Tabla de contenido

Capítulo 1 Introducción 1
1.1. Objetivos 2
1.1.1. Objetivo general 2
1.1.2. Objetivos específicos 2
1.2. Metodología 3
Capítulo 2 Discusión bibliográfica 5
2.1. Tipos de sismos producidos en Chile 5
2.2. Análisis espectral 8
2.2.1. Espectros de Fourier 8
2.2.2. Espectros de Respuesta 13
2.2.3. Espectro de diseño 19
Capítulo 3 Base de Datos 21
3.1. Organización de la información 23
3.2. Selección de eventos 24
3.2.1. Eventos para la generación de espectros de Fourier 24
3.2.2. Eventos para la generación de espectros de respuesta 28
3.3. Tratamiento de señales 32
3.3.1. Tratamiento de señal para la generación de espectros de Fourier 32
3.3.2. Tratamiento de señal para la generación de espectros de respuesta 35
Capítulo 4 Espectro de Fourier 36
4.1. Ley de escala 37
4.2. Atenuación de alta frecuencia 39
Capítulo 5 Espectros de Respuesta 43
5.1. Caracterización fuente sísmica 47
5.2. Caracterización Efecto de sitio 50
Capítulo 6 Formulación espectro de diseño 51
Capítulo 7 Conclusiones 62

Bibliografía..... 64

Índice de tablas

Tabla 3.1: Estaciones de categoría I utilizadas en la generación de espectros de Fourier. 25
Tabla 3.2: Estaciones categoría I y SC utilizadas en la generación de espectros de Respuesta de aceleración. 28
Tabla 6.1: Valor de aceleración efectiva para diferente zona sísmica..... 53

Índice de figuras

Figura 2.1: Tipos de sismos producidos en Chile, Mw 8.8-Terremoto en Chile (Madariaga & Ruiz, 2010). 6
Figura 2.2: Perfil de velocidad Tocopilla, para una latitud comprendida entre 21.5º - 22.5º S (Contreras-Reyes et al., 2012). 7
Figura 2.3: Esquema de la zona de subducción del norte de Chile (Contreras-Reyes et al., 2012). 7
Figura 2.4: Ejemplo espectro de amplitud de Fourier: (A) Ejes log-log. (B) Ejes Lineal-log (Anderson & Hough, 1984). 11
Figura 2.5: Ejemplo espectro de amplitud de Fourier: (a) Ejes log-log. (b) Ejes Lineal-log (Ktenidou et al., 2014). 11
Figura 2.6: Perfil esquemático AA' de eventos intraplaca (amarillo), interplaca (rojo) e interplaca profundos (amarillo) registrado en estaciones T01A, T07A y PB08 (Idini et al., 2017). 12
Figura 2.7: Comparación de la respuesta del espectro elástico de aceleración absoluta para eventos tipo interplaca e intraplaca de profundidad intermedia, registrado en la estación de Papudo (S40 ° E), mostrando más de un pico predominante, consecuencia de la respuesta del suelo y fuente sísmica (Ruiz y Saragoni, 2008). 13
Figura 2.8: Ejemplo de forma para cada categoría: (a) categoría I de forma plana, (b) categoría de un solo peak, (c) categoría III de múltiples peaks, (d) categoría VI de amplificación en banda ancha (González, 2017). 15
Figura 2.9: Parametrización general de la forma de HVRSR con los parámetros que la describen (González, 2017). 16
Figura 2.10: Comparación entre el espectro de respuesta de aceleraciones medido en la estación sísmica ubicada en suelo, y el espectro predicho obtenido a partir de un espectro de referencia amplificado por la función de amplificación del modelo 2, para los siete pares de estaciones (González, 2017). 18
Figura 2.11: Espectros elásticos de diseño para los diferentes tipos de suelo de la norma chilena oficial NCh 433.Of 1996 modificada en 2012, para zona sísmica 3. 20
Figura 3.1: Numero de eventos por rango de magnitud para la totalidad de la base de datos. 22
Figura 3.2: Estructura de datos de registros, catálogo de estaciones y catálogo de eventos (González, 2017). 23
Figura 3.3: Estaciones utilizadas en la construcción de espectros de Fourier, categoría I. 26

Figura 3.4: Estaciones utilizadas en la construcción de espectros de Fourier, categoría I. 27
Figura 3.5: Estaciones utilizadas en la construcción de espectros de respuesta de aceleración, categoría II. 29
Figura 3.6: Estaciones utilizadas en la construcción de espectros de respuesta de aceleración, categoría II. 30
Figura 3.7: Estaciones utilizadas en la construcción de espectros de respuesta de aceleración, categoría SC. 31
Figura 3.8: Ejemplo de selección de llegada de onda S para un acelerograma. 33
Figura 3.9: Ejemplo de espectro de amplitud de aceleración de onda S para ventana de 50 [s], donde se muestra el FAS, el ruido y el límite ~ 0.03 [Hz] para la ventana escogida. ... 33
Figura 3.10: Ejemplo suavización del FAS mediante el método de Konno-Omachi, para un factor β=20. 34
Figura 4.1: Esquema normalizado que muestra la disminución del valor de la frecuencia fc en relación a un aumento de magnitud para sismos interplaca, Componente norte-sur, estación C19O, sur de La Serena, categoría I. 38
Figura 4.2: Diferencia en el contenido de alta frecuencia para sismos interplaca superior, interplaca inferior e intraplaca, normalizados con respecto a su magnitud, componente Este-Oeste, estación PB07, norte de Tocopilla, categoría I. 40
Figura 4.3: Diferencia en el contenido de alta frecuencia para sismos interplaca superior, interplaca inferior e intraplaca, categoría I, normalizados con respecto a su magnitud: (a) Componente Este-Oeste, estación PB01, sur de Pica. (b) Componente Norte-Sur, estación PB06, Sierra Gorda. (c) Componente Norte sur, estación C19O, sur de La Serena. (d) Componente Este-Oeste estación C22O, sur de La Serena. 41
Figura 4.4: Diferencia en el contenido de alta frecuencia para sismos interplaca superior, interplaca inferior e intraplaca, categoría I, normalizados con respecto una frecuencia de 15 [Hz]: (a) Componente Este-Oeste estación PB01, sur de Pica. (b) Componente Este -Oeste estación PP03, este de Tocopilla. (c) Componente Norte-Sur estación PB06, Sierra Gorda. (d) Componente Norte-Sur estación PB07, norte de Tocopilla. 42
Figura 5.1: Espectros de respuesta promedio de aceleración, con 5 % de amortiguamiento para los 3 diferentes tipos de sismos, los cuales contemplan eventos con magnitudes que varían entre 4 ML y 6 ML, componente Este-Oeste estación T07A, Pozo Almonte., categoría II. 44
Figura 5.2: Espectros de respuesta promedio de aceleración, con 5 % de amortiguamiento para los 3 diferentes tipos de sismos, categoría II: (a) Eventos de magnitud 4 ML-5 ML, componente Este-Oeste, estación T01A, Iquique. (b) Eventos de magnitud 4 ML-5 ML, componente Este-Oeste, estación T13A, Pica. (c) Eventos de magnitud 4 ML-6 ML,

componente Este-Oeste, estación C14O, este de La Serena. (d) Eventos de magnitud 4 ML - 5 ML, componente Este-Oeste, estación C26O, sur de La Serena. 45
Figura 5.3: Espectros de respuesta de aceleración de 2 peaks para un 5% de amortiguamiento crítico, categoría II: (a) Componente Norte-Sur estación T13A, Pica, terremoto de Iquique 2014 8.2 Mw. (b) Componente Este-Oeste estación C14O, este de La Serena, terremoto de Illapel 2015 8.4 Mw. 46
Figura 5.4: Periodos característicos de fuente sísmica y su desviación estándar asociada: (a) Periodo promedio fuente sísmica para estaciones cercanas a Iquique. (b) Desviación estándar promedio del periodo de fuente para estaciones cercanas a Iquique. (c) Periodo promedio fuente sísmica para estaciones cercanas a La Serena. (d) Desviación estándar promedio del periodo de fuente para estaciones cercanas a La Serena. 47
Figura 5.5: Relación entre aceleración máxima de la fuente y PGA para diferentes eventos componente Este-Oeste estación T01A. 48
Figura 5.6: Relación promedio entre la aceleración máxima de la fuente y PGA de las 3 componentes, para estaciones ordenadas de menor a mayor distancia a la zona de contacto. 49
Figura 6.1: (a) Curvas realizadas con distribución normal. (b) Curvas realizadas con variante de distribución normal. 52
Figura 6.2: Esquema a modo de ejemplo del espectro propuesto y todas las unidades que lo componen. 56
Figura 6.3: Espectros de diseño elástico para diferentes zonas sísmicas, con un periodo Tp de 0.85 [s] y una amplitud espectral Ap de 4 utilizando el método de Nakamura. 57
Figura 6.4: Comparación entre el espectro de diseño elástico propuesto, norma oficial chilena NCh 433.Of 1996 modificada en 2012, suelo tipo B y espectro de respuesta elástica, componente Este-Oeste estación T03A, Iquique. Para un suelo con un periodo Tp de 0.15 [s] y una amplitud espectral Ap de 5.5 utilizando el método HVRSR. 58
Figura 6.5: Comparación entre el espectro de diseño elástico propuesto, norma oficial chilena NCh 433.Of 1996 modificada en 2012, suelo tipo D y espectro de respuesta elástica, componente Este-Oeste estación T07A, Pozo Almonte. Para un suelo con un periodo Tp de 0.45 [s] y una amplitud espectral Ap de 5.5 utilizando el método HVRSR. 59
Figura 6.6: Comparación entre el espectro de diseño elástico propuesto, norma oficial chilena NCh 433.Of 1996 modificada en 2012, suelo tipo C y espectro de respuesta elástica, componente Este-Oeste estación T10A, al este de Iquique. Para un suelo con un periodo Tp de 0.4 [s] y una amplitud espectral Ap de 3.5 utilizando el método HVRSR. 60
Figura 6.7: Comparación entre el espectro de diseño elástico propuesto, norma oficial chilena NCh 433.Of 1996 modificada en 2012, suelo tipo C y espectro de respuesta elástica,

componente Norte-Sur estación T13A, Pica. Para un suelo con un periodo Tp de 0.6 [s] y una amplitud espectral Ap de 3.5 utilizando el método HVRSR. 61