las fisuras inclinadas. El requisito de dos capas de refuerzo en muros que resisten un cortante de diseño sustancial se basa en la observación de que, bajo condiciones ordinarias de construcción, la probabilidad de mantener una sola capa de refuerzo cerca de la mitad del muro es baja. Más aún, la presencia del refuerzo cerca de la superficie tiende a inhibir la fragmentación del concreto en el caso de fisuración severa durante un sismo.

Lo que indicado por el ACI 318-08 la cuantía mínima para esfuerzo de corte es de 0.0025. En la tabla 3.12 presenta un resumen de la armadura al corte. La armadura mínima se utiliza para predeterminar que los muros fluyan, ya que es en este caso en donde los modos superiores tienen mayor participación.

CAPITULO 4

ANALISIS NO LINEAL

Para conocer la respuesta frente a una sollicitación sísmica de la estructura, cuando esta pasa su límite elástico es necesario realizar un análisis no-lineal, el cual nos permitirá conocer con mayor exactitud los modos más altos. El método seleccionado para este análisis es el tiempo historia.

Este análisis se lleva a cabo por el programa Ruaumoko (Carr, 2008), el cual permite calcular la respuesta en el tiempo de una estructura ante una carga dinámica cualquiera. Para el caso de los sismos los valores de la función corresponden aceleraciones basales.

4.1 Tiempo Historia

El análisis tiempo historia es uno de los métodos más precisos para verificar deformaciones elásticas y los efectos de los modos más altos necesarios para el diseño de la capacidad de resistencia de las estructuras (Priestley, Calvi y Kowalsky, 2007)

Para este análisis se realiza una modelación para cada muro con el programa Ruaumoko (Carr, 2008).

Las consideraciones para este análisis son las siguientes:

4.1.1 Amortiguamiento

La matriz de amortiguamiento se basado en el modelo de Rayleigh, utilizando la rigidez de la estructura al comienzo del análisis.

4.1.2 Tipo de Modelo

Las estructuras de muro se modelan como elemento barra, utilizando su respectivo diagrama de interacción no lineal calculados en el capítulo anterior.

4.1.3 Modelo de histéresis

El modelo de histéresis utilizado es el bilineal Takeda (Otani, 1974) se utilizó para representar el comportamiento del miembro de hormigón armado, este modelo incluye tanto los cambios en la rigidez por agrietamiento y de endurecimiento por deformación del hormigón, como lo muestra la figura 4.1, donde $0 < \alpha < 0.5$ y $0 < \beta < 0.6$, para este caso se considera α 0.2 y β 0.3, valores recomendados para muros de hormigón armado.

figura 4.1, donde $0 < \alpha < 0.5$ y $0 < \beta < 0.6$, para este caso se considera $\alpha = 0.2$ y $\beta = 0.3$, valores recomendados para muros de hormigón armado.

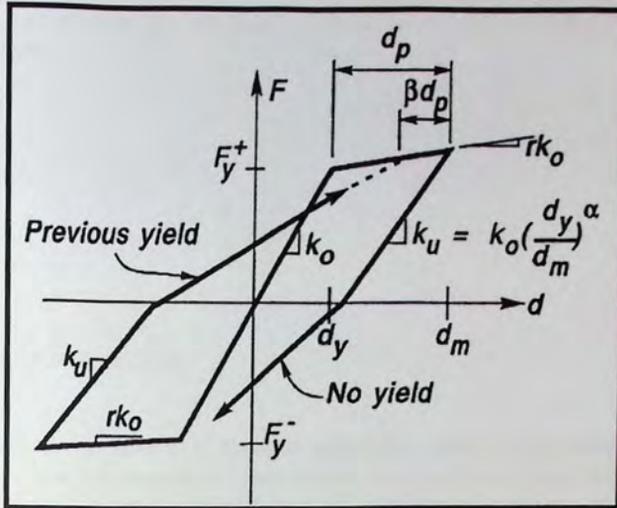


Figura 4.1: Modelo de histéresis Takeda (Otan, 1974)

4.1.4 Propiedades elásticas de diseño

Las propiedades elásticas de los elementos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4.1: Propiedades Elásticas.

Muro	Modulo de Elasticidad (Ton/m ²)	Modulo de Corte (Ton/m ²)	Área de la Sección (m ²)	Área efectiva al Corte (m ²)	Inercia efectiva (m ³)	Rotula plástica $l_p = l_w/2$
I	2.1 E6	8.75E5	0.4	0.4	0.003	1
II	2.1 E6	8.75E5	0.5	0.5	0.065	1.25
III	2.1 E6	8.75E5	0.7	0.7	0.21	1.75
IV	2.1 E6	8.75E5	1	1	0.39	2
V	2.1 E6	8.75E5	1.25	1.25	0.8	2.5
VI	2.4E6	1E6	1.65	1.65	1.23	2.75
VII	2.4E6	1E6	1.95	1.95	2.13	3.25

El área efectiva al corte corresponde a la misma área de la sección, debido a que la geometría de la estructuras corresponden a secciones rectangulares, simétricas.

Los valores de inercia efectiva fueron obtenidos mediante los gráficos momento – curvatura correspondiente a cada muro con la ecuación 4.1, utilizar la inercia bruta de la estructura sería una aproximación no real, en particular para el hormigón armado, donde los efectos de la formación de grietas reducen significativamente la rigidez, y en consecuencia a la inercia, por debajo del valor inicial no fisurado. La rigidez de una estructura puede variar + / - 50% o más durante la respuesta sísmica (Priesley 2003).

$$I_e = \frac{M_n}{\phi_y * E} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

4.1.5 Diagrama de interacción

Los muros se modelan mediante una ecuación cuadrática general viga-columna. El elemento cuadrático general puede ser programado para obtener una apropiada carga axial-momento y en consecuencia un correcto diagrama de interacción para la estructura analizada, como se muestra en la Figura 4.2. Para la estructuración de los muros los valores del diagrama de interacción se muestran en la Tabla 4.2, los cuales fueron obtenidos de los diagramas de interacción correspondiente a cada muro.

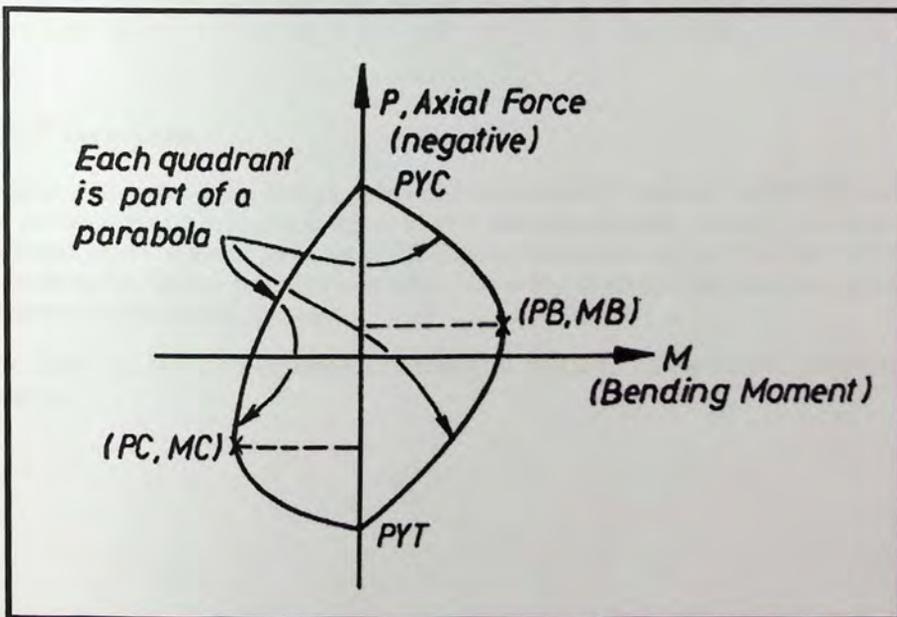


Figura 4.2: Modelo de diagrama de interacción cuadrático viga-columna (Ruaumoko, Carr 2008).

Tabla 4.2: Valores utilizados para el modelo cuadrático viga-columna.

Muro	PYC	PYT	(PC,MC)	(PB,MB)
I	-748	71.7	(-62,-120)	(-62,120)
II	-940	94	(-62,-220)	(-62,220)
III	-1320	135	(-248,-536)	(-248,536)
IV	-1879	186	(-372,-765)	(-372,765)
V	-2353	237	(-496,-1371)	(-496,1371)
VI	-3142	352	(-620,-2151)	(-620,2151)
VII	-3688	389	(-775,-2970)	(-775,2970)

4.1.6 Masa

Para el análisis no lineal se consideran las cargas permanentes más un 25% de la sobrecarga de uso en cada nodo de la estructura, sumando un total de 28.5 (Ton) por piso.

4.1.7 Carga

La carga determinada para cada nodo corresponde al 100% de las cargas permanentes y la sobrecarga de uso inducido en la NCh 1537, siendo un total de 31 (Ton) por piso.

4.1.5 Terremotos

Para el análisis se utilizaron 20 acelerogramas del terremoto del 27 de febrero de 2010 de magnitud de momento Mw 8.8 en la zona centro sur de Chile afectando localidades de la V y IX Región. Los registros fueron obtenidos por la red de acelerógrafos del departamento de Ingeniería Civil de la universidad de Chile en estaciones localizadas entre la III y XV Región que registraron el evento, mediante equipos digitales Kinimetrics.

Las aceleraciones máximas registradas se presentan en la tabla 4.3 y sus graficas se pueden ver en el anexo A

Tabla 4.3: Aceleraciones máximas terremoto "Maule".

Localidad	Dirección	Aceleración Máxima [m/s^2]
Angol	Norte-Sur	9.166
Angol	Este-Oeste	6.837
Concepción	Longitudinal	3.932
Concepción	Transversal	2.804
Constitución	Longitudinal	5.272
Constitución	Transversal	6.138
Curicó	Norte-Sur	4.654
Curicó	Este-Oeste	4.056
Hualañe	Longitudinal	3.747
Hualane	Transversal	4.428
Santiago Centro	Longitudinal	2.106
Santiago Centro	Transversal	3.022
Santiago Maipú	Norte-Sur	5.495
Santiago Maipú	Este-Oeste	4.786
Talca	Longitudinal	4.623
Talca	Transversal	4.075
Valparaíso	Longitudinal	2.163
Valparaíso	Transversal	2.621
Viña del Mar	Norte-Sur	2.144
Viña del Mar	Este-Oeste	3.246

CAPITULO 5

ANALISIS DE RESULTADOS

El presente capítulo muestra y evalúa los resultados obtenidos del análisis no-lineal realizado para las siete estructuras estudiadas.

La presentación y evaluación de resultados se hace a partir del desempeño global de las estructuras, para ello se analizan los esfuerzos de corte máximos desarrollados por los muros.

5.1 Cálculo diseño por capacidad

El diseño al corte por capacidad se determina por la ecuación 1.2 del capítulo 1, sección 1.3, donde se especifica que para la obtención de dicho diseño se debe determinar dos factores, el de sobrerresistencia y el de amplificación.

El factor de sobrerresistencia Ω_0 para las diferentes estructuras de muro se presenta en la tabla 5.1, valores obtenidos del cociente entre el momento nominal y el obtenido del análisis de combinación de cargas, como lo muestra la ecuación 1.1.

El factor de amplificación para cada estructura se muestra en el Anexo B, donde se especifica un factor "teórico" de amplificación para cada nivel de piso, obtenido con la ecuación 5.1.

$$W_{teorico} = \frac{V_u * \Omega_0}{V_{análisis}} \quad (\text{Ecuación 5.1})$$

Donde

V_u = Máximo corte obtenido de las diferentes combinaciones de cargas del análisis lineal para cada piso.

Ω_0 = Factor de sobrerresistencia, determinado para cada estructura.

$V_{análisis}$ = Máximo corte obtenido del análisis no lineal, para cada piso.

Tabla 5.1: Factor de sobrerresistencia.

Muro	Momento nominal (Ton*m)	Momento Norma (Ton*m)	Ω_0
I	103.3	30.79	3.36
II	192	117.94	1.63
III	474	277.85	1.71
IV	752	544.7	1.38
V	1282	843	1.52
VI	2151	1336	1.61
VII	3027	2151	1.41

Determinados los valores del corte del análisis no lineal con el programa Ruaumoko (Carr J., 2008) representados en las figuras 5.1, 5.3, 5.5, 5.7, 5.9, 5.11, 5.13. Los valores teóricos del factor de amplificación, se grafican como lo muestran las figuras 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 5.10, 5.12, 5.14 para luego ajustar una curva que sea representativa para cada estructura y así obtener una ecuación que represente a cada estructura.

Con las nubes de puntos obtenidos de las gráficas de los valores $w_{teórico}$ se determina que la forma de estos puntos es la de una hipérbola (figura 5.1), que tiene por función la ecuación 5.2, debido a que es la que mejor se ajusta.

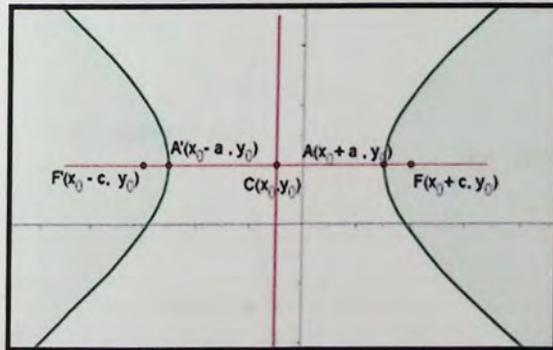


Figura 5.1: Representación Hipérbola.

$$\frac{(x-x_0)^2}{a^2} - \frac{(y-y_0)^2}{b^2} = 1 \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

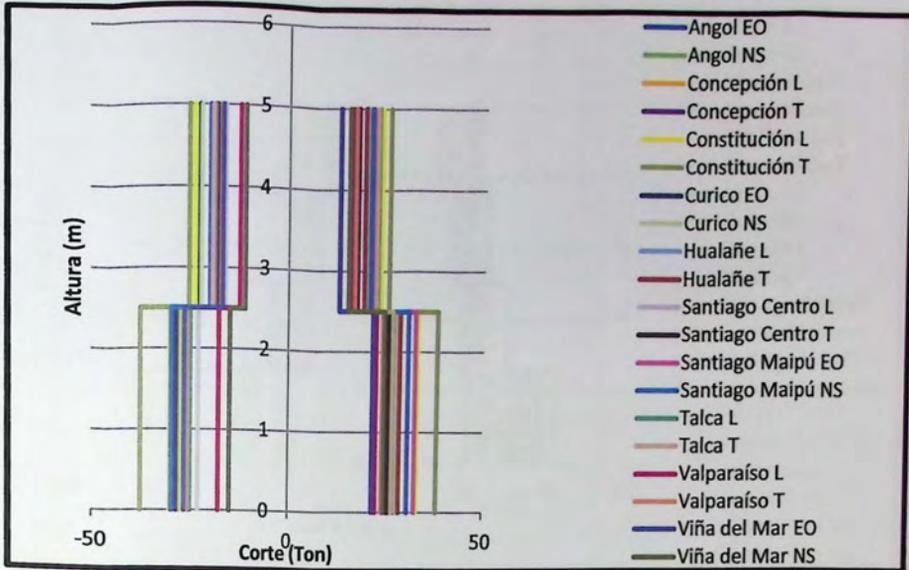


Figura 5.2: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro I.

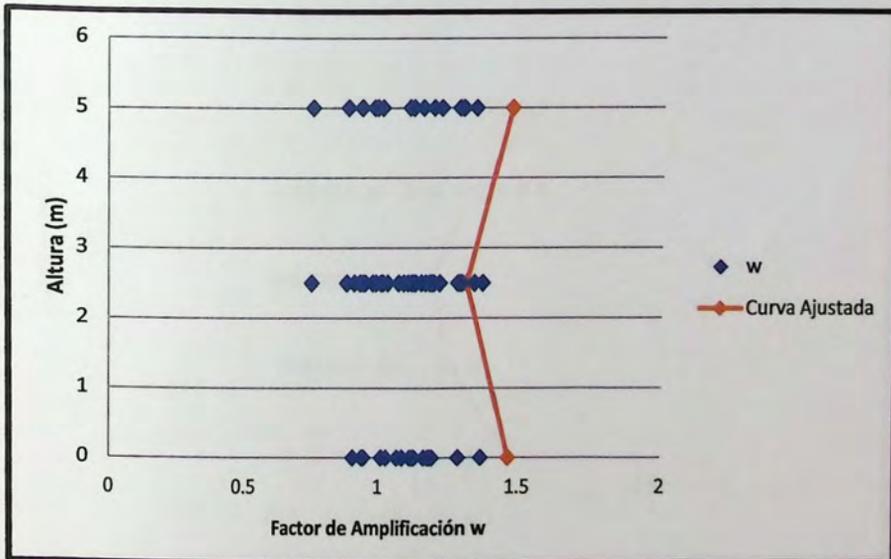


Figura 5.3: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro I.

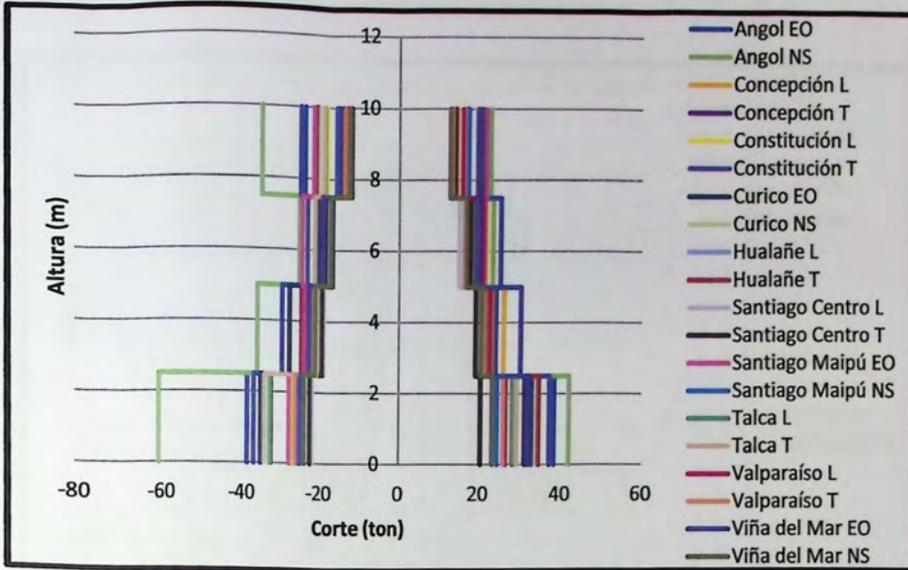


Figura 5.4: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro II.

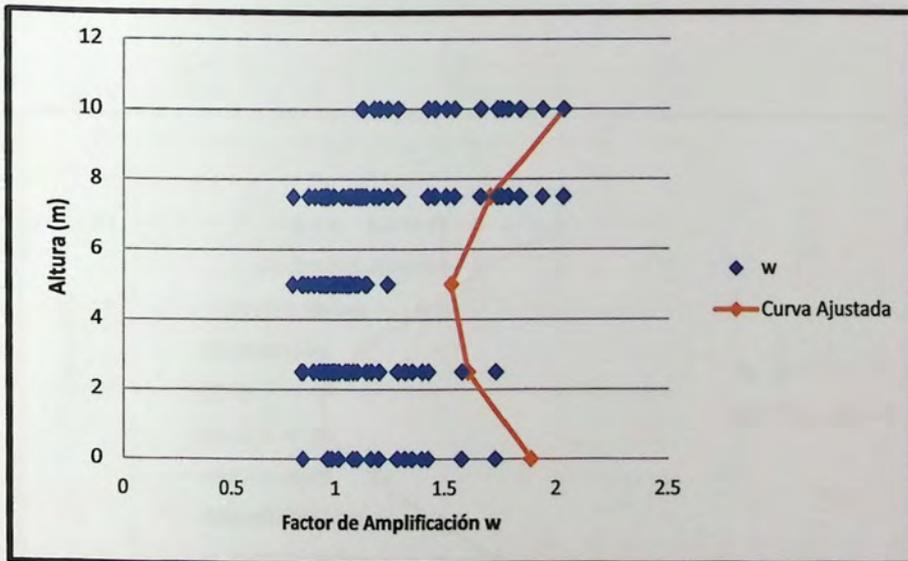


Figura 5.5: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro II.

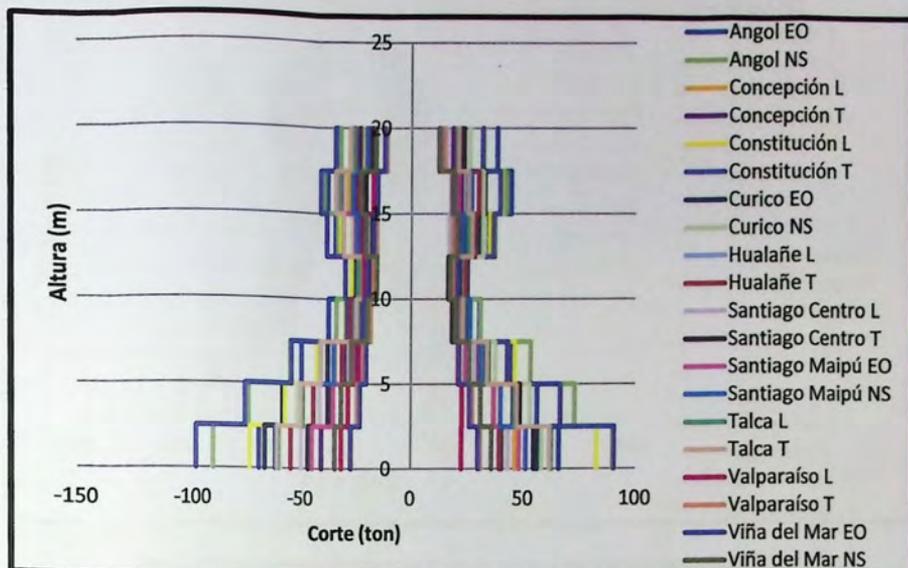


Figura 5.6: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro III.

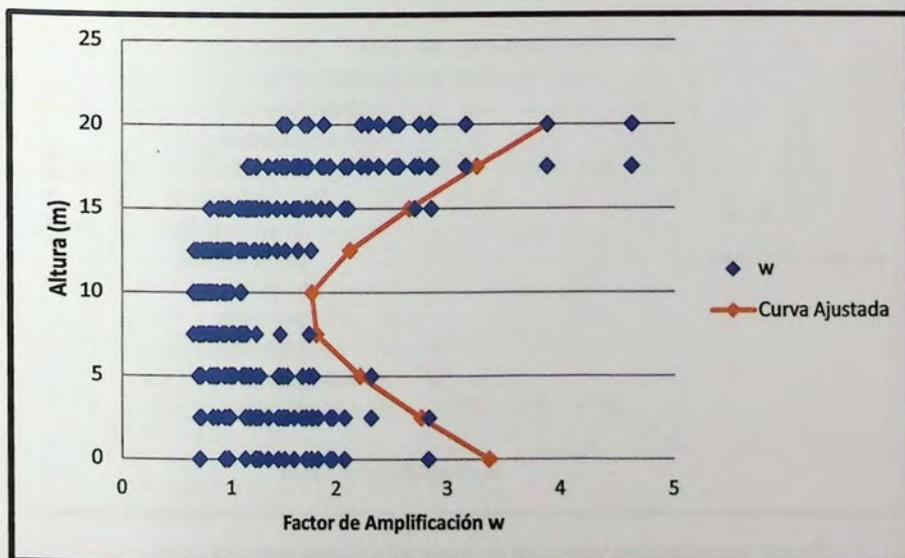


Figura 5.7: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro III.

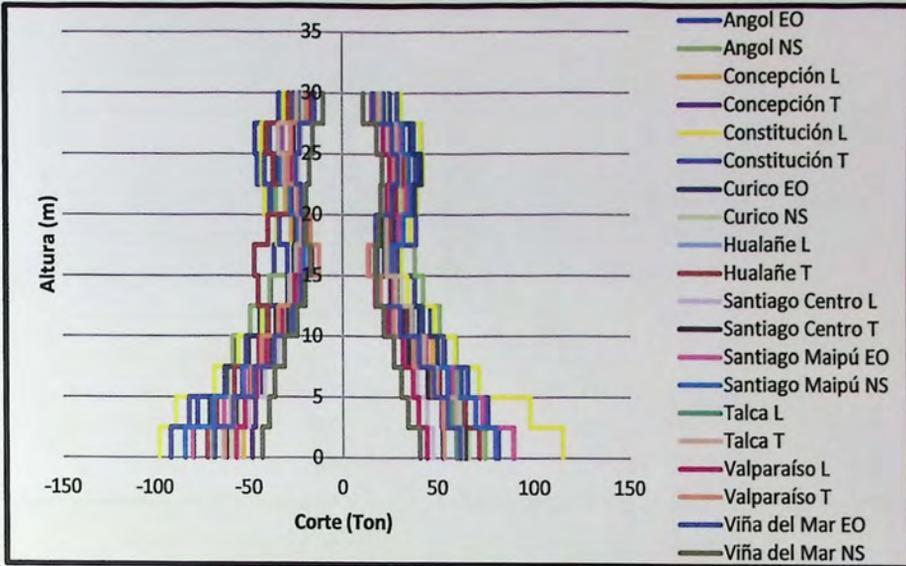


Figura 5.8: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro IV.

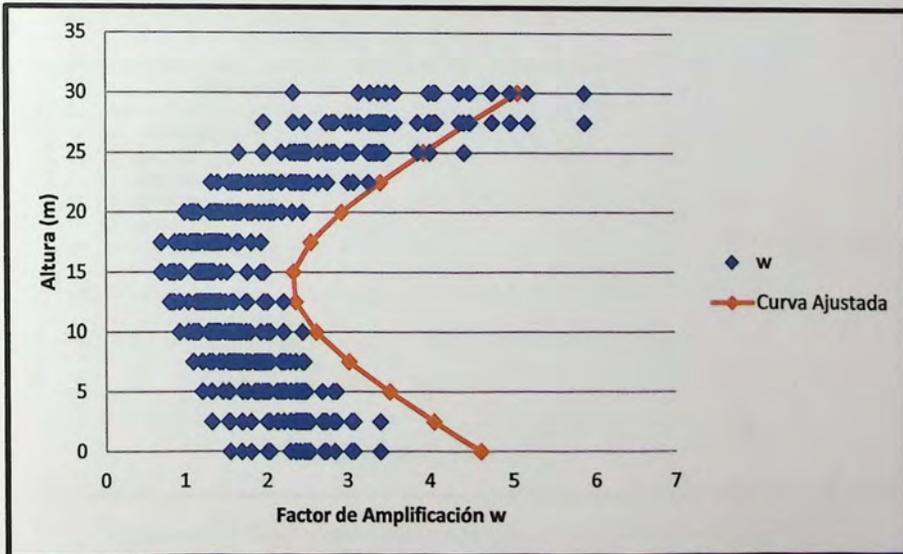


Figura 5.9: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro IV.

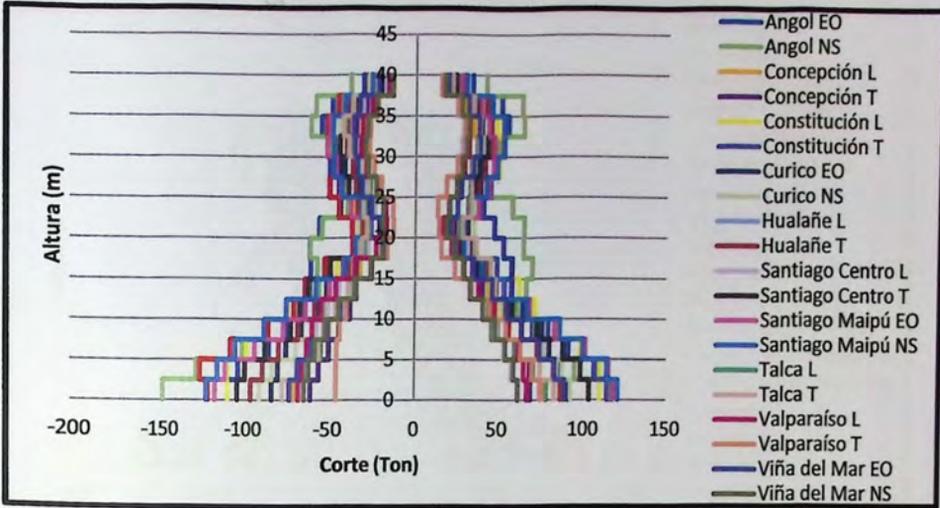


Figura 5.10: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro V.

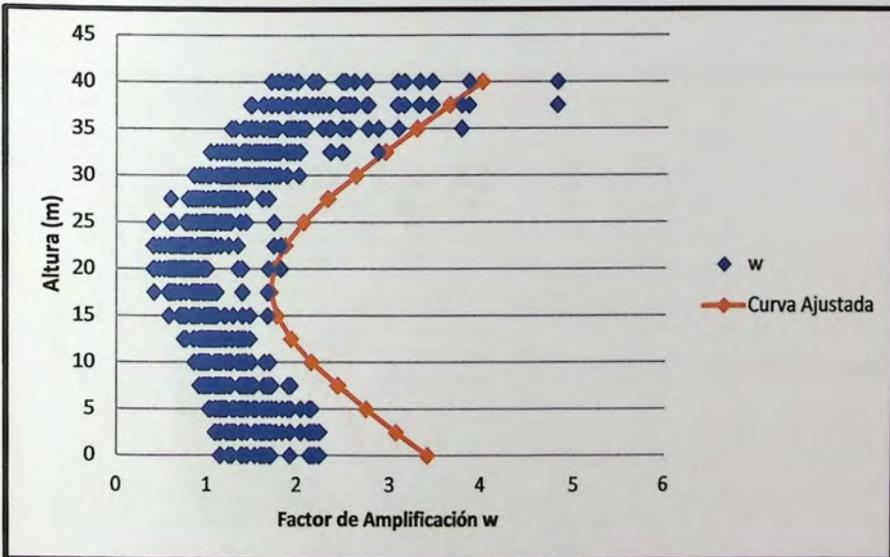


Figura 5.11: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro V.

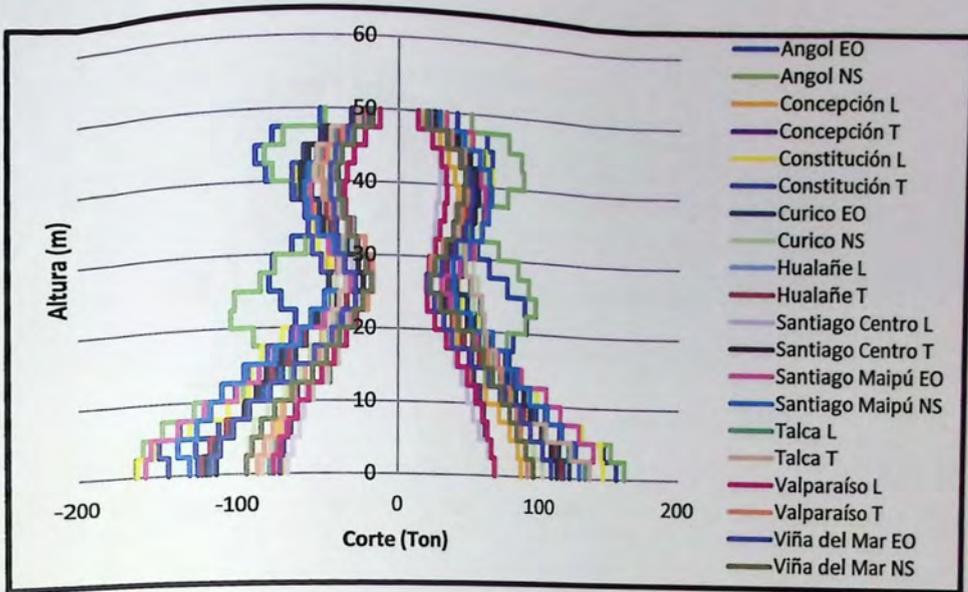


Figura 5.12: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro VI.

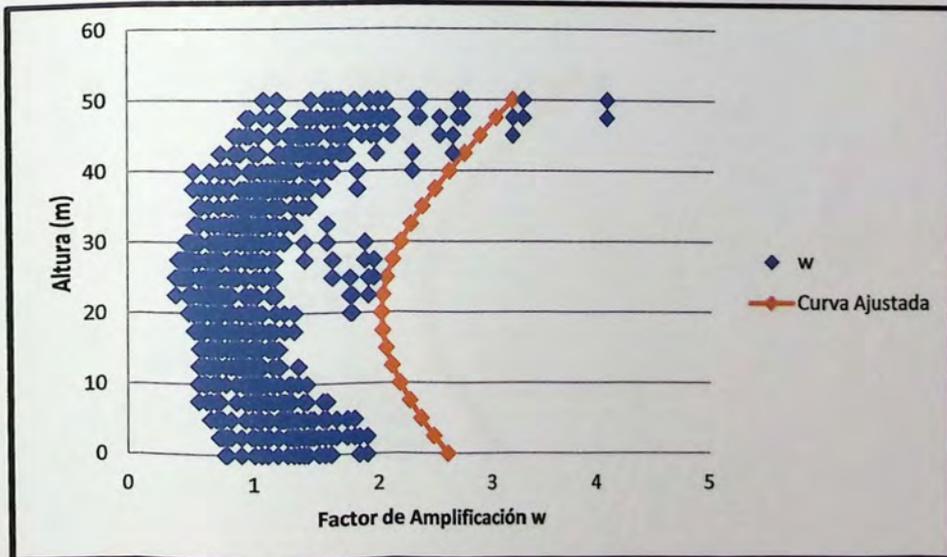


Figura 5.13: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro VI.

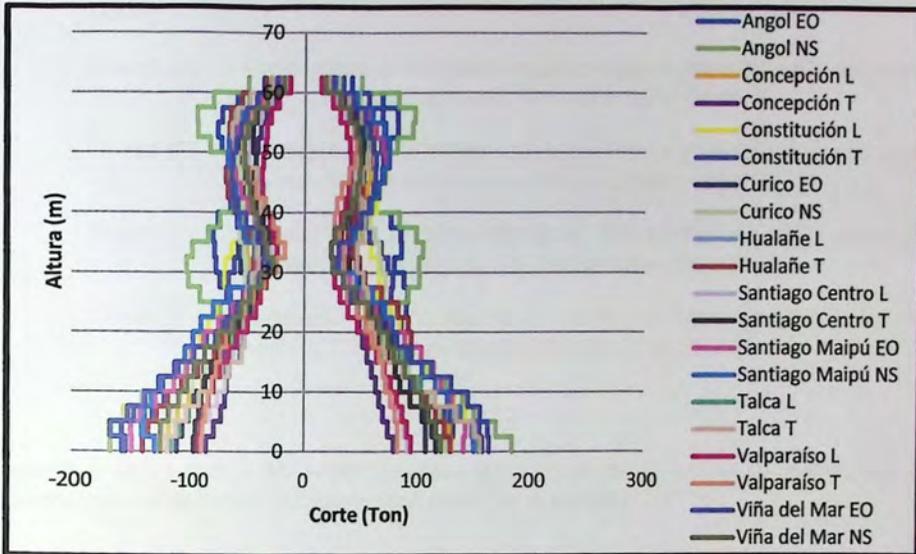


Figura 5.14: Diagrama de esfuerzo de corte obtenidos del análisis no lineal, Muro VII.

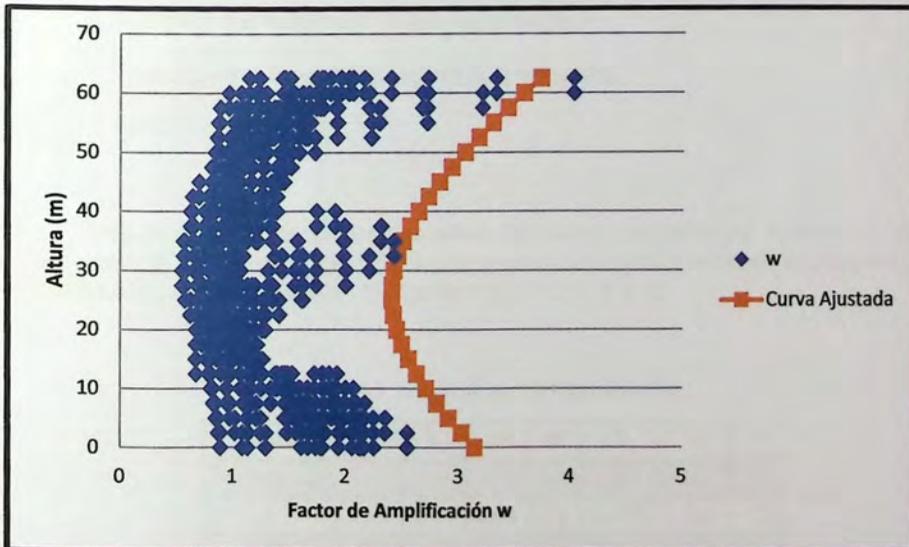


Figura 5.15: Curva ajustada a los valores de w a lo largo de la estructura, Muro VII.

Donde:

Ciudad EO = Corresponde a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, EO corresponde a la dirección (Este- Oeste).

Ciudad NS = Corresponde a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, EO corresponde a la dirección (Norte - Sur).

Ciudad L = Corresponde a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, EO corresponde a la dirección (Longitudinal).

Ciudad T = Corresponde a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, EO corresponde a la dirección (Transversal).

Aplicando esta función a las curvas obtenidas por el ajuste de los puntos, se puede obtener como fórmula general para cada estructura determinada por la ecuación 5.3.

$$\frac{(w-D)^2}{A^2} - \frac{(H-B)^2}{C^2} = 1 \quad (\text{Ecuación 5.3})$$

Donde

A, B, C y D = son constantes de cada curva ajustada.

H = corresponde a la altura a cada piso de la estructura.

w = factor de amplificación.

Para el ajuste de la curva se proponen los valores dispuestos en la tabla 5.2 para las constantes A, B, C y D, y así obtener una ecuación para cada valor dependiendo del número de pisos de la estructura que se muestran en las figuras 5.16, 5.17, 5.18, 5.19.

Tabla 5.2: Valores de constantes propuestos.

Muro	I	II	III	IV	V	VI	VII
Nº de Pisos	2	4	8	12	16	20	25
A	0.51	0.72	0.93	1.5	1.604	1.914	2.3
B	2.5	4.5	9	14	18	20	26
C	3	4	3.5	6	10	24	30
D	0.8	0.8	0.8	0.8	0.1	0.1	0.1

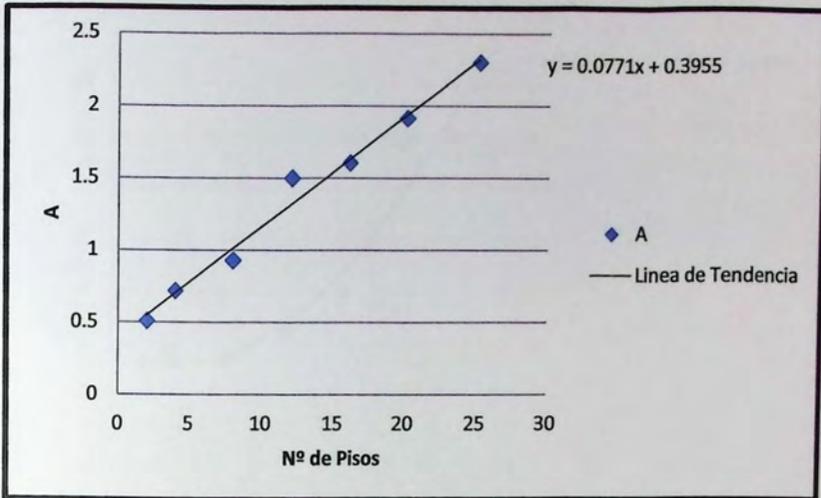


Figura 5.16: Gráfica función ajustada para la constante A.

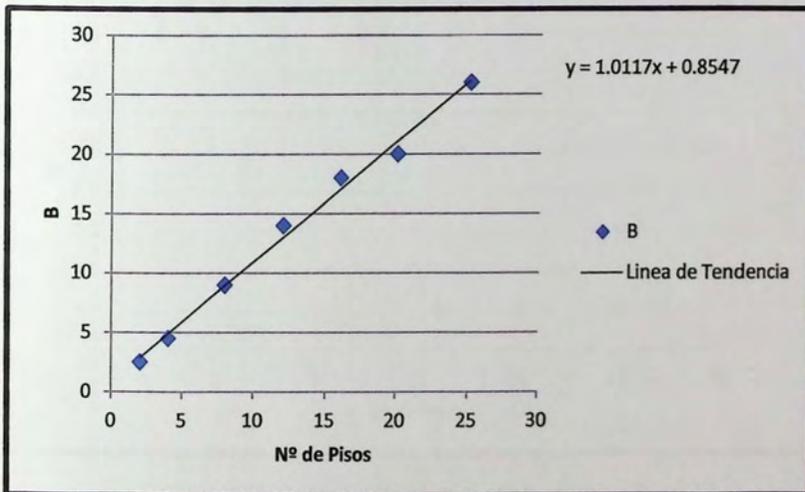


Figura 5.17: Gráfica función ajustada para la constante B.

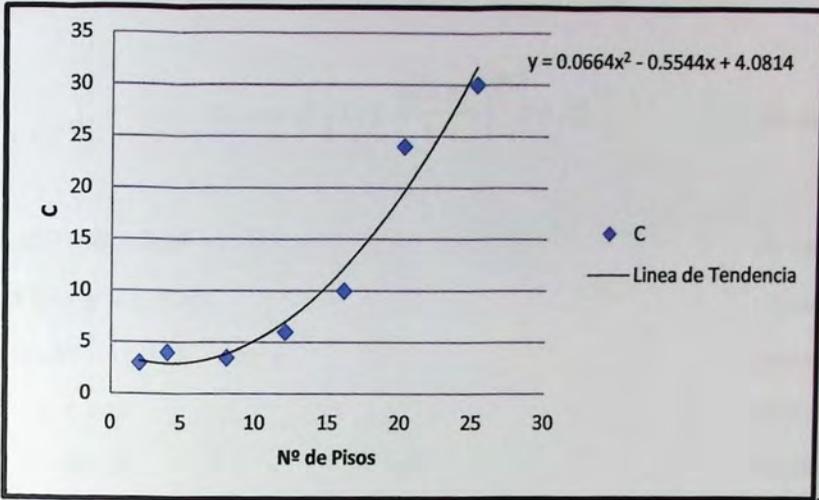


Figura 5.18: Gráfica función ajustada para la constante C.

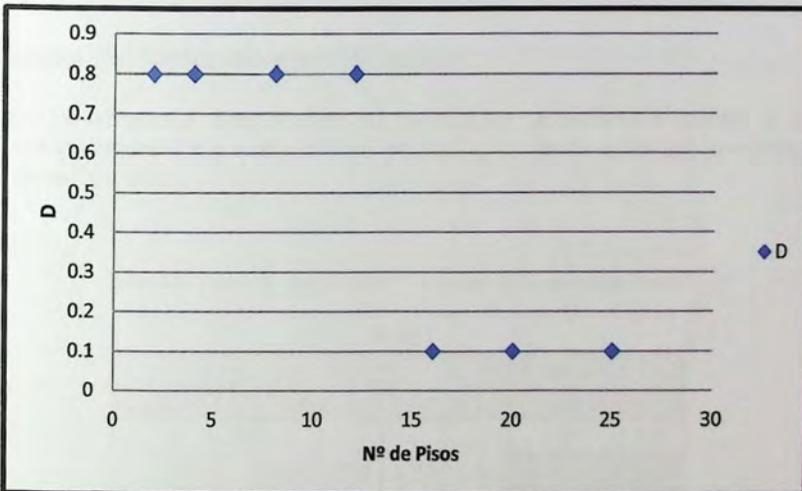


Figura 5.19: Gráfica función ajustada para la constante D.

Con las funciones determinadas para cada constante, A, B, C y D, y despejando el w_z de la ecuación general de la hipérbola se obtiene la ecuación 5.4, con la cual se logra obtener el valor del factor de amplificación para cada de piso dependiendo de la cantidad de piso de una estructura de muro.

La función de las constantes A y B se ajusta con una recta donde queda determinada con la ecuación 5.5 y 5.6 respectivamente, la constante C se ajusta con una parábola de segundo orden (ecuación 5.7) y el valor de D dependerá de la cantidad de pisos del muro analizado (ecuación 5.8 y 5.9).

$$w_s = A \left[1 + \frac{(H-B)^2}{C^2} \right]^{0.5} + D \quad (\text{Ecuación 5.4})$$

Donde:

$$A = 0.077 * N + 0.39 \quad (\text{Ecuación 5.5})$$

$$B = 1.0117 * N + 0.8547 \quad (\text{Ecuación 5.6})$$

$$C = 0.0664 * N^2 - 0.544 * N + 4.0814 \quad (\text{Ecuación 5.7})$$

$$D = 0.8 \quad 2 \leq N \leq 12 \quad (\text{Ecuación 5.8})$$

$$D = 0.1 \quad 12 < N \leq 25 \quad (\text{Ecuación 5.9})$$

Donde N corresponde al número de pisos de la estructura.

5.2 Cálculo del factor de amplificación

Con las ecuaciones determinadas con anterioridad se procede a calcular el factor de amplificación correspondiente a cada estructura analizada, los valores obtenidos se representan en las tablas de la 5.3 a la 5.9.,

Tabla 5.3: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro I.

Muro I						
Nº de Pisos	A	B	C	D	Altura (m)	w
2	0.54	2.88	3.24	0.80	0	1.53
					2.5	1.35
					5	1.45

Tabla 5.4: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro II.

Muro II						
Nº de Pisos	A	B	C	D	Altura (m)	w
4	0.70	4.90	2.93	0.80	0	2.16
					2.5	1.70
					5	1.50
					7.5	1.73
					10	2.20

Tabla 5.5: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro III.

Muro III						
Nº de Pisos	A	B	C	D	Altura (m)	w
8	1.01	8.95	3.90	0.80	0	3.32
					2.5	2.75
					5	2.23
					7.5	1.87
					10	1.84
					12.5	2.16
					15	2.66
					17.5	3.23
					20	3.83

Tabla 5.6: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro IV.

Muro IV						
Nº de Pisos	A	B	C	D	Altura (m)	w
12	1.31	13.00	6.99	0.80	0	3.57
					2.5	3.17
					5	2.80
					7.5	2.47
					10	2.23
					12.5	2.12
					15	2.17
					17.5	2.36
					20	2.66
					22.5	3.02
					25	3.41
					27.5	3.83
					30	4.26

Tabla 5.7: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro V.

Muro V						
Nº de Pisos	A	B	C	D	Altura (m)	W
16	1.62	17	12.2	0.1	0	2.89
					2.5	2.62
					5	2.38
					7.5	2.16
					10	1.97
					12.5	1.83
					15	1.74
					17.5	1.72
					20	1.77
					22.5	1.88
					25	2.04
					27.5	2.24
					30	2.47
					32.5	2.72
					35	2.98
37.5	3.27					
					40	3.55

Tabla 5.8: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro VI.

Muro VI						
Nº de Pisos	A	B	C	D	Altura (m)	w
20	1.93	21.1	19.6	0.1	0	2.94
					2.5	2.76
					5	2.6
					7.5	2.45
					10	2.32
					12.5	2.21
					15	2.12
					17.5	2.06
					20	2.03
					22.5	2.04
					25	2.07
					27.5	2.13
					30	2.22
					32.5	2.33
					35	2.47
					37.5	2.62
					40	2.78
42.5	2.96					
45	3.15					
47.5	3.34					
50	3.55					

Tabla 5.9: Factor de amplificación w a lo largo de la estructura, Muro VII.

Muro VII						
Nº de Pisos	A	B	C	D	Altura (m)	w
25	2.32	26.1	31.7	0.1	0	3.1
					2.5	2.99
					5	2.88
					7.5	2.79
					10	2.7
					12.5	2.62
					15	2.55
					17.5	2.5
					20	2.46
					22.5	2.43
					25	2.42
					27.5	2.42
					30	2.43
					32.5	2.46
					35	2.5
					37.5	2.56
					40	2.63
					42.5	2.7
					45	2.79
					47.5	2.89
50	3					
52.5	3.11					
55	3.23					
57.5	3.35					
60	3.49					
62.5	3.62					

Con los factores de amplificación determinados para cada piso de la estructura, se calcula el corte por capacidad con la ecuación 1.2, el cual se presenta en las siguientes figuras.

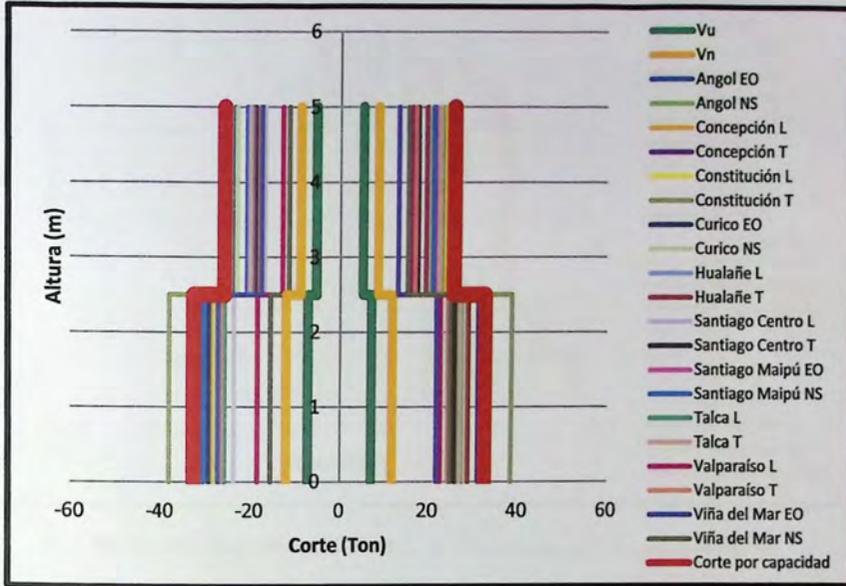


Figura 5.20: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis\ no\ lineal}$, $V_{Capacidad}$ Muro I.

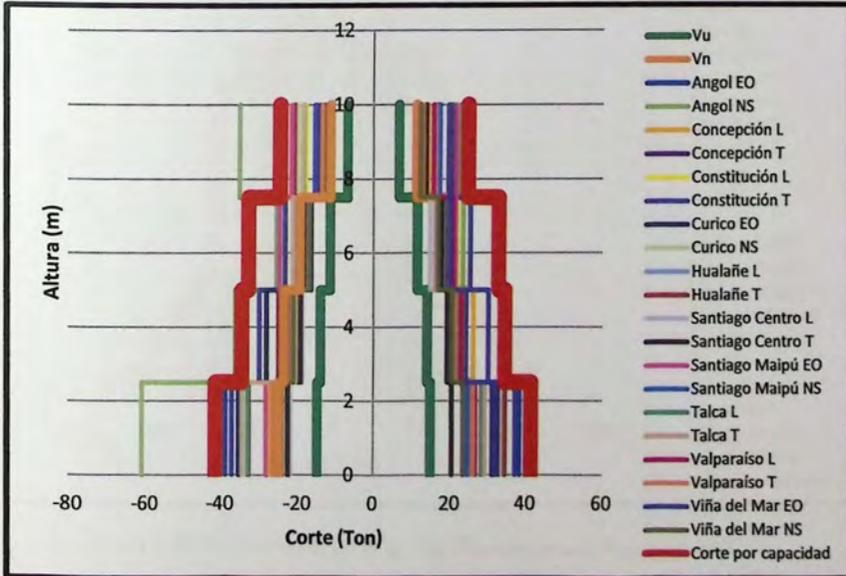


Figura 5.21: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis\ no\ lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro II.

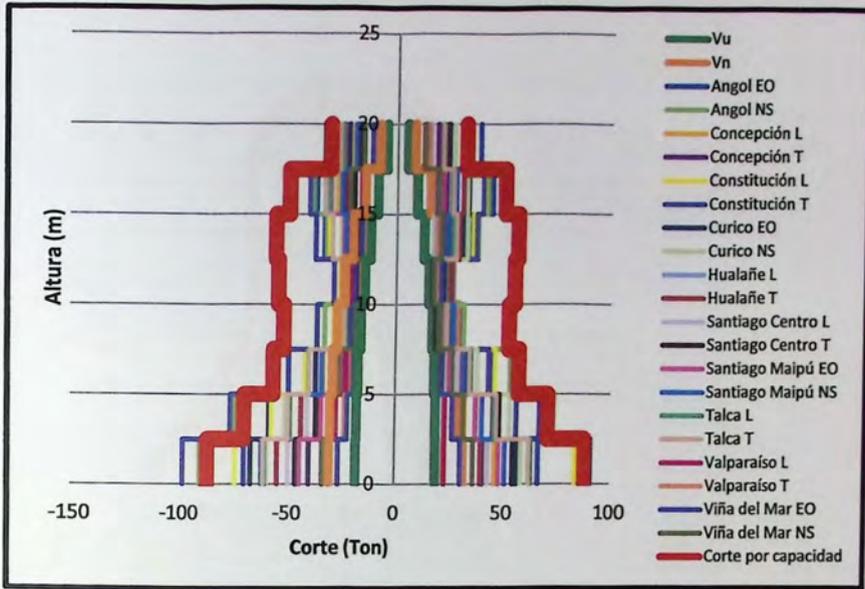


Figura 5.22: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis\ no\ lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro III.

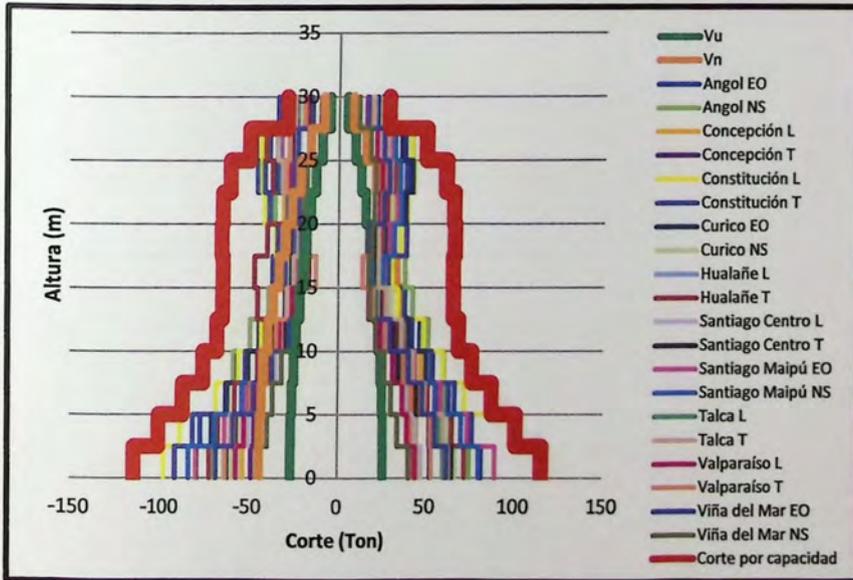


Figura 5.23: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{análisis\ no\ lineal}$ y $V_{Capacidad}$ Muro IV.

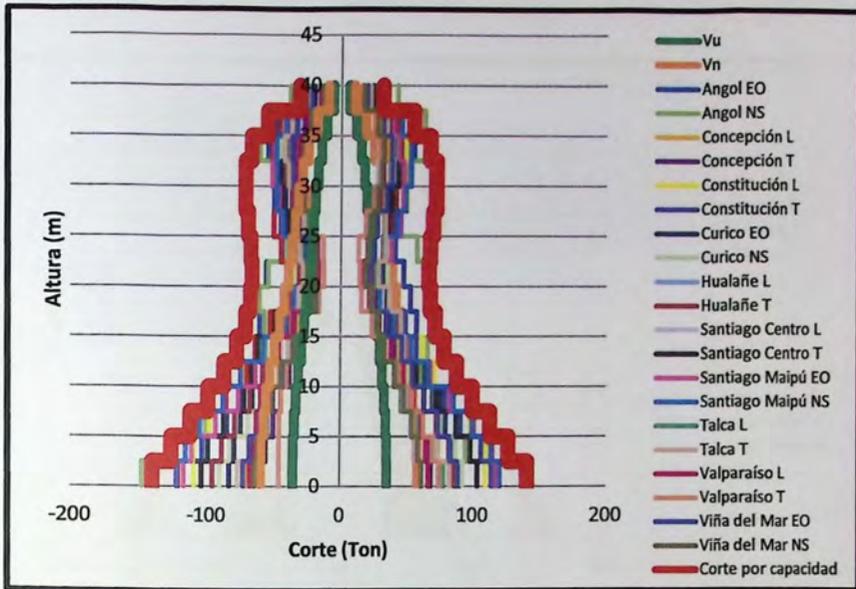


Figura 5.24: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{\text{análisis no lineal}}$ y $V_{\text{Capacidad}}$ Muro V.

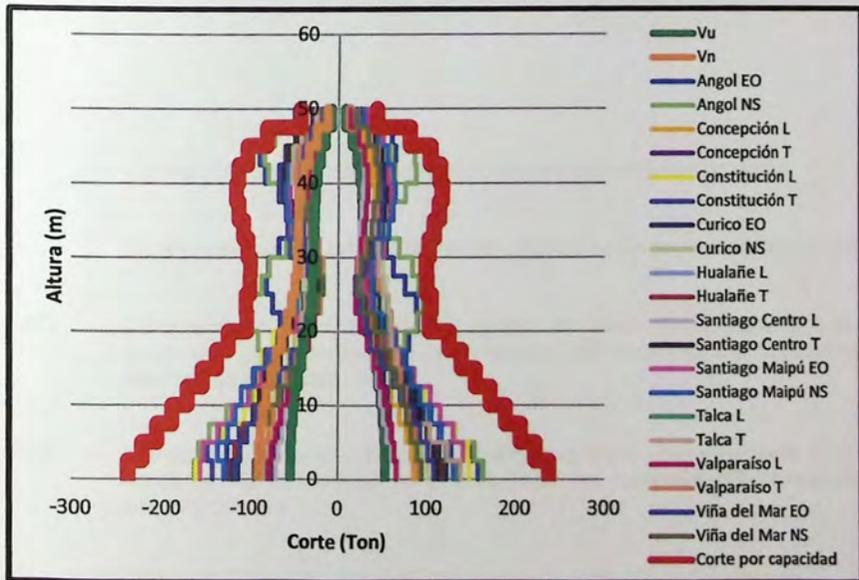


Figura 5.25: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{\text{análisis no lineal}}$ y $V_{\text{Capacidad}}$ Muro VI.

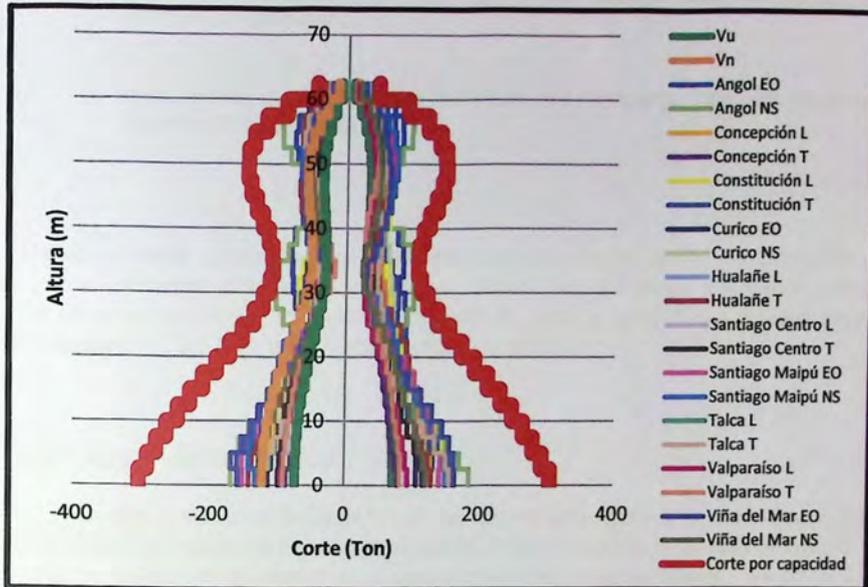


Figura 5.26: Diagrama de Corte V_u , V_n , $V_{\text{análisis no lineal}}$ y $V_{\text{capacidad}}$ Muro VII.

Donde:

V_u = Corresponde al corte máximo obtenido de las combinaciones de carga.

V_n = Corresponde al corte máximo requerido obtenido de las combinaciones de carga.

Ciudad EO = Corresponde al corte obtenido del análisis no lineal correspondiente a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, EO corresponde a la dirección de este (Este- Oeste).

Ciudad NS = Corresponde al corte obtenido del análisis no lineal correspondiente a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, NS corresponde a la dirección (Norte – Sur).

Ciudad L = Corresponde al corte obtenido del análisis no lineal correspondiente a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, L corresponde a la dirección (Longitudinal).

- Ciudad T = Corresponde al corte obtenido del análisis no lineal correspondiente a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, EO corresponde a la dirección (Transversal).
- Corte por Capacidad = Corresponde al corte obtenido del diseño por capacidad, calculado con el factor de amplificación propuesto

Como se puede observar en las figuras el corte obtenido del diseño por capacidad con los factores de amplificación determinados para los sismos chilenos cubre mayoritariamente a las demandas de corte del análisis no lineal tiempo historia, pero no los cortes obtenidos mediante la normativa vigente en Chile (V_n), permitiendo así prevenir las fallas.

5.3 Diagramas de momento.

Por otra parte para conocer el desempeño de los muros analizados a la flexión se extraen las envolventes de los momentos para cada acelerograma y así determinar su comportamiento a lo largo de este. Las envolventes de los momentos se presentan en las siguientes figuras.

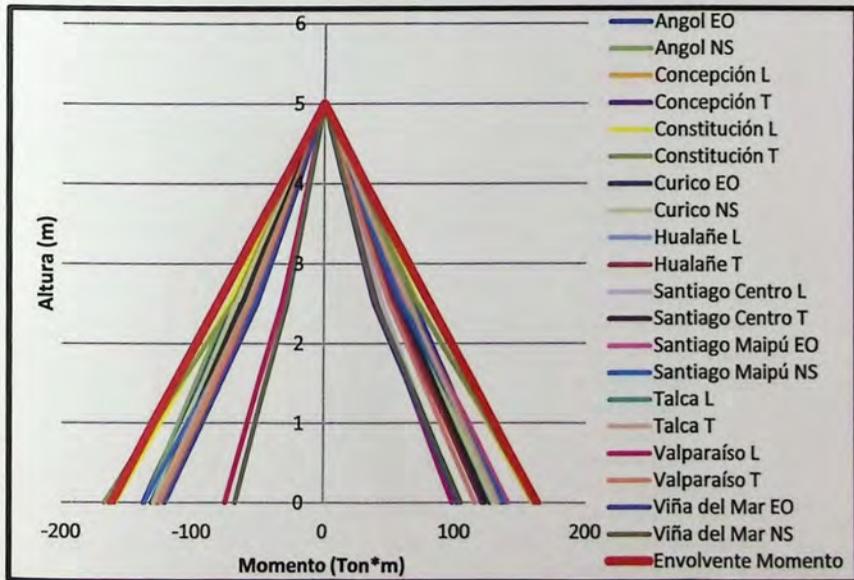


Figura 5.27: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro I.

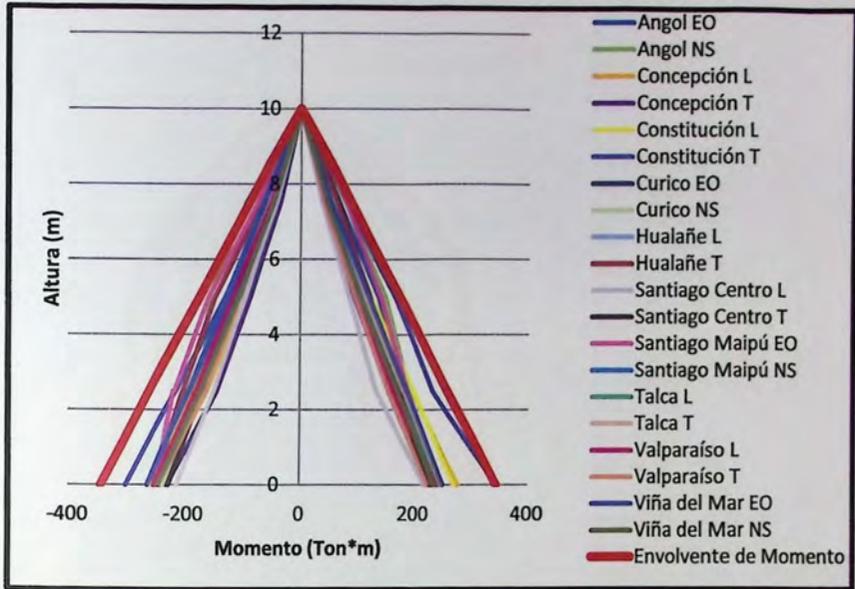


Figura 5.28: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolverte de Momento Muro II.

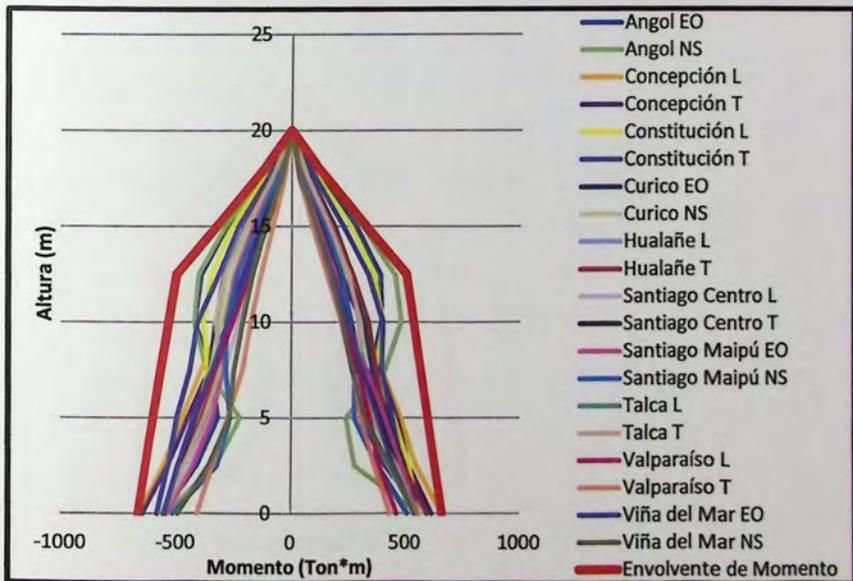


Figura 5.29: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolverte de Momento Muro III.

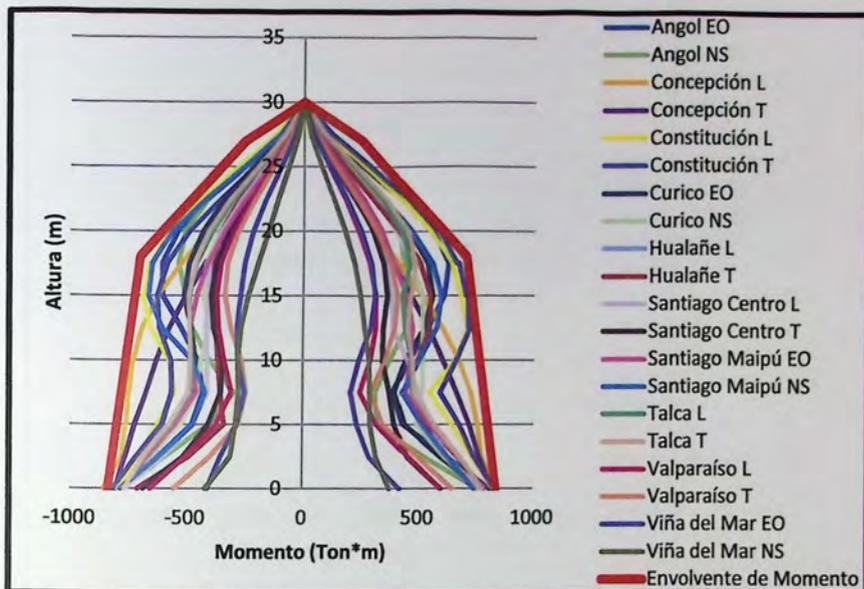


Figura 5.30: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro IV.

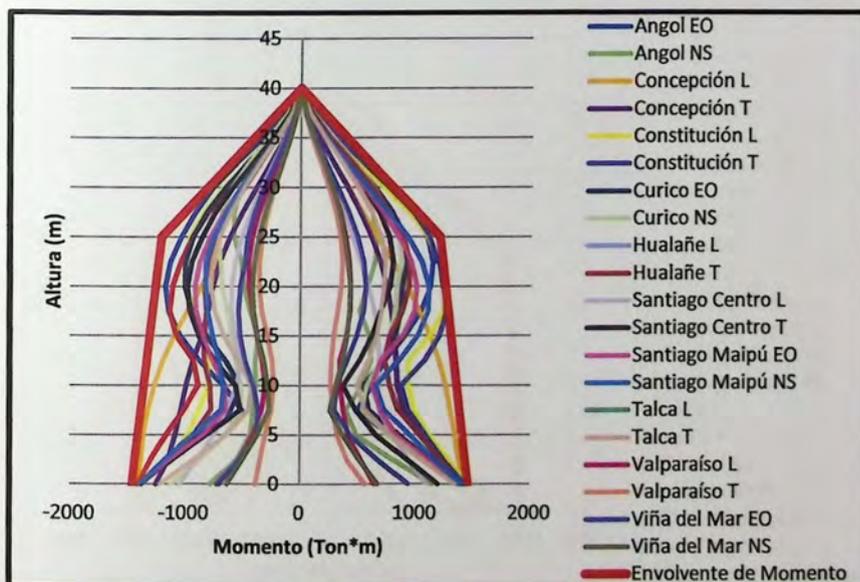


Figura 5.31: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolvente de Momento Muro V.

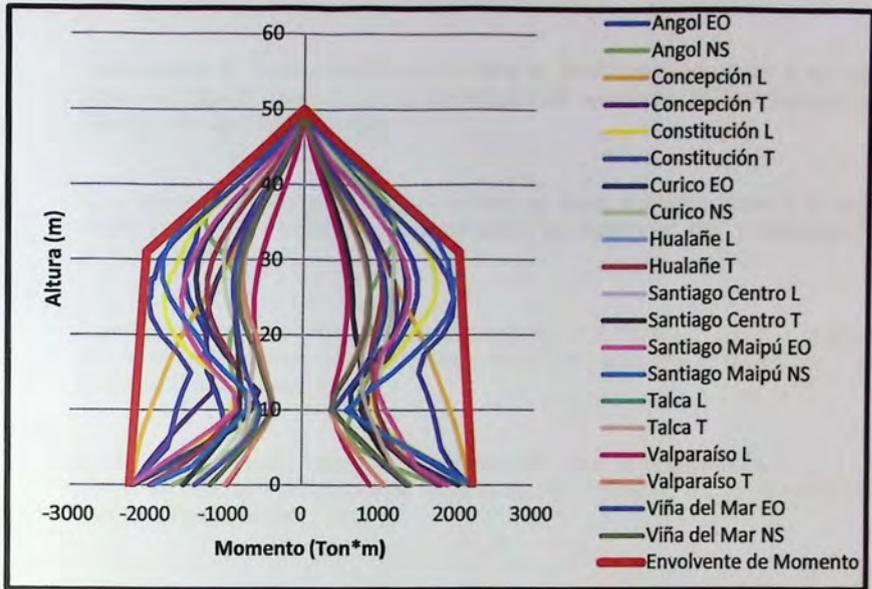


Figura 5.32: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolverte de Momento Muro VI.

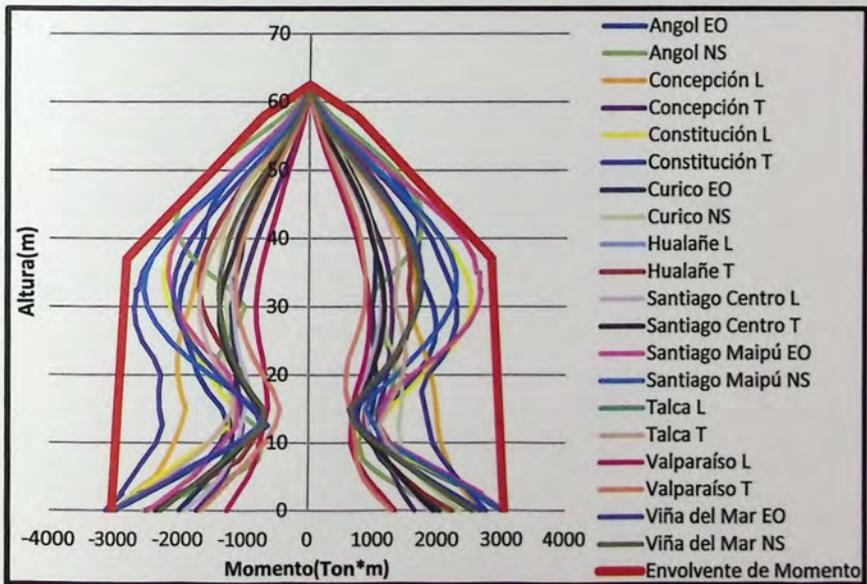


Figura 5.33: Diagrama de momento análisis no lineal y Envolverte de Momento Muro VII.

Donde:

- Ciudad EO = Corresponde al corte obtenido del análisis no lineal correspondiente a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, EO corresponde a la dirección de este (Este- Oeste).
- Ciudad NS = Corresponde al corte obtenido del análisis no lineal correspondiente a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, NS corresponde a la dirección (Norte – Sur).
- Ciudad L = Corresponde al corte obtenido del análisis no lineal correspondiente a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, L corresponde a la dirección (Longitudinal).
- Ciudad T = Corresponde al corte obtenido del análisis no lineal correspondiente a la ciudad donde se hizo la medición de la aceleración del terremoto, EO corresponde a la dirección (Transversal).
- Envolvente de Momento = Corresponde a la envolvente de todos los momentos obtenidos del análisis no lineal, referencia hasta donde mantener la armadura a flexión.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

En los muros diseñados con la normativa Chilena actual se determina que el esfuerzo de corte va disminuyendo desde la base hasta su máxima altura para el caso de las estructuras hasta 16 pisos. En las estructuras de 20 y 25 pisos su distribución varía disminuyendo los esfuerzos en los pisos superiores, siendo más notorio en los pisos intermedios. Por otro lado con el análisis no lineal se determinan que los esfuerzos de corte son variables a lo largo de la estructura, mayores en los pisos inferiores y en los superiores, disminuyendo en los pisos intermedios y en el último cuando se trata de edificaciones de más de 4 pisos, para estructuraciones menores los esfuerzos van disminuyendo progresivamente desde la base hasta el último piso.

La influencia de los modos superiores en la respuesta de las estructuras en la normativa actual se ve subestimada al contrastar con los resultados obtenidos del análisis no lineal.

El análisis actual subestima las demandas de corte, dejando en evidencia que los diseños actuales están quedando bajo lo que realmente que sucede cuando la estructura se enfrenta a un evento sísmico, dejando que estos puedan sufrir fallas frágiles.

Los resultados obtenidos de aplicar el diseño por capacidad, con los factores w propuestos, a las 7 estructuras son mayores a los obtenidos del análisis no lineal. Dejando en evidencia que las ecuaciones propuestas para estructuras de muro de diferentes alturas otorgan una aproximación conservadora para determinar el valor del corte para el diseño de muros.

Los mejores resultados de los esfuerzos de corte obtenidos con el diseño por capacidad propuestos fueron para los muros I (2 pisos), II (4 pisos), III (8 pisos), IV (12 pisos) y V (16 pisos), en cuyos casos se ajustó mejor la envolvente. En el caso de los muros VI (20 pisos) y VII (25 pisos) la envolvente del corte por capacidad queda sobredimensionada mayoritariamente en los pisos inferiores.

Respecto a la envolvente de momentos obtenidos del análisis no lineal se sugiere usar la recomendación de Priestley, es decir, mantener la resistencia un 75% de la altura. Con esto se asegura respuesta elástica en flexión en los pisos superiores, limitando la no linealidad del muro a la base.

En este trabajo se utilizaron 20 registros sísmicos del terremoto del Maule, sin embargo no se clasificaron por tipo de suelo. Esto sin duda ayuda a ajustar los factores propuestos.

Los muros analizados son de sección transversal rectangular, por lo que se debe estudiar la influencia de la geometría de estos para los factores de amplificación y eventualmente la rigidez de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

ACI Committee 318. "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318S-08)".

Amaris A., "Dynamic amplification of moments and shear forces in cantilever walls" Junio 2002.

Blakeley R., Cooney R., and Megget L. "Seismic shear loading at flexural capacity in cantilever wall structures", Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering., 1975.

Boroschek R., Soto P. and Leon R. "Registros del Terremoto del Maule Mw = 8.8 27 de Febrero de 2010", Informe Renadic 10/05 Rev.2 Octubre 2010.

Carr, A., "User manual for the: dimensional versión Ruaumoko 2D" volumen 2, 2008.

Carr, A., "Appendices" volumen 5, 2008.

Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, 2003.

Instituto Nacional de Normalización (INN). "NCh433 Of.96 Mod.2009, Diseño Sísmico de Edificios".

Instituto Nacional de Normalización (INN). "NCh1537 Of. 2009, Diseño Estructural- Cargas Permanentes y cargas de uso"

Instituto Nacional de Normalización (INN). "NCh3171 Of.2010, Diseño Estructural – Disposiciones generales y combinaciones de carga".

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Noviembre 2010). "Decreto Supremo N°61, Reglamento que fija los requisitos de diseño sísmico de Edificios, Noviembre de 2008.

Park R. and Paulay T. "Estructuras de Concreto Reforzado", Mexico D.F.1983.

Paulay T., Priestley N. "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons Inc. 1992"

Priestley M.J.N., Calvi G.M. and Kowalsky M.J. "Displacement-Based Seismic Design of Structures", 2007.

Priestley M.J.N "Myths and fallacies in earthquake engineering, revisited", 2003.

ANEXO A

El 27 de Febrero de 2010 ocurrió en Chile un terremoto con epicentro estimado a 43 Km al sur oeste de la localidad de Cobquecura (VIII) región como se muestra en la figura A. 1.

Las graficas de los acelerogramas se muestran en las figuras A2 a la A21.

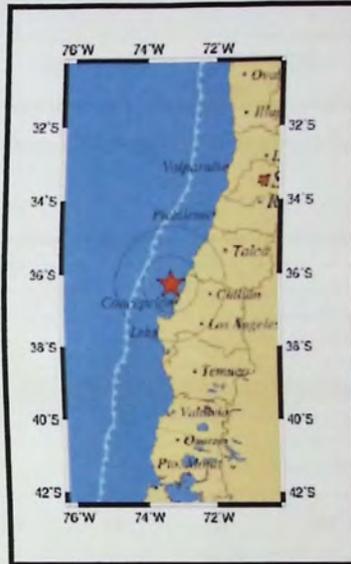


Figura A1: Epicentro Terremoto 27 de febrero de 2010.

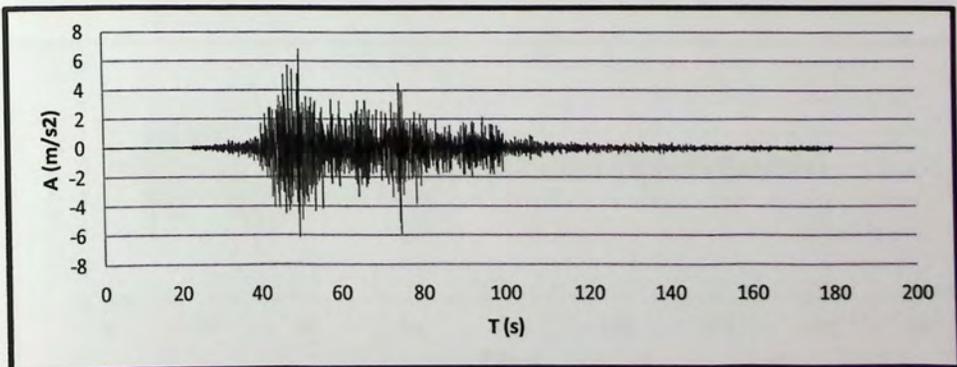


Figura A2: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Angol, dirección Este-Oeste.

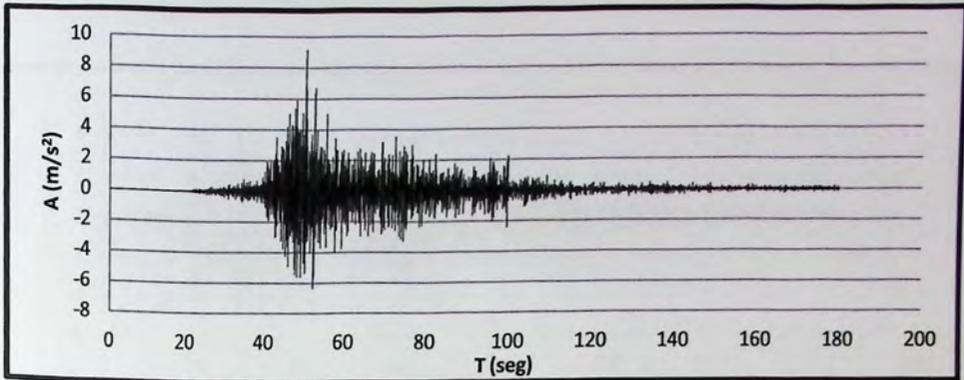


Figura A.3: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Angol, dirección Norte-Sur.

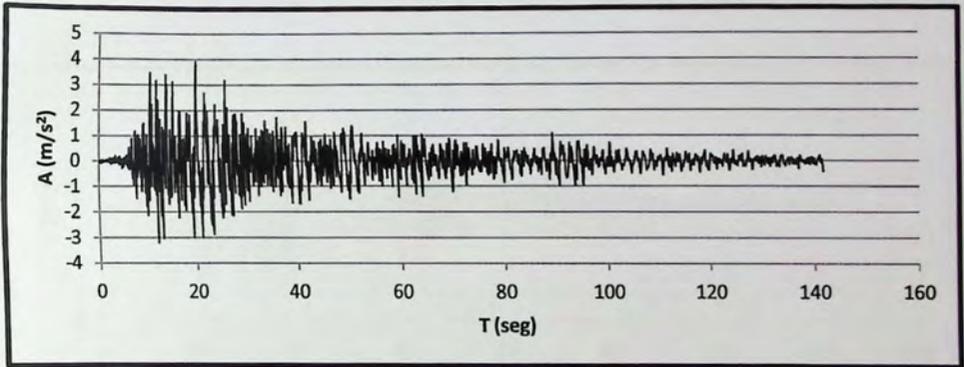


Figura A.4: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Concepción, dirección Longitudinal.

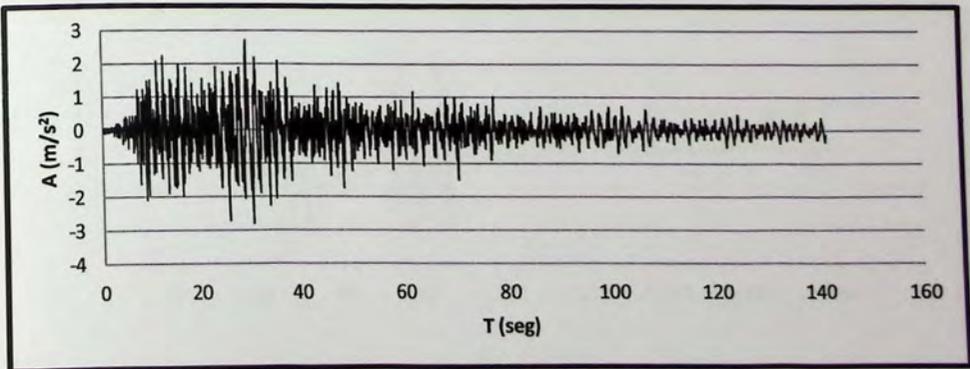


Figura A.5: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Concepción, dirección Transversal.

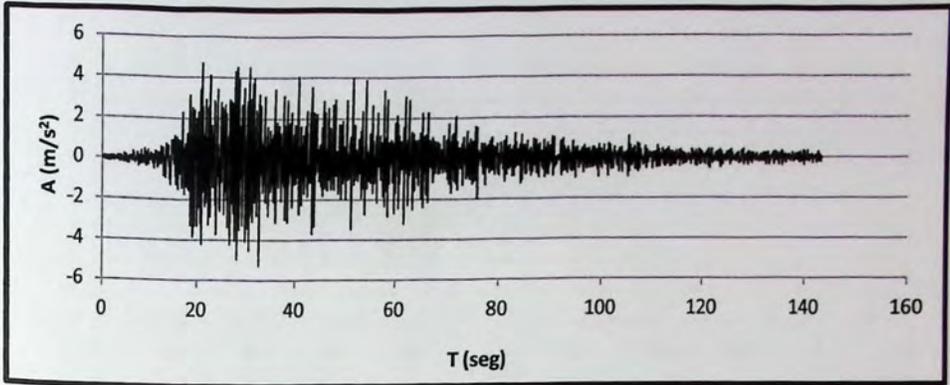


Figura A.6: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Constitución, dirección Longitudinal.

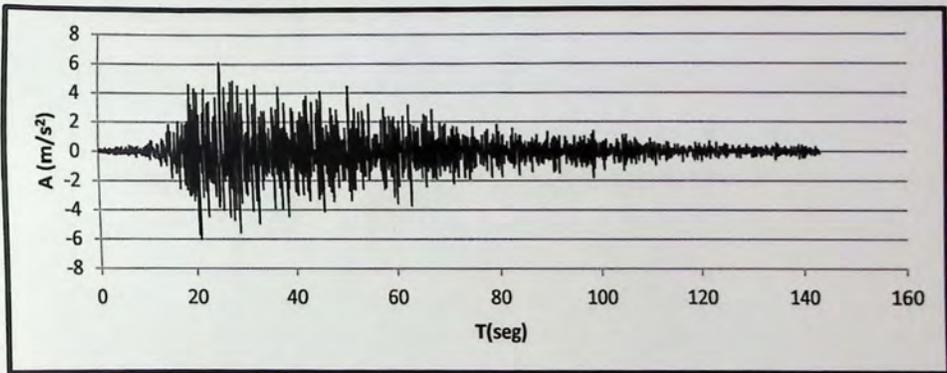


Figura A.7: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Constitución, dirección Transversal.

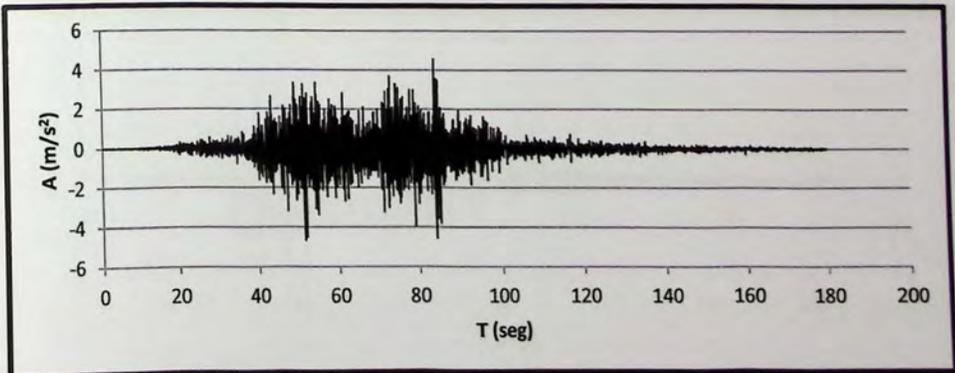


Figura A.8: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Curicó, dirección Norte-Sur.

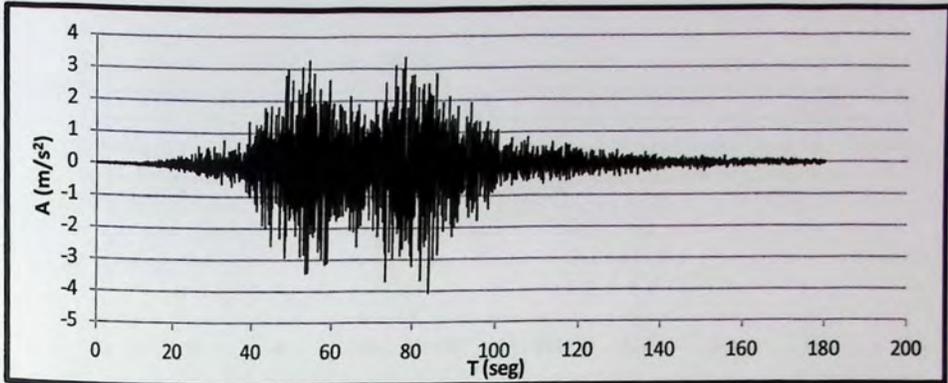


Figura A.9: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Curicó, dirección Este-Oeste.

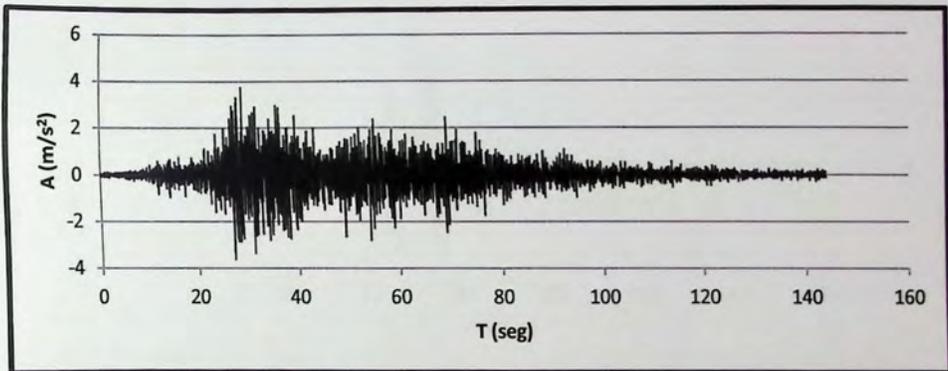


Figura A.10: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Hualañe, dirección Longitudinal.

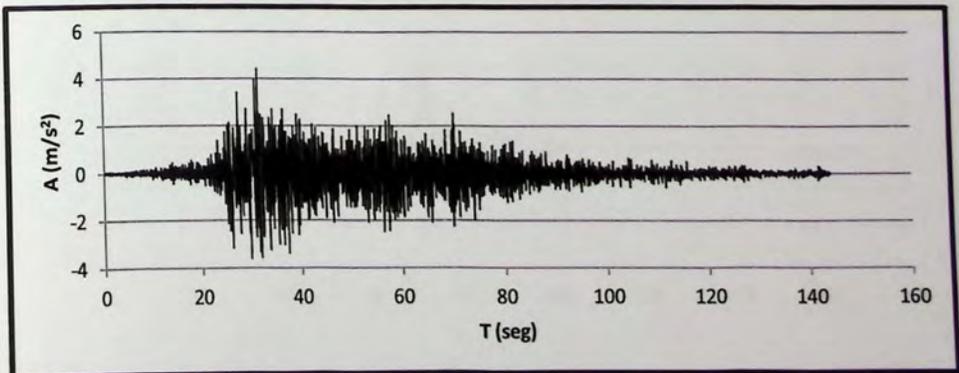


Figura A.11: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Hualañe, dirección Transversal.

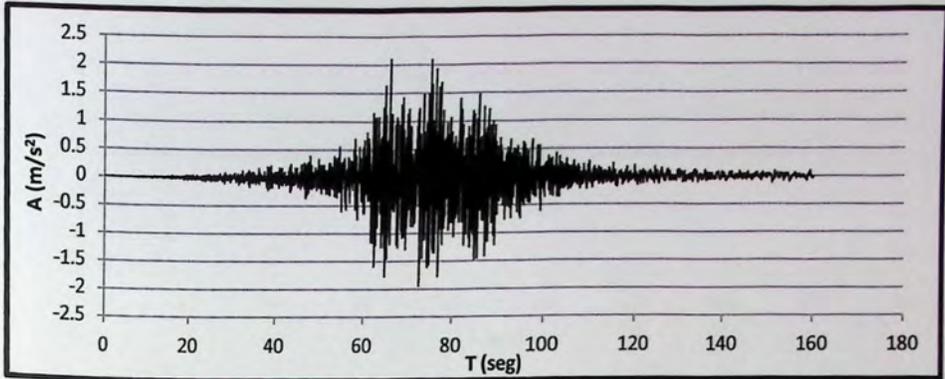


Figura A.12: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Santiago Centro, dirección Longitudinal.

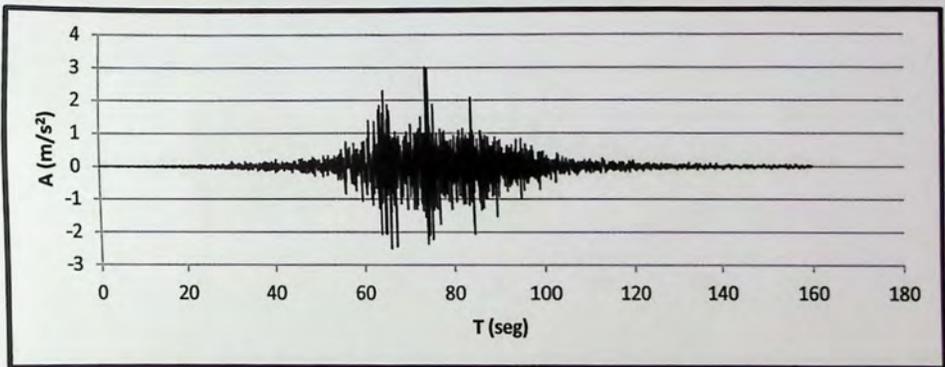


Figura A.13: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Santiago Centro, dirección Transversal.

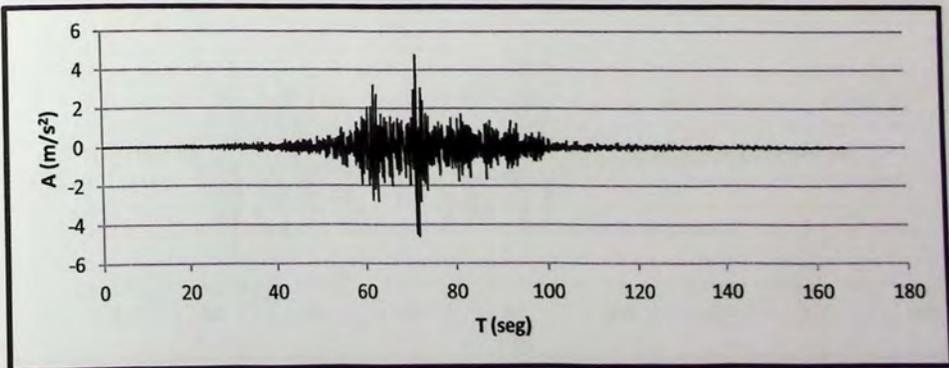


Figura A.14: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Santiago Maipú, dirección Este-Oeste.

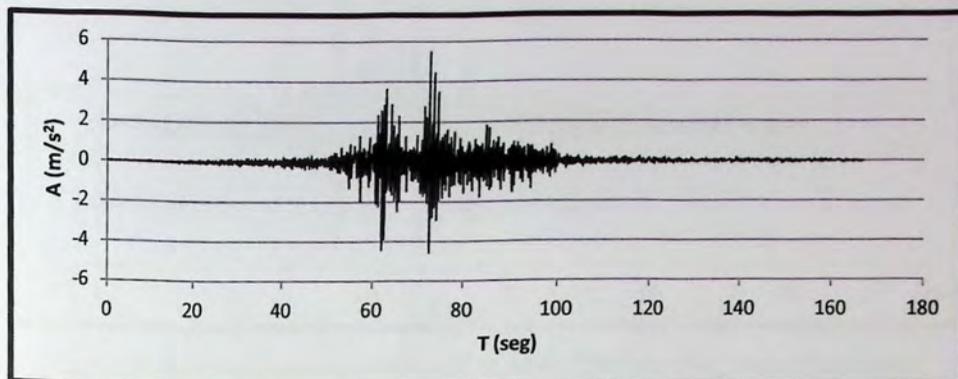


Figura A.15: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Santiago Maipú, dirección Norte-Sur.

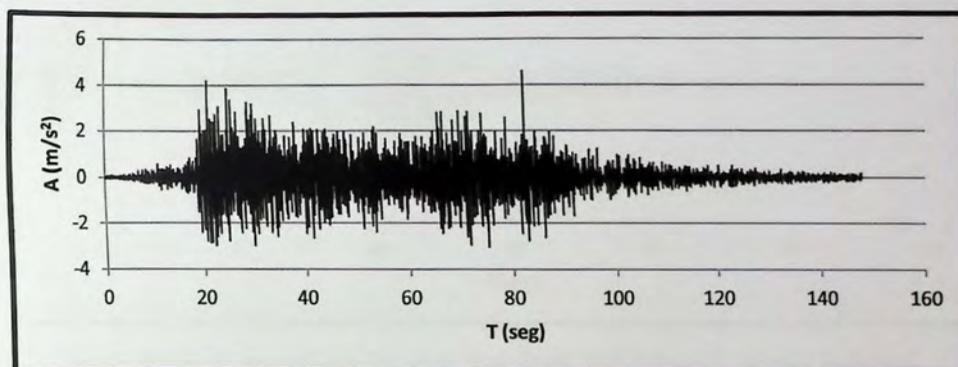


Figura A.16: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Talca, dirección Longitudinal.

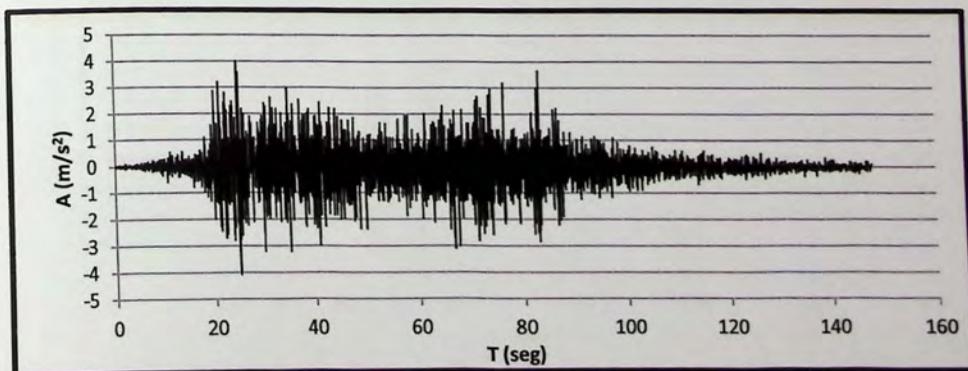


Figura A.17: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Talca, dirección Transversal.

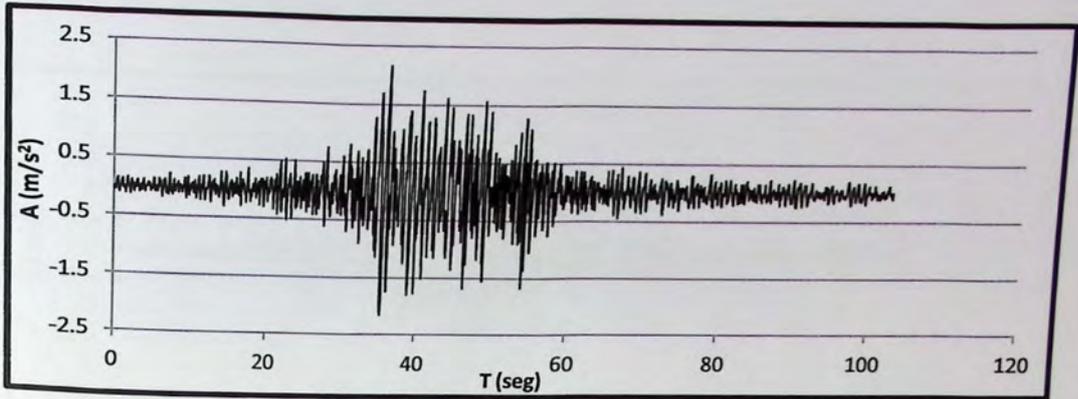


Figura A.18: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Valparaíso, dirección Longitudinal.

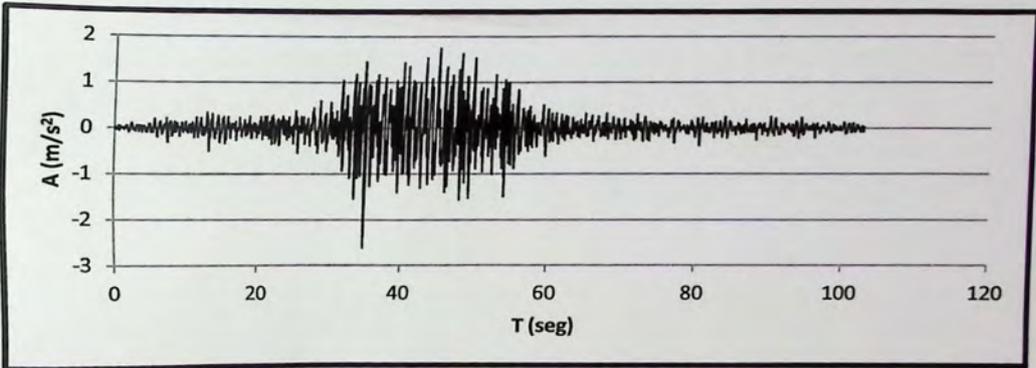


Figura A.19: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Valparaíso, dirección Transversal.

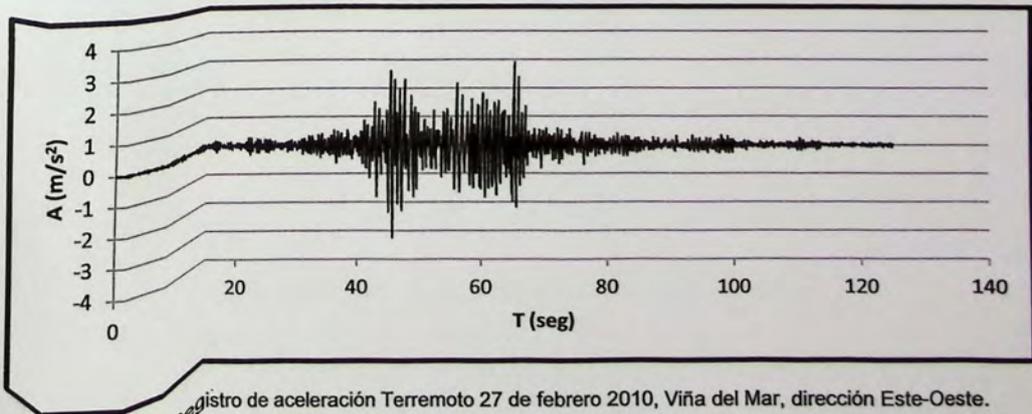


Figura A.20: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Viña del Mar, dirección Este-Oeste.

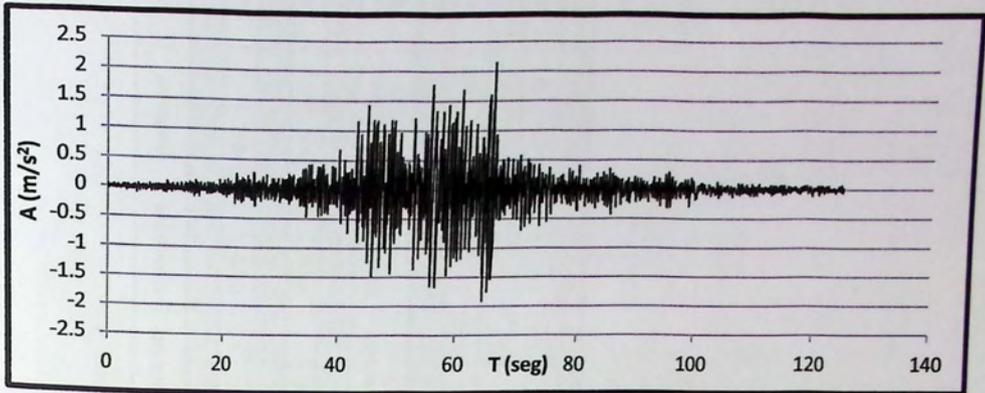


Figura A.21: Registro de aceleración Terremoto 27 de febrero 2010, Viña del Mar, dirección Norte-Sur.

ANEXO B

Tabla B.1: Corte sobrerresistente, Corte análisis no lineal y w teórico, para Muro I.

Altura (m)	$V_{II} + \Omega_0$	Angol EO		Angol NS		Concepción L		Concepción T		Constitución L		Constitución T		Curicó EO		Curicó NS		Hualafte L		Hualafte T	
		$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t
5.0	17.7	22.8	1.3	23.6	1.3	19.8	1.1	17.7	1.0	23.8	1.3	25.9	1.5	19.7	1.1	20.3	1.2	19.5	1.1	19.5	1.1
2.5	17.7	22.8	1.3	23.6	1.3	19.8	1.1	17.7	1.0	23.8	1.3	25.9	1.5	19.7	1.1	20.3	1.2	19.5	1.1	19.5	1.1
2.5	24.1	28.5	1.2	26.3	1.1	28.7	1.2	25.8	1.1	33.5	1.4	38.5	1.6	27.3	1.1	28.2	1.2	28.9	1.2	28.9	1.2
0.0	24.1	28.5	1.2	26.3	1.1	28.7	1.2	25.8	1.1	33.5	1.4	38.5	1.6	27.3	1.1	28.2	1.2	28.9	1.2	28.9	1.2
Altura (m)	$V_{II} + \Omega_0$	Santiago Centro L		Santiago Centro T		Santiago Maipú EO		Santiago Maipú NS		Talca L		Talca T		Valparaíso L		Valparaíso T		Viña del Mar EO		Viña del Mar NS	
		$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t
5.0	17.7	16.4	0.9	17.4	1.0	21.5	1.2	21.0	1.2	22.8	1.3	22.6	1.3	16.4	0.9	17.2	1.0	13.3	0.8	15.5	0.9
2.5	17.7	16.4	0.9	17.4	1.0	21.5	1.2	21.0	1.2	22.8	1.3	22.6	1.3	16.4	0.9	17.2	1.0	13.3	0.8	15.5	0.9
2.5	24.1	22.8	0.9	25.8	1.1	33.0	1.4	31.1	1.3	27.2	1.1	27.0	1.1	22.7	0.9	24.4	1.0	21.9	0.9	24.8	1.0
0.0	24.1	22.8	0.9	25.8	1.1	33.0	1.4	31.1	1.3	27.2	1.1	27.0	1.1	22.7	0.9	24.4	1.0	21.9	0.9	24.8	1.0

Tabla B.2: Corte sobrerresistente, Corte análisis no lineal y teórico, para Muro II.

Altura (m)	$V_u * \Omega_0$	Angol EO		Angol NS		Concepción L		Concepción T		Constitución L		Constitución T		Curicó EO		Curicó NS		Hualañe L		Hualañe T	
		$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t
10.0	11.2	20.4	1.8	22.6	2.0	14.2	1.3	12.4	1.1	20.1	1.8	20.5	1.8	16.7	1.5	19.3	1.7	19.8	1.8	18.5	1.7
7.5	11.2	20.4	1.8	22.6	2.0	14.2	1.3	12.4	1.1	20.1	1.8	20.5	1.8	16.7	1.5	19.3	1.7	19.8	1.8	18.5	1.7
7.5	18.9	19.3	1.0	23.3	1.2	20.4	1.1	18.5	1.0	21.8	1.2	25.2	1.3	17.9	0.9	18.1	1.0	17.5	0.9	17.9	0.9
5.0	18.9	19.3	1.0	23.3	1.2	20.4	1.1	18.5	1.0	21.8	1.2	25.2	1.3	17.9	0.9	18.1	1.0	17.5	0.9	17.9	0.9
5.0	23.0	23.2	1.0	21.7	0.9	26.1	1.1	23.9	1.0	24.0	1.0	30.0	1.3	21.3	0.9	22.8	1.0	21.7	0.9	21.2	0.9
2.5	23.0	23.2	1.0	21.7	0.9	26.1	1.1	23.9	1.0	24.0	1.0	30.0	1.3	21.3	0.9	22.8	1.0	21.7	0.9	21.2	0.9
2.5	24.3	38.4	1.6	42.0	1.7	31.2	1.3	32.7	1.3	31.4	1.3	37.1	1.5	31.1	1.3	33.8	1.4	34.5	1.4	31.9	1.3
0.0	24.3	38.4	1.6	42.0	1.7	31.2	1.3	32.7	1.3	31.4	1.3	37.1	1.5	31.1	1.3	33.8	1.4	34.5	1.4	31.9	1.3
Altura (m)	$V_u * \Omega_0$	Santiago Centro L		Santiago Centro T		Santiago Maipú EO		Santiago Maipú NS		Talca L		Talca T		Valparaíso L		Valparaíso T		Viña del Mar EO		Viña del Mar NS	
		$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t
10.0	11.2	13.3	1.2	13.7	1.2	21.5	1.9	17.2	1.5	16.1	1.4	16.1	1.4	15.7	1.4	13.0	1.2	19.5	1.7	12.4	1.1
7.5	11.2	13.3	1.2	13.7	1.2	21.5	1.9	17.2	1.5	16.1	1.4	16.1	1.4	15.7	1.4	13.0	1.2	19.5	1.7	12.4	1.1
7.5	18.9	14.9	0.8	17.8	0.9	21.3	1.1	19.9	1.1	19.8	1.1	19.8	1.1	20.7	1.1	16.3	0.9	20.0	1.1	16.9	0.9
5.0	18.9	14.9	0.8	17.8	0.9	21.3	1.1	19.9	1.1	19.8	1.1	19.8	1.1	20.7	1.1	16.3	0.9	20.0	1.1	16.9	0.9
5.0	23.0	19.1	0.8	19.3	0.8	21.2	0.9	22.6	1.0	22.5	1.0	22.7	1.0	22.8	1.0	21.3	0.9	24.2	1.1	20.6	0.9
2.5	23.0	19.1	0.8	19.3	0.8	21.2	0.9	22.6	1.0	22.5	1.0	22.7	1.0	22.8	1.0	21.3	0.9	24.2	1.1	20.6	0.9
2.5	24.3	23.9	1.0	20.5	0.8	29.1	1.2	24.6	1.0	28.2	1.2	29.2	1.2	26.6	1.1	26.1	1.1	31.9	1.3	23.4	1.0
0.0	24.3	23.9	1.0	20.5	0.8	29.1	1.2	24.6	1.0	28.2	1.2	29.2	1.2	26.6	1.1	26.1	1.1	31.9	1.3	23.4	1.0

Tabla B.3: Corte sobrerresistente, Corte análisis no lineal y w teórico, para Muro III.

Altura (m)	$V_H * \Omega_0$	Angol EO		Angol NS		Concepción L		Concepción T		Constitución L		Constitución T		Curicó EO		Curicó NS		Hualañe L		Hualañe T	
		$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	v	$V_{análisis}$	w_t	$V_{análisis}$	w_t												
20.0	8.2	37.8	4.6	31.7	3.9	18.7	2.3	18.1	2.2	31.4	3.8	31.3	3.8	23.2	2.8	25.7	3.1	20.9	2.6	19.4	2.4
17.5	8.2	37.8	4.6	31.7	3.9	18.7	2.3	18.1	2.2	31.4	3.8	31.3	3.8	23.2	2.8	25.7	3.1	20.9	2.6	19.4	2.4
17.5	15.4	43.8	2.8	41.6	2.7	25.0	1.6	22.0	1.4	39.8	2.6	39.2	2.5	32.4	2.1	31.8	2.1	29.8	1.9	28.5	1.8
15.0	15.4	43.8	2.8	41.6	2.7	25.0	1.6	22.0	1.4	39.8	2.6	39.2	2.5	32.4	2.1	31.8	2.1	29.8	1.9	28.5	1.8
15.0	21.0	34.3	1.6	36.9	1.8	25.7	1.2	22.3	1.1	34.6	1.6	36.4	1.7	30.1	1.4	31.8	1.5	28.1	1.3	28.1	1.3
12.5	21.0	34.3	1.6	36.9	1.8	25.7	1.2	22.3	1.1	34.6	1.6	36.4	1.7	30.1	1.4	31.8	1.5	28.1	1.3	28.1	1.3
12.5	25.2	24.9	1.0	20.4	0.8	23.8	0.9	20.5	0.8	23.6	0.9	24.5	1.0	21.5	0.9	23.8	0.9	24.1	1.0	21.9	0.9
10.0	25.2	24.9	1.0	20.4	0.8	23.8	0.9	20.5	0.8	23.6	0.9	24.5	1.0	21.5	0.9	23.8	0.9	24.1	1.0	21.9	0.9
10.0	28.3	30.4	1.1	30.8	1.1	24.4	0.9	22.3	0.8	23.8	0.8	23.8	0.8	25.8	0.9	26.3	0.9	22.2	0.8	23.0	0.8
7.5	28.3	30.4	1.1	30.8	1.1	24.4	0.9	22.3	0.8	23.8	0.8	23.8	0.8	25.8	0.9	26.3	0.9	22.2	0.8	23.0	0.8
7.5	30.3	44.4	1.5	52.9	1.7	30.7	1.0	28.7	0.9	45.9	1.5	42.9	1.4	33.3	1.1	37.4	1.2	30.2	1.0	30.3	1.0
5.0	30.3	44.4	1.5	52.9	1.7	30.7	1.0	28.7	0.9	45.9	1.5	42.9	1.4	33.3	1.1	37.4	1.2	30.2	1.0	30.3	1.0
5.0	31.4	56.1	1.8	72.7	2.3	37.1	1.2	36.9	1.2	66.7	2.1	66.5	2.1	45.4	1.4	52.9	1.7	36.7	1.2	36.7	1.2
2.5	31.4	56.1	1.8	72.7	2.3	37.1	1.2	36.9	1.2	66.7	2.1	66.5	2.1	45.4	1.4	52.9	1.7	36.7	1.2	36.7	1.2
2.5	31.8	66.0	2.1	90.0	2.8	46.1	1.5	40.4	1.3	82.5	2.6	90.5	2.8	56.3	1.8	58.2	1.8	39.5	1.2	39.0	1.2
0.0	31.8	66.0	2.1	90.0	2.8	46.1	1.5	40.4	1.3	82.5	2.6	90.5	2.8	56.3	1.8	58.2	1.8	39.5	1.2	39.0	1.2

Altura (m)	$V_u + \Omega_0$	Santiago Centro L		Santiago Centro T		Santiago Maipú EO		Santiago Maipú NS		Talca L		Talca T		Valparaíso L		Valparaíso T		Viña del Mar EO		Viña del Mar NS	
		$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t
20.0	8.2	15.3	1.9	22.4	2.7	14.1	1.7	20.5	2.5	20.7	2.5	20.9	2.5	12.1	1.5	13.9	1.7	12.2	1.5	12.5	1.5
17.5	8.2	15.3	1.9	22.4	2.7	14.1	1.7	20.5	2.5	20.7	2.5	20.9	2.5	12.1	1.5	13.9	1.7	12.2	1.5	12.5	1.5
17.5	15.4	19.0	1.2	25.4	1.6	20.7	1.3	26.5	1.7	24.6	1.6	25.2	1.6	17.8	1.2	17.6	1.1	18.2	1.2	18.9	1.2
16.0	15.4	19.0	1.2	25.4	1.6	20.7	1.3	26.5	1.7	24.6	1.6	25.2	1.6	17.8	1.2	17.6	1.1	18.2	1.2	18.9	1.2
15.0	21.0	16.7	0.8	23.7	1.1	20.5	1.0	22.9	1.1	25.3	1.2	27.0	1.3	19.2	0.9	18.4	0.9	20.2	1.0	20.1	1.0
12.5	21.0	16.7	0.8	23.7	1.1	20.5	1.0	22.9	1.1	25.3	1.2	27.0	1.3	19.2	0.9	18.4	0.9	20.2	1.0	20.1	1.0
12.5	25.2	17.3	0.7	16.5	0.7	19.0	0.8	20.5	0.8	20.1	0.8	19.9	0.8	19.6	0.8	18.5	0.7	20.5	0.8	17.1	0.7
10.0	25.2	17.3	0.7	16.5	0.7	19.0	0.8	20.5	0.8	20.1	0.8	19.9	0.8	19.6	0.8	18.5	0.7	20.5	0.8	17.1	0.7
10.0	28.3	20.0	0.7	18.2	0.6	21.0	0.7	26.1	0.9	23.3	0.8	22.8	0.8	21.0	0.7	20.8	0.7	20.3	0.7	19.6	0.7
7.5	28.3	20.0	0.7	18.2	0.6	21.0	0.7	26.1	0.9	23.3	0.8	22.8	0.8	21.0	0.7	20.8	0.7	20.3	0.7	19.6	0.7
7.5	30.3	28.3	0.9	34.5	1.1	24.2	0.8	31.0	1.0	34.4	1.1	33.8	1.1	21.0	0.7	21.7	0.7	21.3	0.7	25.9	0.9
5.0	30.3	28.3	0.9	34.5	1.1	24.2	0.8	31.0	1.0	34.4	1.1	33.8	1.1	21.0	0.7	21.7	0.7	21.3	0.7	25.9	0.9
5.0	31.4	36.7	1.2	48.3	1.5	36.9	1.2	40.0	1.3	45.9	1.5	47.0	1.5	22.6	0.7	27.4	0.9	26.0	0.8	30.9	1.0
2.5	31.4	36.7	1.2	48.3	1.5	36.9	1.2	40.0	1.3	45.9	1.5	47.0	1.5	22.6	0.7	27.4	0.9	26.0	0.8	30.9	1.0
2.5	31.8	43.1	1.4	54.7	1.7	48.1	1.5	51.0	1.6	62.6	2.0	61.8	1.9	22.4	0.7	31.0	1.0	29.8	0.9	36.0	1.1
0.0	31.8	43.1	1.4	54.7	1.7	48.1	1.5	51.0	1.6	62.6	2.0	61.8	1.9	22.4	0.7	31.0	1.0	29.8	0.9	36.0	1.1

Tabla B.4: Corte sobrerresistente, Corte análisis no lineal y w teórico, para Muro IV.

Altura (m)	$V_u + \Omega_0$	Angol EO		Angol NS		Concepción L		Concepción T		Constitución L		Constitución T		Curicó EO		Curicó NS		Hualañe L		Hualañe T	
		$V_{analysis}$	w_t																		
30.0	6.8	25.4	5.2	28.9	5.9	19.9	4.1	17.0	3.5	31.2	6.4	29.1	5.9	24.4	5.0	23.4	4.8	22.0	4.5	22.0	4.5
27.5	6.8	25.4	5.2	28.9	5.9	19.9	4.1	17.0	3.5	31.2	6.4	29.1	5.9	24.4	5.0	23.4	4.8	22.0	4.5	22.0	4.5
27.5	12.9	37.6	4.0	41.5	4.4	30.7	3.3	26.6	2.8	41.3	4.4	37.8	4.0	36.2	3.9	32.1	3.4	31.4	3.4	31.1	3.3
25.0	12.9	37.6	4.0	41.5	4.4	30.7	3.3	26.6	2.8	41.3	4.4	37.8	4.0	36.2	3.9	32.1	3.4	31.4	3.4	31.1	3.3
25.0	17.7	39.4	3.1	38.5	3.0	33.7	2.6	30.8	2.4	42.6	3.3	38.7	3.0	41.8	3.3	31.2	2.4	32.2	2.5	31.8	2.5
22.5	17.7	39.4	3.1	38.5	3.0	33.7	2.6	30.8	2.4	42.6	3.3	38.7	3.0	41.8	3.3	31.2	2.4	32.2	2.5	31.8	2.5
22.5	21.4	31.8	2.0	31.6	2.0	32.3	2.1	29.6	1.9	39.4	2.5	38.3	2.5	37.9	2.4	30.6	2.0	28.3	1.8	27.5	1.8
20.0	21.4	31.8	2.0	31.6	2.0	32.3	2.1	29.6	1.9	39.4	2.5	38.3	2.5	37.9	2.4	30.6	2.0	28.3	1.8	27.5	1.8
20.0	24.5	29.0	1.6	24.2	1.4	25.8	1.5	24.0	1.4	35.6	2.0	38.7	2.2	26.9	1.5	25.2	1.4	25.0	1.4	24.4	1.4
17.5	24.5	29.0	1.6	24.2	1.4	25.8	1.5	24.0	1.4	35.6	2.0	38.7	2.2	26.9	1.5	25.2	1.4	25.0	1.4	24.4	1.4
17.5	27.3	29.8	1.5	38.1	1.9	25.4	1.3	22.6	1.1	31.1	1.6	28.9	1.5	26.2	1.3	26.6	1.3	26.3	1.3	26.1	1.3
15.0	27.3	29.8	1.5	38.1	1.9	25.4	1.3	22.6	1.1	31.1	1.6	28.9	1.5	26.2	1.3	26.6	1.3	26.3	1.3	26.1	1.3
15.0	29.8	38.0	1.8	42.4	2.0	25.9	1.2	27.1	1.3	34.3	1.6	28.6	1.3	28.6	1.3	31.0	1.4	26.5	1.2	25.7	1.2
12.5	29.8	38.0	1.8	42.4	2.0	25.9	1.2	27.1	1.3	34.3	1.6	28.6	1.3	28.6	1.3	31.0	1.4	26.5	1.2	25.7	1.2
12.5	32.1	46.5	2.0	51.1	2.2	32.5	1.4	34.5	1.5	48.2	2.1	42.3	1.8	40.5	1.7	31.5	1.4	33.1	1.4	32.8	1.4
10.0	32.1	46.5	2.0	51.1	2.2	32.5	1.4	34.5	1.5	48.2	2.1	42.3	1.8	40.5	1.7	31.5	1.4	33.1	1.4	32.8	1.4
10.0	33.9	53.9	2.2	59.7	2.4	47.2	1.9	40.6	1.7	59.3	2.4	53.2	2.2	50.0	2.0	39.6	1.6	39.0	1.6	38.2	1.6
7.5	33.9	53.9	2.2	59.7	2.4	47.2	1.9	40.6	1.7	59.3	2.4	53.2	2.2	50.0	2.0	39.6	1.6	39.0	1.6	38.2	1.6
7.5	35.2	62.6	2.5	59.9	2.3	55.6	2.2	47.5	1.9	71.5	2.8	65.9	2.6	56.6	2.2	48.3	1.9	51.1	2.0	50.3	2.0
5.0	35.2	62.6	2.5	59.9	2.3	55.6	2.2	47.5	1.9	71.5	2.8	65.9	2.6	56.6	2.2	48.3	1.9	51.1	2.0	50.3	2.0
5.0	36.0	74.4	2.9	62.9	2.4	61.2	2.3	52.2	2.0	97.6	3.7	76.1	2.9	62.9	2.4	61.9	2.4	64.6	2.5	63.6	2.4
2.5	36.0	74.4	2.9	62.9	2.4	61.2	2.3	52.2	2.0	97.6	3.7	76.1	2.9	62.9	2.4	61.9	2.4	64.6	2.5	63.6	2.4
2.5	36.3	80.9	3.1	74.6	2.8	61.7	2.3	52.7	2.0	114.5	4.4	81.4	3.1	65.5	2.5	66.4	2.5	71.7	2.7	71.0	2.7
0.0	36.3	80.9	3.1	74.6	2.8	61.7	2.3	52.7	2.0	114.5	4.4	81.4	3.1	65.5	2.5	66.4	2.5	71.7	2.7	71.0	2.7

Altura (m)	$V_{sz} * \Omega_0$	Santiago Centro L		Santiago Centro T		Santiago Maipú EO		Santiago Maipú NS		Talca L		Talca T		Valparaíso L		Valparaíso T		Viña del Mar EO		Viña del Mar NS	
		$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t	$V_{analysis}$	w_t
		30.0	6.8	15.4	3.1	22.1	4.5	20.0	4.1	21.4	4.4	19.6	4.0	20.0	4.1	16.1	3.3	17.6	3.6	16.6	3.4
27.5	6.8	15.4	3.1	22.1	4.5	20.0	4.1	21.4	4.4	19.6	4.0	20.0	4.1	16.1	3.3	17.6	3.6	16.6	3.4	11.4	2.3
27.5	12.9	23.1	2.5	31.6	3.4	30.8	3.3	32.3	3.4	28.0	3.0	28.5	3.0	21.8	2.3	25.7	2.7	26.3	2.8	18.4	2.0
25.0	12.9	23.1	2.5	31.6	3.4	30.8	3.3	32.3	3.4	28.0	3.0	28.5	3.0	21.8	2.3	25.7	2.7	26.3	2.8	18.4	2.0
25.0	17.7	25.2	2.0	30.2	2.4	35.2	2.7	35.2	2.7	30.0	2.3	30.2	2.4	25.1	2.0	27.9	2.2	29.3	2.3	21.3	1.7
22.5	17.7	25.2	2.0	30.2	2.4	35.2	2.7	35.2	2.7	30.0	2.3	30.2	2.4	25.1	2.0	27.9	2.2	29.3	2.3	21.3	1.7
22.5	21.4	21.7	1.4	24.6	1.6	33.8	2.2	35.9	2.3	25.7	1.7	25.8	1.7	23.8	1.5	25.2	1.6	26.1	1.7	20.5	1.3
20.0	21.4	21.7	1.4	24.6	1.6	33.8	2.2	35.9	2.3	25.7	1.7	25.8	1.7	23.8	1.5	25.2	1.6	26.1	1.7	20.5	1.3
20.0	24.5	19.8	1.1	20.6	1.2	29.6	1.7	32.1	1.8	23.1	1.3	23.3	1.3	19.1	1.1	19.0	1.1	17.7	1.0	19.5	1.1
17.5	24.5	19.8	1.1	20.6	1.2	29.6	1.7	32.1	1.8	23.1	1.3	23.3	1.3	19.1	1.1	19.0	1.1	17.7	1.0	19.5	1.1
17.5	27.3	18.8	1.0	22.3	1.1	24.6	1.2	25.9	1.3	22.9	1.2	23.3	1.2	13.9	0.7	13.7	0.7	18.5	0.9	17.3	0.9
15.0	27.3	18.8	1.0	22.3	1.1	24.6	1.2	25.9	1.3	22.9	1.2	23.3	1.2	13.9	0.7	13.7	0.7	18.5	0.9	17.3	0.9
15.0	29.8	24.6	1.1	25.7	1.2	26.9	1.2	18.8	0.9	28.4	1.3	28.3	1.3	17.5	0.8	20.3	0.9	18.4	0.9	18.1	0.8
12.5	29.8	24.6	1.1	25.7	1.2	26.9	1.2	18.8	0.9	28.4	1.3	28.3	1.3	17.5	0.8	20.3	0.9	18.4	0.9	18.1	0.8
12.5	32.1	29.8	1.3	32.0	1.4	30.0	1.3	26.4	1.1	36.9	1.6	36.3	1.6	24.2	1.0	27.1	1.2	30.3	1.3	21.7	0.9
10.0	32.1	29.8	1.3	32.0	1.4	30.0	1.3	26.4	1.1	36.9	1.6	36.3	1.6	24.2	1.0	27.1	1.2	30.3	1.3	21.7	0.9
10.0	33.9	32.7	1.3	34.8	1.4	44.1	1.8	39.3	1.6	41.5	1.7	43.0	1.7	31.9	1.3	37.5	1.5	40.5	1.6	27.0	1.1
7.5	33.9	32.7	1.3	34.8	1.4	44.1	1.8	39.3	1.6	41.5	1.7	43.0	1.7	31.9	1.3	37.5	1.5	40.5	1.6	27.0	1.1
7.5	35.2	39.3	1.5	45.0	1.8	58.1	2.3	55.3	2.2	48.2	1.9	49.6	1.9	37.1	1.5	47.3	1.9	48.0	1.9	30.9	1.2
5.0	35.2	39.3	1.5	45.0	1.8	58.1	2.3	55.3	2.2	48.2	1.9	49.6	1.9	37.1	1.5	47.3	1.9	48.0	1.9	30.9	1.2
5.0	36.0	44.4	1.7	55.6	2.1	73.4	2.8	69.8	2.7	57.4	2.2	59.7	2.3	39.9	1.5	52.7	2.0	55.3	2.1	34.5	1.3
2.5	36.0	44.4	1.7	55.6	2.1	73.4	2.8	69.8	2.7	57.4	2.2	59.7	2.3	39.9	1.5	52.7	2.0	55.3	2.1	34.5	1.3
2.5	36.3	47.5	1.8	64.6	2.5	89.2	3.4	80.0	3.0	59.9	2.3	63.0	2.4	44.4	1.7	53.4	2.0	61.9	2.3	40.7	1.5
0.0	36.3	47.5	1.8	64.6	2.5	89.2	3.4	80.0	3.0	59.9	2.3	63.0	2.4	44.4	1.7	53.4	2.0	61.9	2.3	40.7	1.5

Tabla B.5: Corte sobrerresistente, Corte análisis no lineal y w teórico, para Muro V.

Altura (m)	$V_{u} + \Omega_{0}$	Angol EO		Angol NS		Concepción L		Concepción T		Constitución L		Constitución T		Curicó EO		Curicó NS		Hualañe L		Hualañe T	
		$V_{analysis}$	w_{t}																		
40.0	8.8	33.6	3.8	41.9	4.8	17.4	2.0	19.4	2.2	29.0	3.3	28.8	3.3	22.6	2.6	27.4	3.1	28.8	3.3	28.8	3.3
37.5	8.8	33.6	3.8	41.9	4.8	17.4	2.0	19.4	2.2	29.0	3.3	28.8	3.3	22.6	2.6	27.4	3.1	28.8	3.3	28.8	3.3
37.5	16.7	51.1	3.1	62.5	3.7	28.5	1.7	31.3	1.9	41.6	2.5	45.0	2.7	34.7	2.1	41.1	2.5	42.2	2.5	42.2	2.5
35.0	16.7	51.1	3.1	62.5	3.7	28.5	1.7	31.3	1.9	41.6	2.5	45.0	2.7	34.7	2.1	41.1	2.5	42.2	2.5	42.2	2.5
35.0	22.4	54.9	2.5	63.6	2.8	34.3	1.5	37.6	1.7	47.6	2.1	52.8	2.4	39.4	1.8	42.8	1.9	45.1	2.0	43.7	2.0
32.5	22.4	54.9	2.5	63.6	2.8	34.3	1.5	37.6	1.7	47.6	2.1	52.8	2.4	39.4	1.8	42.8	1.9	45.1	2.0	43.7	2.0
32.5	26.3	47.1	1.8	49.3	1.9	37.1	1.4	41.7	1.6	49.9	1.9	52.1	2.0	39.8	1.5	40.9	1.6	45.8	1.7	44.3	1.7
30.0	26.3	47.1	1.8	49.3	1.9	37.1	1.4	41.7	1.6	49.9	1.9	52.1	2.0	39.8	1.5	40.9	1.6	45.8	1.7	44.3	1.7
30.0	29.0	39.5	1.4	35.3	1.2	37.4	1.3	41.3	1.4	49.3	1.7	47.2	1.6	36.3	1.3	35.6	1.2	41.3	1.4	41.3	1.4
27.5	29.0	39.5	1.4	35.3	1.2	37.4	1.3	41.3	1.4	49.3	1.7	47.2	1.6	36.3	1.3	35.6	1.2	41.3	1.4	41.3	1.4
27.5	31.0	36.9	1.2	42.3	1.4	35.6	1.1	38.9	1.3	44.4	1.4	44.8	1.4	33.0	1.1	32.6	1.1	37.3	1.2	35.8	1.2
25.0	31.0	36.9	1.2	42.3	1.4	35.6	1.1	38.9	1.3	44.4	1.4	44.8	1.4	33.0	1.1	32.6	1.1	37.3	1.2	35.8	1.2
25.0	33.0	40.7	1.2	57.3	1.7	32.6	1.0	34.2	1.0	33.6	1.0	40.0	1.2	32.3	1.0	35.7	1.1	31.4	1.0	30.6	0.9
22.5	33.0	40.7	1.2	57.3	1.7	32.6	1.0	34.2	1.0	33.6	1.0	40.0	1.2	32.3	1.0	35.7	1.1	31.4	1.0	30.6	0.9
22.5	35.3	47.2	1.3	63.9	1.8	31.7	0.9	28.2	0.8	26.8	0.8	29.4	0.8	31.3	0.9	35.1	1.0	26.6	0.8	25.6	0.7
20.0	35.3	47.2	1.3	63.9	1.8	31.7	0.9	28.2	0.8	26.8	0.8	29.4	0.8	31.3	0.9	35.1	1.0	26.6	0.8	25.6	0.7
20.0	38.0	52.7	1.4	63.8	1.7	34.3	0.9	32.4	0.9	26.9	0.7	36.0	0.9	32.5	0.9	36.8	1.0	36.2	1.0	33.7	0.9
17.5	38.0	52.7	1.4	63.8	1.7	34.3	0.9	32.4	0.9	26.9	0.7	36.0	0.9	32.5	0.9	36.8	1.0	36.2	1.0	33.7	0.9
17.5	41.2	57.4	1.4	68.9	1.7	40.3	1.0	34.1	0.8	43.4	1.1	49.0	1.2	42.5	1.0	43.3	1.0	43.5	1.1	41.5	1.0
15.0	41.2	57.4	1.4	68.9	1.7	40.3	1.0	34.1	0.8	43.4	1.1	49.0	1.2	42.5	1.0	43.3	1.0	43.5	1.1	41.5	1.0
15.0	44.6	57.4	1.3	65.7	1.5	43.7	1.0	40.5	0.9	57.7	1.3	57.3	1.3	53.2	1.2	45.9	1.0	48.6	1.1	46.5	1.0
12.5	44.6	57.4	1.3	65.7	1.5	43.7	1.0	40.5	0.9	57.7	1.3	57.3	1.3	53.2	1.2	45.9	1.0	48.6	1.1	46.5	1.0
12.5	47.6	63.8	1.3	60.4	1.3	48.5	1.0	45.3	1.0	66.2	1.4	64.4	1.4	64.4	1.4	51.7	1.1	54.3	1.1	53.0	1.1
10.0	47.6	63.8	1.3	60.4	1.3	48.5	1.0	45.3	1.0	66.2	1.4	64.4	1.4	64.4	1.4	51.7	1.1	54.3	1.1	53.0	1.1

10.0	50.2	69.7	1.4	70.9	1.4	56.3	1.1	49.8	1.0	78.3	1.6	78.6	1.6	75.1	1.5	63.5	1.3	63.4	1.3	62.6	1.2
7.5	50.2	69.7	1.4	70.9	1.4	56.3	1.1	49.8	1.0	78.3	1.6	78.6	1.6	75.1	1.5	63.5	1.3	63.4	1.3	62.6	1.2
7.5	52.2	89.7	1.7	75.9	1.5	60.0	1.1	59.3	1.1	92.2	1.8	90.5	1.7	79.3	1.5	76.0	1.5	72.5	1.4	71.4	1.4
5.0	52.2	89.7	1.7	75.9	1.5	60.0	1.1	59.3	1.1	92.2	1.8	90.5	1.7	79.3	1.5	76.0	1.5	72.5	1.4	71.4	1.4
5.0	53.2	108.6	2.0	94.2	1.8	68.6	1.3	68.3	1.3	104.3	2.0	106.1	2.0	86.2	1.6	86.7	1.6	81.9	1.5	81.7	1.5
2.5	53.2	108.6	2.0	94.2	1.8	68.6	1.3	68.3	1.3	104.3	2.0	106.1	2.0	86.2	1.6	86.7	1.6	81.9	1.5	81.7	1.5
2.5	53.7	115.9	2.2	114.8	2.1	75.1	1.4	68.6	1.3	107.0	2.0	113.9	2.1	90.9	1.7	92.0	1.7	86.0	1.6	86.4	1.6
0.0	53.7	115.9	2.2	114.8	2.1	75.1	1.4	68.6	1.3	107.0	2.0	113.9	2.1	90.9	1.7	92.0	1.7	86.0	1.6	86.4	1.6

Altura (m)	$V_u + \Omega_0$	Santiago Centro L		Santiago Centro T		Santiago Maipú EO		Santiago Maipú NS		Talca L		Talca T		Valparaíso L		Valparaíso T		Viña del Mar EO		Viña del Mar NS	
		$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L	$V_{analisis}$	w_L
40.0	8.8	15.6	1.8	23.8	2.7	26.8	3.0	30.0	3.4	21.8	2.5	21.5	2.5	16.3	1.9	14.9	1.7	18.8	2.1	16.6	1.9
37.5	8.8	15.6	1.8	23.8	2.7	26.8	3.0	30.0	3.4	21.8	2.5	21.5	2.5	16.3	1.9	14.9	1.7	18.8	2.1	16.6	1.9
37.5	16.7	24.8	1.5	37.6	2.3	38.7	2.3	45.6	2.7	34.6	2.1	34.3	2.1	26.9	1.6	24.5	1.5	31.3	1.9	27.0	1.6
35.0	16.7	24.8	1.5	37.6	2.3	38.7	2.3	45.6	2.7	34.6	2.1	34.3	2.1	26.9	1.6	24.5	1.5	31.3	1.9	27.0	1.6
35.0	22.4	28.1	1.3	43.8	2.0	43.6	2.0	52.2	2.3	38.7	1.7	38.6	1.7	31.8	1.4	29.1	1.3	37.6	1.7	31.3	1.4
32.5	22.4	28.1	1.3	43.8	2.0	43.6	2.0	52.2	2.3	38.7	1.7	38.6	1.7	31.8	1.4	29.1	1.3	37.6	1.7	31.3	1.4
32.5	26.3	27.0	1.0	42.9	1.6	47.0	1.8	52.7	2.0	36.5	1.4	37.5	1.4	31.7	1.2	28.9	1.1	38.3	1.5	30.4	1.2
30.0	26.3	27.0	1.0	42.9	1.6	47.0	1.8	52.7	2.0	36.5	1.4	37.5	1.4	31.7	1.2	28.9	1.1	38.3	1.5	30.4	1.2
30.0	29.0	26.3	0.9	37.9	1.3	46.5	1.6	48.6	1.7	33.2	1.1	33.9	1.2	29.0	1.0	24.6	0.8	34.4	1.2	27.4	0.9
27.5	29.0	26.3	0.9	37.9	1.3	46.5	1.6	48.6	1.7	33.2	1.1	33.9	1.2	29.0	1.0	24.6	0.8	34.4	1.2	27.4	0.9
27.5	31.0	26.8	0.9	35.3	1.1	44.2	1.4	42.3	1.4	32.6	1.1	33.5	1.1	25.6	0.8	18.3	0.6	27.2	0.9	24.2	0.8
25.0	31.0	26.8	0.9	35.3	1.1	44.2	1.4	42.3	1.4	32.6	1.1	33.5	1.1	25.6	0.8	18.3	0.6	27.2	0.9	24.2	0.8
25.0	33.0	25.4	0.8	32.3	1.0	37.7	1.1	33.1	1.0	31.9	1.0	33.4	1.0	19.8	0.6	13.1	0.4	24.8	0.8	20.3	0.6
22.5	33.0	25.4	0.8	32.3	1.0	37.7	1.1	33.1	1.0	31.9	1.0	33.4	1.0	19.8	0.6	13.1	0.4	24.8	0.8	20.3	0.6
22.5	35.3	24.5	0.7	23.1	0.7	21.9	0.6	29.0	0.8	26.3	0.7	28.0	0.8	16.3	0.5	13.9	0.4	20.5	0.6	18.3	0.5
20.0	35.3	24.5	0.7	23.1	0.7	21.9	0.6	29.0	0.8	26.3	0.7	28.0	0.8	16.3	0.5	13.9	0.4	20.5	0.6	18.3	0.5

20.0	38.0	31.4	0.8	26.4	0.7	24.4	0.6	29.0	0.8	36.0	0.9	36.3	1.0	21.4	0.6	15.4	0.4	23.0	0.6	22.5	0.6
17.5	38.0	31.4	0.8	26.4	0.7	24.4	0.6	29.0	0.8	36.0	0.9	36.3	1.0	21.4	0.6	15.4	0.4	23.0	0.6	22.5	0.6
17.5	41.2	36.1	0.9	37.3	0.9	34.9	0.8	39.8	1.0	45.1	1.1	45.5	1.1	29.1	0.7	23.6	0.6	35.2	0.9	28.5	0.7
15.0	41.2	36.1	0.9	37.3	0.9	34.9	0.8	39.8	1.0	45.1	1.1	45.5	1.1	29.1	0.7	23.6	0.6	35.2	0.9	28.5	0.7
15.0	44.6	37.7	0.8	46.6	1.0	53.0	1.2	53.4	1.2	47.6	1.1	48.2	1.1	38.2	0.9	33.9	0.8	46.3	1.0	32.8	0.7
12.5	44.6	37.7	0.8	46.6	1.0	53.0	1.2	53.4	1.2	47.6	1.1	48.2	1.1	38.2	0.9	33.9	0.8	46.3	1.0	32.8	0.7
12.5	47.6	43.1	0.9	57.8	1.2	67.9	1.4	66.2	1.4	44.2	0.9	45.1	0.9	47.7	1.0	44.7	0.9	55.0	1.2	40.7	0.9
10.0	47.6	43.1	0.9	57.8	1.2	67.9	1.4	66.2	1.4	44.2	0.9	45.1	0.9	47.7	1.0	44.7	0.9	55.0	1.2	40.7	0.9
10.0	50.2	49.5	1.0	72.2	1.4	82.2	1.6	85.2	1.7	45.9	0.9	47.9	1.0	55.7	1.1	54.6	1.1	63.1	1.3	48.2	1.0
7.5	50.2	49.5	1.0	72.2	1.4	82.2	1.6	85.2	1.7	45.9	0.9	47.9	1.0	55.7	1.1	54.6	1.1	63.1	1.3	48.2	1.0
7.5	52.2	53.3	1.0	87.3	1.7	100.7	1.9	99.2	1.9	59.3	1.1	62.4	1.2	61.4	1.2	62.9	1.2	73.6	1.4	54.2	1.0
5.0	52.2	53.3	1.0	87.3	1.7	100.7	1.9	99.2	1.9	59.3	1.1	62.4	1.2	61.4	1.2	62.9	1.2	73.6	1.4	54.2	1.0
5.0	53.2	57.8	1.1	97.9	1.8	114.8	2.2	113.6	2.1	70.1	1.3	74.1	1.4	64.9	1.2	69.4	1.3	82.5	1.5	58.8	1.1
2.5	53.2	57.8	1.1	97.9	1.8	114.8	2.2	113.6	2.1	70.1	1.3	74.1	1.4	64.9	1.2	69.4	1.3	82.5	1.5	58.8	1.1
2.5	53.7	61.8	1.2	103.3	1.9	117.6	2.2	120.2	2.2	77.7	1.4	82.4	1.5	66.8	1.2	74.3	1.4	88.3	1.6	61.4	1.1
0.0	53.7	61.8	1.2	103.3	1.9	117.6	2.2	120.2	2.2	77.7	1.4	82.4	1.5	66.8	1.2	74.3	1.4	88.3	1.6	61.4	1.1

Tabla B.6: Corte sobrerresistente, Corte análisis no lineal y w teórico, para Muro VI.

Altura (m)	$V_{H} \cdot \Omega_0$	Angol EO		Angol NS		Concepción L		Concepción T		Constitución L		Constitución T		Curicó EO		Curicó NS		Hualañe L		Hualañe T	
		$V_{análisis}$	w_t																		
50.0	12.1	39.7	3.3	49.3	4.1	17.5	1.4	19.4	1.6	29.6	2.4	27.7	2.3	24.8	2.0	28.3	2.3	23.1	1.9	23.1	1.9
47.5	12.1	39.7	3.3	49.3	4.1	17.5	1.4	19.4	1.6	29.6	2.4	27.7	2.3	24.8	2.0	28.3	2.3	23.1	1.9	23.1	1.9
47.5	24.1	60.4	2.5	76.3	3.2	27.9	1.2	33.3	1.4	47.5	2.0	45.1	1.9	40.6	1.7	46.3	1.9	38.5	1.6	38.5	1.6
45.0	24.1	60.4	2.5	76.3	3.2	27.9	1.2	33.3	1.4	47.5	2.0	45.1	1.9	40.6	1.7	46.3	1.9	38.5	1.6	38.5	1.6
45.0	32.7	64.2	2.0	85.7	2.6	33.8	1.0	42.0	1.3	59.3	1.8	57.2	1.8	48.5	1.5	56.4	1.7	46.8	1.4	46.8	1.4

42.5	32.7	64.2	2.0	85.7	2.6	33.8	1.0	42.0	1.3	59.3	1.8	57.2	1.8	48.5	1.5	56.4	1.7	46.8	1.4	46.8	1.4
42.5	38.4	61.5	1.6	87.2	2.3	38.2	1.0	45.9	1.2	64.5	1.7	62.5	1.6	50.1	1.3	58.7	1.5	48.9	1.3	48.9	1.3
40.0	38.4	61.5	1.6	87.2	2.3	38.2	1.0	45.9	1.2	64.5	1.7	62.5	1.6	50.1	1.3	58.7	1.5	48.9	1.3	48.9	1.3
40.0	41.7	51.9	1.2	75.5	1.8	40.3	1.0	46.2	1.1	63.5	1.5	61.0	1.5	50.4	1.2	54.4	1.3	47.7	1.1	47.7	1.1
37.5	41.7	51.9	1.2	75.5	1.8	40.3	1.0	46.2	1.1	63.5	1.5	61.0	1.5	50.4	1.2	54.4	1.3	47.7	1.1	47.7	1.1
37.5	43.2	43.3	1.0	50.8	1.2	40.2	0.9	44.4	1.0	58.0	1.3	58.2	1.3	46.7	1.1	46.9	1.1	45.9	1.1	44.0	1.0
35.0	43.2	43.3	1.0	50.8	1.2	40.2	0.9	44.4	1.0	58.0	1.3	58.2	1.3	46.7	1.1	46.9	1.1	45.9	1.1	44.0	1.0
35.0	43.6	50.1	1.1	47.0	1.1	43.3	1.0	41.2	0.9	55.9	1.3	57.1	1.3	38.9	0.9	39.7	0.9	42.0	1.0	39.9	0.9
32.5	43.6	50.1	1.1	47.0	1.1	43.3	1.0	41.2	0.9	55.9	1.3	57.1	1.3	38.9	0.9	39.7	0.9	42.0	1.0	39.9	0.9
32.5	43.8	53.9	1.2	68.9	1.6	45.0	1.0	36.2	0.8	52.0	1.2	50.1	1.1	42.0	1.0	42.0	1.0	34.1	0.8	34.4	0.8
30.0	43.8	53.9	1.2	68.9	1.6	45.0	1.0	36.2	0.8	52.0	1.2	50.1	1.1	42.0	1.0	42.0	1.0	34.1	0.8	34.4	0.8
30.0	44.7	62.2	1.4	83.7	1.9	44.1	1.0	33.3	0.7	44.3	1.0	41.6	0.9	43.5	1.0	50.8	1.1	32.1	0.7	31.1	0.7
27.5	44.7	62.2	1.4	83.7	1.9	44.1	1.0	33.3	0.7	44.3	1.0	41.6	0.9	43.5	1.0	50.8	1.1	32.1	0.7	31.1	0.7
27.5	46.9	75.7	1.6	91.3	1.9	40.7	0.9	33.5	0.7	35.3	0.8	35.1	0.7	39.5	0.8	54.1	1.2	33.0	0.7	31.3	0.7
25.0	46.9	75.7	1.6	91.3	1.9	40.7	0.9	33.5	0.7	35.3	0.8	35.1	0.7	39.5	0.8	54.1	1.2	33.0	0.7	31.3	0.7
25.0	50.6	88.6	1.8	96.2	1.9	41.5	0.8	32.9	0.7	43.1	0.9	40.2	0.8	47.0	0.9	51.1	1.0	34.7	0.7	32.3	0.6
22.5	50.6	88.6	1.8	96.2	1.9	41.5	0.8	32.9	0.7	43.1	0.9	40.2	0.8	47.0	0.9	51.1	1.0	34.7	0.7	32.3	0.6
22.5	50.7	89.9	1.8	89.2	1.8	42.0	0.8	36.9	0.7	54.1	1.1	48.8	1.0	51.8	1.0	47.5	0.9	36.6	0.7	33.9	0.7
20.0	50.7	89.9	1.8	89.2	1.8	42.0	0.8	36.9	0.7	54.1	1.1	48.8	1.0	51.8	1.0	47.5	0.9	36.6	0.7	33.9	0.7
20.0	61.3	80.3	1.3	75.6	1.2	40.3	0.7	43.6	0.7	61.6	1.0	58.4	1.0	57.0	0.9	58.2	0.9	45.0	0.7	42.7	0.7
17.5	61.3	80.3	1.3	75.6	1.2	40.3	0.7	43.6	0.7	61.6	1.0	58.4	1.0	57.0	0.9	58.2	0.9	45.0	0.7	42.7	0.7
17.5	67.1	77.6	1.2	57.1	0.9	40.6	0.6	48.3	0.7	74.6	1.1	65.9	1.0	67.7	1.0	63.3	0.9	55.2	0.8	53.1	0.8
15.0	67.1	77.6	1.2	57.1	0.9	40.6	0.6	48.3	0.7	74.6	1.1	65.9	1.0	67.7	1.0	63.3	0.9	55.2	0.8	53.1	0.8
15.0	72.8	75.2	1.0	59.7	0.8	49.5	0.7	51.6	0.7	87.0	1.2	80.3	1.1	76.5	1.1	65.7	0.9	65.3	0.9	63.8	0.9
12.5	72.8	75.2	1.0	59.7	0.8	49.5	0.7	51.6	0.7	87.0	1.2	80.3	1.1	76.5	1.1	65.7	0.9	65.3	0.9	63.8	0.9
12.5	77.6	70.9	0.9	80.8	1.0	60.4	0.8	56.1	0.7	97.3	1.3	88.4	1.1	82.7	1.1	73.3	0.9	77.2	1.0	76.3	1.0
10.0	77.6	70.9	0.9	80.8	1.0	60.4	0.8	56.1	0.7	97.3	1.3	88.4	1.1	82.7	1.1	73.3	0.9	77.2	1.0	76.3	1.0
10.0	81.5	103.6	1.3	105.0	1.3	70.2	0.9	58.9	0.7	115.1	1.4	97.1	1.2	94.0	1.2	77.7	1.0	88.8	1.1	89.3	1.1

7.5	81.5	103.6	1.3	105.0	1.3	70.2	0.9	58.9	0.7	115.1	1.4	97.1	1.2	94.0	1.2	77.7	1.0	88.8	1.1	89.3	1.1
7.5	84.0	129.7	1.5	132.1	1.6	78.3	0.9	59.7	0.7	131.9	1.6	114.3	1.4	104.3	1.2	86.7	1.0	100.9	1.2	102.8	1.2
5.0	84.0	129.7	1.5	132.1	1.6	78.3	0.9	59.7	0.7	131.9	1.6	114.3	1.4	104.3	1.2	86.7	1.0	100.9	1.2	102.8	1.2
5.0	85.6	148.5	1.7	153.5	1.8	84.3	1.0	63.8	0.7	146.6	1.7	127.5	1.5	114.3	1.3	95.7	1.1	110.7	1.3	113.8	1.3
2.5	85.6	148.5	1.7	153.5	1.8	84.3	1.0	63.8	0.7	146.6	1.7	127.5	1.5	114.3	1.3	95.7	1.1	110.7	1.3	113.8	1.3
2.5	86.1	157.9	1.8	163.6	1.9	86.6	1.0	67.1	0.8	148.1	1.7	118.0	1.4	122.4	1.4	101.8	1.2	116.2	1.3	119.7	1.4
0.0	86.1	157.9	1.8	163.6	1.9	86.6	1.0	67.1	0.8	148.1	1.7	118.0	1.4	122.4	1.4	101.8	1.2	116.2	1.3	119.7	1.4

Altura (m)	$V_u + \Omega_0$	Santiago Centro L		Santiago Centro T		Santiago Maipú EO		Santiago Maipú NS		Talca L		Talca T		Valparaíso L		Valparaíso T		Viña del Mar EO		Viña del Mar NS	
		$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L	$V_{analysis}$	W_L
50.0	12.1	14.3	1.2	24.0	2.0	32.3	2.7	27.9	2.3	32.9	2.7	21.7	1.8	13.0	1.1	20.0	1.6	20.4	1.7	18.9	1.6
47.5	12.1	14.3	1.2	24.0	2.0	32.3	2.7	27.9	2.3	32.9	2.7	21.7	1.8	13.0	1.1	20.0	1.6	20.4	1.7	18.9	1.6
47.5	24.1	23.3	1.0	39.8	1.7	50.3	2.1	44.4	1.8	50.5	2.1	36.0	1.5	22.7	0.9	34.5	1.4	33.2	1.4	32.6	1.4
45.0	24.1	23.3	1.0	39.8	1.7	50.3	2.1	44.4	1.8	50.5	2.1	36.0	1.5	22.7	0.9	34.5	1.4	33.2	1.4	32.6	1.4
45.0	32.7	27.7	0.8	48.6	1.5	55.4	1.7	55.2	1.7	54.8	1.7	44.6	1.4	29.0	0.9	43.7	1.3	42.3	1.3	41.3	1.3
42.5	32.7	27.7	0.8	48.6	1.5	55.4	1.7	55.2	1.7	54.8	1.7	44.6	1.4	29.0	0.9	43.7	1.3	42.3	1.3	41.3	1.3
42.5	38.4	28.3	0.7	53.6	1.4	55.9	1.5	61.8	1.6	56.6	1.5	48.1	1.3	32.3	0.8	47.9	1.2	48.2	1.3	45.1	1.2
40.0	38.4	28.3	0.7	53.6	1.4	55.9	1.5	61.8	1.6	56.6	1.5	48.1	1.3	32.3	0.8	47.9	1.2	48.2	1.3	45.1	1.2
40.0	41.7	27.3	0.7	54.5	1.3	59.0	1.4	63.9	1.5	21.8	0.5	45.9	1.1	32.8	0.8	47.6	1.1	50.3	1.2	44.2	1.1
37.5	41.7	27.3	0.7	54.5	1.3	59.0	1.4	63.9	1.5	21.8	0.5	45.9	1.1	32.8	0.8	47.6	1.1	50.3	1.2	44.2	1.1
37.5	43.2	25.3	0.6	52.0	1.2	59.4	1.4	61.6	1.4	34.6	0.8	38.5	0.9	31.2	0.7	43.6	1.0	49.1	1.1	39.6	0.9
35.0	43.2	25.3	0.6	52.0	1.2	59.4	1.4	61.6	1.4	34.6	0.8	38.5	0.9	31.2	0.7	43.6	1.0	49.1	1.1	39.6	0.9
35.0	43.6	24.5	0.6	45.2	1.0	57.1	1.3	56.8	1.3	38.7	0.9	40.8	0.9	28.1	0.6	37.6	0.9	45.7	1.0	37.2	0.9
32.5	43.6	24.5	0.6	45.2	1.0	57.1	1.3	56.8	1.3	38.7	0.9	40.8	0.9	28.1	0.6	37.6	0.9	45.7	1.0	37.2	0.9
32.5	43.8	23.5	0.5	33.7	0.8	51.2	1.2	48.0	1.1	36.5	0.8	45.3	1.0	25.1	0.6	30.3	0.7	39.1	0.9	32.4	0.7
30.0	43.8	23.5	0.5	33.7	0.8	51.2	1.2	48.0	1.1	36.5	0.8	45.3	1.0	25.1	0.6	30.3	0.7	39.1	0.9	32.4	0.7
30.0	44.7	23.2	0.5	22.6	0.5	41.6	0.9	37.3	0.8	33.2	0.7	45.8	1.0	20.8	0.5	21.6	0.5	29.3	0.7	25.3	0.6

27.5	44.7	23.2	0.5	22.6	0.5	41.6	0.9	37.3	0.8	33.2	0.7	45.8	1.0	20.8	0.5	21.6	0.5	29.3	0.7	25.3	0.6
27.5	46.9	22.7	0.5	20.9	0.4	29.2	0.6	38.3	0.8	32.6	0.7	49.9	1.1	18.9	0.4	20.0	0.4	19.7	0.4	21.6	0.5
25.0	46.9	22.7	0.5	20.9	0.4	29.2	0.6	38.3	0.8	32.6	0.7	49.9	1.1	18.9	0.4	20.0	0.4	19.7	0.4	21.6	0.5
25.0	50.6	25.5	0.5	30.5	0.6	35.5	0.7	39.1	0.8	31.9	0.6	57.1	1.1	19.4	0.4	25.3	0.5	24.3	0.5	28.7	0.6
22.5	50.6	25.5	0.5	30.5	0.6	35.5	0.7	39.1	0.8	31.9	0.6	57.1	1.1	19.4	0.4	25.3	0.5	24.3	0.5	28.7	0.6
22.5	50.7	30.2	0.6	47.0	0.9	41.1	0.8	49.5	1.0	26.3	0.5	59.0	1.2	24.7	0.5	38.0	0.7	31.0	0.6	40.5	0.8
20.0	50.7	30.2	0.6	47.0	0.9	41.1	0.8	49.5	1.0	26.3	0.5	59.0	1.2	24.7	0.5	38.0	0.7	31.0	0.6	40.5	0.8
20.0	61.3	34.2	0.6	62.6	1.0	54.2	0.9	65.2	1.1	36.0	0.6	60.9	1.0	32.6	0.5	51.0	0.8	36.5	0.6	50.6	0.8
17.5	61.3	34.2	0.6	62.6	1.0	54.2	0.9	65.2	1.1	36.0	0.6	60.9	1.0	32.6	0.5	51.0	0.8	36.5	0.6	50.6	0.8
17.5	67.1	38.5	0.6	74.7	1.1	69.2	1.0	75.6	1.1	45.1	0.7	67.5	1.0	40.3	0.6	62.3	0.9	50.1	0.7	58.9	0.9
15.0	67.1	38.5	0.6	74.7	1.1	69.2	1.0	75.6	1.1	45.1	0.7	67.5	1.0	40.3	0.6	62.3	0.9	50.1	0.7	58.9	0.9
15.0	72.8	43.3	0.6	83.0	1.1	86.5	1.2	83.3	1.1	47.6	0.7	72.1	1.0	47.1	0.6	71.5	1.0	62.3	0.9	65.0	0.9
12.5	72.8	43.3	0.6	83.0	1.1	86.5	1.2	83.3	1.1	47.6	0.7	72.1	1.0	47.1	0.6	71.5	1.0	62.3	0.9	65.0	0.9
12.5	77.6	47.2	0.6	88.8	1.1	104.2	1.3	92.9	1.2	44.2	0.6	74.1	1.0	52.9	0.7	78.2	1.0	74.5	1.0	71.7	0.9
10.0	77.6	47.2	0.6	88.8	1.1	104.2	1.3	92.9	1.2	44.2	0.6	74.1	1.0	52.9	0.7	78.2	1.0	74.5	1.0	71.7	0.9
10.0	81.5	51.1	0.6	93.1	1.1	115.0	1.4	105.3	1.3	45.9	0.6	85.6	1.1	57.7	0.7	82.9	1.0	85.7	1.1	78.0	1.0
7.5	81.5	51.1	0.6	93.1	1.1	115.0	1.4	105.3	1.3	45.9	0.6	85.6	1.1	57.7	0.7	82.9	1.0	85.7	1.1	78.0	1.0
7.5	84.0	55.4	0.7	101.5	1.2	129.7	1.5	116.5	1.4	59.3	0.7	104.5	1.2	61.5	0.7	86.7	1.0	93.4	1.1	83.2	1.0
5.0	84.0	55.4	0.7	101.5	1.2	129.7	1.5	116.5	1.4	59.3	0.7	104.5	1.2	61.5	0.7	86.7	1.0	93.4	1.1	83.2	1.0
5.0	85.6	62.3	0.7	108.4	1.3	141.1	1.6	125.5	1.5	70.1	0.8	123.3	1.4	64.4	0.8	89.6	1.0	101.9	1.2	90.2	1.1
2.5	85.6	62.3	0.7	108.4	1.3	141.1	1.6	125.5	1.5	70.1	0.8	123.3	1.4	64.4	0.8	89.6	1.0	101.9	1.2	90.2	1.1
2.5	86.1	68.1	0.8	112.8	1.3	134.4	1.6	130.1	1.5	77.7	0.9	138.4	1.6	66.7	0.8	91.2	1.1	108.4	1.3	95.1	1.1
0.0	86.1	68.1	0.8	112.8	1.3	134.4	1.6	130.1	1.5	77.7	0.9	138.4	1.6	66.7	0.8	91.2	1.1	108.4	1.3	95.1	1.1

Tabla B.7: Corte sobrerresistente, Corte análisis no lineal y w teórico, para Muro VII.

Altura (m)	$V_{ii} * \Omega_0$	Angol EO		Angol NS		Concepción L		Concepción T		Constitución L		Constitución T		Curicó EO		Curicó NS		Hualañe L		Hualañe T	
		$V_{analysis}$	W_t																		
62.5	12.4	41.2	3.3	49.7	4.0	25.5	2.1	18.6	1.5	29.6	2.4	33.7	2.7	21.5	1.7	29.0	2.3	24.2	2.0	23.0	1.9
60.0	12.4	41.2	3.3	49.7	4.0	25.5	2.1	18.6	1.5	29.6	2.4	33.7	2.7	21.5	1.7	29.0	2.3	24.2	2.0	23.0	1.9
60.0	25.5	67.9	2.7	81.5	3.2	44.1	1.7	33.1	1.3	48.5	1.9	56.1	2.2	36.9	1.4	47.9	1.9	41.1	1.6	39.1	1.5
57.5	25.5	67.9	2.7	81.5	3.2	44.1	1.7	33.1	1.3	48.5	1.9	56.1	2.2	36.9	1.4	47.9	1.9	41.1	1.6	39.1	1.5
57.5	35.3	80.8	2.3	95.7	2.7	56.0	1.6	43.6	1.2	56.9	1.6	67.9	1.9	46.4	1.3	57.2	1.6	51.2	1.4	48.3	1.4
55.0	35.3	80.8	2.3	95.7	2.7	56.0	1.6	43.6	1.2	56.9	1.6	67.9	1.9	46.4	1.3	57.2	1.6	51.2	1.4	48.3	1.4
55.0	42.3	81.2	1.9	94.0	2.2	61.4	1.5	50.2	1.2	61.6	1.5	70.2	1.7	50.8	1.2	57.4	1.4	57.6	1.4	54.8	1.3
52.5	42.3	81.2	1.9	94.0	2.2	61.4	1.5	50.2	1.2	61.6	1.5	70.2	1.7	50.8	1.2	57.4	1.4	57.6	1.4	54.8	1.3
52.5	46.6	71.1	1.5	80.4	1.7	60.9	1.3	53.2	1.1	68.4	1.5	67.0	1.4	51.8	1.1	56.2	1.2	59.7	1.3	57.6	1.2
50.0	46.6	71.1	1.5	80.4	1.7	60.9	1.3	53.2	1.1	68.4	1.5	67.0	1.4	51.8	1.1	56.2	1.2	59.7	1.3	57.6	1.2
50.0	48.7	53.6	1.1	62.5	1.3	56.6	1.2	53.2	1.1	71.7	1.5	68.8	1.4	51.8	1.1	54.9	1.1	57.5	1.2	56.2	1.2
47.5	48.7	53.6	1.1	62.5	1.3	56.6	1.2	53.2	1.1	71.7	1.5	68.8	1.4	51.8	1.1	54.9	1.1	57.5	1.2	56.2	1.2
47.5	48.8	46.0	0.9	47.1	1.0	57.3	1.2	50.7	1.0	70.9	1.5	67.9	1.4	50.2	1.0	51.7	1.1	51.9	1.1	50.8	1.0
45.0	48.8	46.0	0.9	47.1	1.0	57.3	1.2	50.7	1.0	70.9	1.5	67.9	1.4	50.2	1.0	51.7	1.1	51.9	1.1	50.8	1.0
45.0	47.6	45.3	1.0	40.7	0.9	55.3	1.2	47.0	1.0	65.7	1.4	64.1	1.3	45.7	1.0	47.7	1.0	50.9	1.1	47.5	1.0
42.5	47.6	45.3	1.0	40.7	0.9	55.3	1.2	47.0	1.0	65.7	1.4	64.1	1.3	45.7	1.0	47.7	1.0	50.9	1.1	47.5	1.0
42.5	45.5	60.9	1.3	62.1	1.4	51.4	1.1	45.8	1.0	63.2	1.4	58.1	1.3	38.2	0.8	46.6	1.0	46.7	1.0	44.4	1.0
40.0	45.5	60.9	1.3	62.1	1.4	51.4	1.1	45.8	1.0	63.2	1.4	58.1	1.3	38.2	0.8	46.6	1.0	46.7	1.0	44.4	1.0
40.0	43.4	75.5	1.7	82.8	1.9	49.6	1.1	44.8	1.0	57.8	1.3	53.8	1.2	40.7	0.9	55.8	1.3	42.9	1.0	42.5	1.0
37.5	43.4	75.5	1.7	82.8	1.9	49.6	1.1	44.8	1.0	57.8	1.3	53.8	1.2	40.7	0.9	55.8	1.3	42.9	1.0	42.5	1.0
37.5	42.2	83.9	2.0	97.4	2.3	45.2	1.1	42.5	1.0	47.6	1.1	57.1	1.4	42.9	1.0	62.1	1.5	38.3	0.9	38.3	0.9
35.0	42.2	83.9	2.0	97.4	2.3	45.2	1.1	42.5	1.0	47.6	1.1	57.1	1.4	42.9	1.0	62.1	1.5	38.3	0.9	38.3	0.9
35.0	42.7	84.6	2.0	103.4	2.4	43.9	1.0	38.5	0.9	58.7	1.4	67.1	1.6	41.5	1.0	65.6	1.5	42.0	1.0	42.0	1.0
32.5	42.7	84.6	2.0	103.4	2.4	43.9	1.0	38.5	0.9	58.7	1.4	67.1	1.6	41.5	1.0	65.6	1.5	42.0	1.0	42.0	1.0

32.5	45.3	78.7	1.7	100.0	2.2	45.3	1.0	39.8	0.9	65.0	1.4	73.1	1.6	46.3	1.0	67.2	1.5	48.6	1.1	48.6	1.1
30.0	45.3	78.7	1.7	100.0	2.2	45.3	1.0	39.8	0.9	65.0	1.4	73.1	1.6	46.3	1.0	67.2	1.5	48.6	1.1	48.6	1.1
30.0	50.1	87.0	1.7	100.3	2.0	45.1	0.9	44.4	0.9	66.0	1.3	77.6	1.5	49.7	1.0	71.3	1.4	53.6	1.1	53.6	1.1
27.5	50.1	87.0	1.7	100.3	2.0	45.1	0.9	44.4	0.9	66.0	1.3	77.6	1.5	49.7	1.0	71.3	1.4	53.6	1.1	53.6	1.1
27.5	56.2	90.5	1.6	91.1	1.6	49.4	0.9	46.9	0.8	63.8	1.1	76.2	1.4	54.5	1.0	69.8	1.2	67.7	1.2	66.1	1.2
25.0	56.2	90.5	1.6	91.1	1.6	49.4	0.9	46.9	0.8	63.8	1.1	76.2	1.4	54.5	1.0	69.8	1.2	67.7	1.2	66.1	1.2
25.0	63.3	89.4	1.4	81.3	1.3	54.3	0.9	47.3	0.7	75.6	1.2	68.2	1.1	64.4	1.0	62.9	1.0	82.1	1.3	80.5	1.3
22.5	63.3	89.4	1.4	81.3	1.3	54.3	0.9	47.3	0.7	75.6	1.2	68.2	1.1	64.4	1.0	62.9	1.0	82.1	1.3	80.5	1.3
22.5	70.6	84.9	1.2	76.6	1.1	57.9	0.8	48.6	0.7	83.9	1.2	65.2	0.9	71.9	1.0	63.3	0.9	91.2	1.3	89.4	1.3
20.0	70.6	84.9	1.2	76.6	1.1	57.9	0.8	48.6	0.7	83.9	1.2	65.2	0.9	71.9	1.0	63.3	0.9	91.2	1.3	89.4	1.3
20.0	77.8	77.7	1.0	68.3	0.9	63.8	0.8	51.6	0.7	89.1	1.1	74.8	1.0	76.9	1.0	72.0	0.9	94.0	1.2	92.6	1.2
17.5	77.8	77.7	1.0	68.3	0.9	63.8	0.8	51.6	0.7	89.1	1.1	74.8	1.0	76.9	1.0	72.0	0.9	94.0	1.2	92.6	1.2
17.5	84.3	79.1	0.9	85.3	1.0	74.7	0.9	55.8	0.7	95.4	1.1	82.1	1.0	79.1	0.9	80.6	1.0	91.7	1.1	90.0	1.1
15.0	84.3	79.1	0.9	85.3	1.0	74.7	0.9	55.8	0.7	95.4	1.1	82.1	1.0	79.1	0.9	80.6	1.0	91.7	1.1	90.0	1.1
15.0	89.9	80.6	0.9	105.2	1.2	87.8	1.0	59.8	0.7	107.7	1.2	88.7	1.0	88.3	1.0	92.0	1.0	87.6	1.0	84.4	0.9
12.5	89.9	80.6	0.9	105.2	1.2	87.8	1.0	59.8	0.7	107.7	1.2	88.7	1.0	88.3	1.0	92.0	1.0	87.6	1.0	84.4	0.9
12.5	94.6	93.9	1.4	124.9	1.9	99.9	1.5	63.4	0.9	120.6	1.8	99.9	1.5	97.7	1.5	103.2	1.5	96.8	1.4	92.8	1.4
10.0	94.6	93.9	1.4	124.9	1.9	99.9	1.5	63.4	0.9	120.6	1.8	99.9	1.5	97.7	1.5	103.2	1.5	96.8	1.4	92.8	1.4
10.0	98.1	111.2	1.6	139.6	2.0	110.7	1.6	66.2	1.0	132.6	1.9	111.1	1.6	103.8	1.5	112.4	1.6	107.1	1.5	104.0	1.5
7.5	98.1	111.2	1.6	139.6	2.0	110.7	1.6	66.2	1.0	132.6	1.9	111.1	1.6	103.8	1.5	112.4	1.6	107.1	1.5	104.0	1.5
7.5	100.4	124.1	1.7	149.8	2.1	120.4	1.7	69.6	1.0	142.3	2.0	128.9	1.8	107.1	1.5	119.2	1.7	116.4	1.6	113.6	1.6
5.0	100.4	124.1	1.7	149.8	2.1	120.4	1.7	69.6	1.0	142.3	2.0	128.9	1.8	107.1	1.5	119.2	1.7	116.4	1.6	113.6	1.6
5.0	101.7	131.9	1.8	169.8	2.4	128.8	1.8	73.9	1.0	150.0	2.1	154.7	2.1	107.6	1.5	123.5	1.7	124.5	1.7	121.6	1.7
2.5	101.7	131.9	1.8	169.8	2.4	128.8	1.8	73.9	1.0	150.0	2.1	154.7	2.1	107.6	1.5	123.5	1.7	124.5	1.7	121.6	1.7
2.5	102.2	130.6	1.8	184.6	2.5	130.4	1.8	79.2	1.1	155.3	2.1	157.4	2.2	107.6	1.5	125.2	1.7	129.3	1.8	126.1	1.7
0.0	102.2	130.6	1.8	184.6	2.5	130.4	1.8	79.2	1.1	155.3	2.1	157.4	2.2	107.6	1.5	125.2	1.7	129.3	1.8	126.1	1.7

Altura (m)	$V_{11} * \Omega_0$	Santiago Centro L		Santiago Centro T		Santiago Maipu EO		Santiago Maipu NS		Talca L		Talca T		Valparaíso L		Valparaíso T		Viña del Mar EO		Viña del Mar NS	
		$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L	$V_{análisis}$	w_L
62.5	12.4	15.4	1.2	17.9	1.4	26.7	2.2	26.7	2.2	22.3	1.8	22.1	1.8	14.2	1.1	18.6	1.5	25.0	2.0	18.1	1.5
60.0	12.4	15.4	1.2	17.9	1.4	26.7	2.2	26.7	2.2	22.3	1.8	22.1	1.8	14.2	1.1	18.6	1.5	25.0	2.0	18.1	1.5
60.0	25.5	27.3	1.1	31.2	1.2	45.0	1.8	45.7	1.8	38.4	1.5	38.5	1.5	24.5	1.0	31.8	1.2	42.5	1.7	30.8	1.2
57.5	25.5	27.3	1.1	31.2	1.2	45.0	1.8	45.7	1.8	38.4	1.5	38.5	1.5	24.5	1.0	31.8	1.2	42.5	1.7	30.8	1.2
57.5	35.3	36.4	1.0	40.2	1.1	55.3	1.6	59.5	1.7	48.9	1.4	49.7	1.4	31.2	0.9	39.8	1.1	52.7	1.5	39.1	1.1
55.0	35.3	36.4	1.0	40.2	1.1	55.3	1.6	59.5	1.7	48.9	1.4	49.7	1.4	31.2	0.9	39.8	1.1	52.7	1.5	39.1	1.1
55.0	42.3	42.6	1.0	45.7	1.1	62.4	1.5	69.2	1.6	55.1	1.3	56.4	1.3	36.6	0.9	43.9	1.0	56.8	1.3	45.0	1.1
52.5	42.3	42.6	1.0	45.7	1.1	62.4	1.5	69.2	1.6	55.1	1.3	56.4	1.3	36.6	0.9	43.9	1.0	56.8	1.3	45.0	1.1
52.5	46.6	45.9	1.0	49.4	1.1	68.6	1.5	73.9	1.6	57.6	1.2	58.5	1.3	39.8	0.9	45.4	1.0	60.0	1.3	48.3	1.0
50.0	46.6	45.9	1.0	49.4	1.1	68.6	1.5	73.9	1.6	57.6	1.2	58.5	1.3	39.8	0.9	45.4	1.0	60.0	1.3	48.3	1.0
50.0	48.7	46.2	0.9	50.7	1.0	70.6	1.4	73.7	1.5	56.4	1.2	56.5	1.2	40.8	0.8	43.7	0.9	62.7	1.3	49.1	1.0
47.5	48.7	46.2	0.9	50.7	1.0	70.6	1.4	73.7	1.5	56.4	1.2	56.5	1.2	40.8	0.8	43.7	0.9	62.7	1.3	49.1	1.0
47.5	48.8	43.7	0.9	48.8	1.0	69.5	1.4	69.5	1.4	51.3	1.1	50.4	1.0	40.1	0.8	39.3	0.8	62.0	1.3	48.5	1.0
45.0	48.8	43.7	0.9	48.8	1.0	69.5	1.4	69.5	1.4	51.3	1.1	50.4	1.0	40.1	0.8	39.3	0.8	62.0	1.3	48.5	1.0
45.0	47.6	38.6	0.8	43.7	0.9	64.8	1.4	64.7	1.4	42.8	0.9	44.3	0.9	38.9	0.8	32.9	0.7	60.4	1.3	45.8	1.0
42.5	47.6	38.6	0.8	43.7	0.9	64.8	1.4	64.7	1.4	42.8	0.9	44.3	0.9	38.9	0.8	32.9	0.7	60.4	1.3	45.8	1.0
42.5	45.5	35.3	0.8	37.0	0.8	57.7	1.3	58.6	1.3	48.9	1.1	50.2	1.1	36.3	0.8	28.7	0.6	56.3	1.2	41.2	0.9
40.0	45.5	35.3	0.8	37.0	0.8	57.7	1.3	58.6	1.3	48.9	1.1	50.2	1.1	36.3	0.8	28.7	0.6	56.3	1.2	41.2	0.9
40.0	43.4	33.1	0.8	36.0	0.8	49.3	1.1	53.7	1.2	51.8	1.2	52.9	1.2	32.3	0.7	26.7	0.6	50.0	1.2	34.7	0.8
37.5	43.4	33.1	0.8	36.0	0.8	49.3	1.1	53.7	1.2	51.8	1.2	52.9	1.2	32.3	0.7	26.7	0.6	50.0	1.2	34.7	0.8
37.5	42.2	32.0	0.8	32.6	0.8	40.8	1.0	44.9	1.1	50.9	1.2	51.8	1.2	26.8	0.6	31.5	0.7	41.2	1.0	27.2	0.6
35.0	42.2	32.0	0.8	32.6	0.8	40.8	1.0	44.9	1.1	50.9	1.2	51.8	1.2	26.8	0.6	31.5	0.7	41.2	1.0	27.2	0.6
35.0	42.7	35.7	0.8	30.6	0.7	32.1	0.8	31.5	0.7	46.2	1.1	46.7	1.1	23.9	0.6	34.5	0.8	30.5	0.7	23.5	0.6
32.5	42.7	35.7	0.8	30.6	0.7	32.1	0.8	31.5	0.7	46.2	1.1	46.7	1.1	23.9	0.6	34.5	0.8	30.5	0.7	23.5	0.6
32.5	45.3	38.0	0.8	39.4	0.9	29.3	0.6	30.8	0.7	46.5	1.0	46.5	1.0	25.8	0.6	35.5	0.8	29.2	0.6	25.1	0.6
30.0	45.3	38.0	0.8	39.4	0.9	29.3	0.6	30.8	0.7	46.5	1.0	46.5	1.0	25.8	0.6	35.5	0.8	29.2	0.6	25.1	0.6

30.0	50.1	43.8	0.9	47.8	1.0	39.9	0.8	46.5	0.9	51.7	1.0	52.4	1.0	26.9	0.5	34.3	0.7	34.5	0.7	35.0	0.7
27.5	50.1	43.8	0.9	47.8	1.0	39.9	0.8	46.5	0.9	51.7	1.0	52.4	1.0	26.9	0.5	34.3	0.7	34.5	0.7	35.0	0.7
27.5	56.2	50.5	0.9	54.7	1.0	51.2	0.9	60.2	1.1	53.6	1.0	55.5	1.0	31.7	0.6	38.0	0.7	40.9	0.7	44.5	0.8
25.0	56.2	50.5	0.9	54.7	1.0	51.2	0.9	60.2	1.1	53.6	1.0	55.5	1.0	31.7	0.6	38.0	0.7	40.9	0.7	44.5	0.8
25.0	63.3	55.7	0.9	59.4	0.9	63.4	1.0	70.8	1.1	56.9	0.9	56.9	0.9	38.7	0.6	46.8	0.7	56.6	0.9	56.0	0.9
22.5	63.3	55.7	0.9	59.4	0.9	63.4	1.0	70.8	1.1	56.9	0.9	56.9	0.9	38.7	0.6	46.8	0.7	56.6	0.9	56.0	0.9
22.5	70.6	59.5	0.8	61.6	0.9	75.4	1.1	77.4	1.1	60.6	0.9	60.6	0.9	46.9	0.7	54.2	0.8	68.3	1.0	65.7	0.9
20.0	70.6	59.5	0.8	61.6	0.9	75.4	1.1	77.4	1.1	60.6	0.9	60.6	0.9	46.9	0.7	54.2	0.8	68.3	1.0	65.7	0.9
20.0	77.8	61.7	0.8	65.0	0.8	88.6	1.1	81.2	1.0	62.6	0.8	62.6	0.8	56.0	0.7	60.7	0.8	81.6	1.0	73.7	0.9
17.5	77.8	61.7	0.8	65.0	0.8	88.6	1.1	81.2	1.0	62.6	0.8	62.6	0.8	56.0	0.7	60.7	0.8	81.6	1.0	73.7	0.9
17.5	84.3	64.0	0.8	73.6	0.9	103.1	1.2	89.6	1.1	67.4	0.8	72.2	0.9	64.0	0.8	66.2	0.8	94.4	1.1	79.5	0.9
15.0	84.3	64.0	0.8	73.6	0.9	103.1	1.2	89.6	1.1	67.4	0.8	72.2	0.9	64.0	0.8	66.2	0.8	94.4	1.1	79.5	0.9
15.0	89.9	70.3	0.8	80.4	0.9	114.2	1.3	103.9	1.2	86.7	1.0	86.8	1.0	70.8	0.8	69.9	0.8	112.0	1.2	88.8	1.0
12.5	89.9	70.3	0.8	80.4	0.9	114.2	1.3	103.9	1.2	86.7	1.0	86.8	1.0	70.8	0.8	69.9	0.8	112.0	1.2	88.8	1.0
12.5	94.6	75.7	0.8	84.6	1.3	120.9	1.8	115.9	1.7	102.6	1.5	98.4	1.5	76.4	1.1	71.8	1.1	129.6	1.9	97.2	1.4
10.0	94.6	75.7	0.8	84.6	1.3	120.9	1.8	115.9	1.7	102.6	1.5	98.4	1.5	76.4	1.1	71.8	1.1	129.6	1.9	97.2	1.4
10.0	98.1	80.7	0.8	93.6	1.3	130.8	1.9	126.6	1.8	116.0	1.7	115.9	1.7	81.7	1.2	76.4	1.1	144.4	2.1	103.6	1.5
7.5	98.1	80.7	0.8	93.6	1.3	130.8	1.9	126.6	1.8	116.0	1.7	115.9	1.7	81.7	1.2	76.4	1.1	144.4	2.1	103.6	1.5
7.5	100.4	84.9	0.8	104.5	1.5	137.4	1.9	138.2	1.9	133.9	1.9	134.5	1.9	86.8	1.2	80.5	1.1	155.0	2.2	110.1	1.5
5.0	100.4	84.9	0.8	104.5	1.5	137.4	1.9	138.2	1.9	133.9	1.9	134.5	1.9	86.8	1.2	80.5	1.1	155.0	2.2	110.1	1.5
5.0	101.7	88.4	0.9	113.1	1.6	142.6	2.0	148.2	2.1	148.8	2.1	150.1	2.1	90.7	1.3	82.8	1.1	162.4	2.2	116.7	1.6
2.5	101.7	88.4	0.9	113.1	1.6	142.6	2.0	148.2	2.1	148.8	2.1	150.1	2.1	90.7	1.3	82.8	1.1	162.4	2.2	116.7	1.6
2.5	102.2	91.1	0.9	116.9	1.6	141.1	1.9	149.7	2.1	154.0	2.1	155.5	2.1	94.4	1.3	82.7	1.1	163.5	2.3	121.2	1.7
0.0	102.2	91.1	0.9	116.9	1.6	141.1	1.9	149.7	2.1	154.0	2.1	155.5	2.1	94.4	1.3	82.7	1.1	163.5	2.3	121.2	1.7