

V. TABLA DE CONTENIDOS

Página

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Resultados esperados	4
1.4. Financiamiento	5
2. MARCO GEOMORFOLÓGICO DE TALCA, REGIÓN DEL MAULE	6
2.1. Extensión y superficie de Talca, región del Maule	6
2.2. Morfología	7
2.3. Geología	8
2.3.1. Unidades de depósitos no consolidados	8
2.3.2. Unidades de rocas	12
2.4. Geología superficial	13
3. TERREMOTO 27 DE FEBRERO 2010	15
3.1. Intensidades	16

4. EFECTOS DE SITIO	19
4.1. Ondas sísmicas	19
4.2. Razones espectrales H/V en superficie	20
4.2.1. Razones espectrales H/V para vibraciones ambientales	21
4.3. Consideraciones del método	22
5. ANÁLISIS DE SEÑALES	23
5.1. Señal tomada en terreno	23
5.2. Transformada de Fourier	24
5.3. Procesamiento de vibraciones ambientales	25
5.3.1. Selección de las ventanas temporales	25
5.3.2. Procesamiento de la señal	26
5.4. Consideraciones en el procesamiento de una señal	28
5.4.1. Suavizado de los extremos de la señal	28
5.4.2. Suavizado de espectros	28
6. DATOS E INSTRUMENTOS	30
6.1. Datos	30
6.1.1. Coordenadas geográficas	30
6.1.2. Datos de la muestra	30
6.2. Instrumentos para la toma de datos en terreno	31
6.2.1. Sensor GBV-316	31

6.2.2. Brújula	33
6.2.3. GPS portátil (Colorado 300)	33
 7. PROCESO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE VIBRACIONES AMBIENTALES EN UN ASENTAMIENTO URBANO EN CHILE	 35
7.1. Toma de datos en terreno	35
7.2. Descarga de datos del instrumento	40
7.3. Procesamiento de la señal mediante programa computacional	41
 8. RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE VIBRACIONES AMBIENTALES	 42
8.1. Testeo de microvibraciones durante 24 horas del día	42
8.2. Taxonomía gráfica de H/V	43
8.3. Clasificación de las vibraciones ambientales según frecuencias fundamentales f_0	46
 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	 48
9.1. Mapa de las frecuencias fundamentales de vibraciones ambientales del suelo de Talca, región del Maule	48
9.2. Correlación entre las frecuencias fundamentales y la geología superficial de Talca, región del Maule	50

10. CORRELACIÓN TERREMOTO 27 DE FEBRERO DE 2010 Y MAPA DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA	53
10.1. Daño terremoto 27 de febrero de 2010 en zona de ceniza volcánica	54
10.2. Daño terremoto 27 de febrero de 2010 en zona de transición (grava y ceniza volcánica)	56
10.3. Daño terremoto 27 de febrero 2010 en zona de gravas	58
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
11.1. Conclusiones	60
11.2. Recomendaciones	61
11.2.1. Recomendaciones referentes al método de Nakamura	61
11.2.2. Recomendaciones generales	61
12. REFERENCIAS	63
13. APÉNDICE	66
13.1. Tablas con datos de las vibraciones realizadas en terreno	66
13.2. Distribución del daño en función del grado de intensidad sísmica para cada clase de vulnerabilidad	76
13.3. Interpretación gráficos H/V	77
13.4. Respaldo fotográfico	150

V. ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Imagen de la región del Maule, con la ubicación de Talca (Imagen extraída de la página www.educarchile.cl)	6
Figura 2.2. Imagen con la geología de Talca (Hauser, 1995)	11
Figura 2.3. Imagen satelital de la geología superficial de Talca, región del Maule (modificado de Thiele, 1995)	13
Figura 2.4. Capa superficial interesante para el estudio; subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana (Imagen extraída de la página www.oni.escuelas.edu.ar).	14
Figura 3.1. Epicentro y réplicas del terremoto del 27 de febrero 2010 (Imagen extraída Informe Técnico del Terremoto del Maule, Servicio sismológico de Chile).....	15
Figura 3.2. Intensidades e isosistas en la zona de daños del terremoto del 27 de febrero de 2010 (Astroza y Ruiz, 2010)	18
Figura 4.1. Ondas P, ondas S, ondas Love, ondas Rayleigh; cada tipo muestra la deformación en el sentido de la propagación. Imagen extraída de la página www.images.com/image/481081/the-main-types-of-seismic-waves-p-s-love-and-rayleigh/	20
Figura 5.1. Señal tomada en terreno; la cuerda inferior es la componente vertical (V), y las cuerdas que siguen son ambas horizontales H1 y H2 respectivamente	23
Figura 5.2. En la parte superior un registro de 1800 segundos; en la parte inferior su transformada de Fourier, de izquierda a derecha las trazas 1, 2 y 3 respectivamente.....	24

Figura 5.3. La figura de inferior izquierda muestra en registro de 1800 segundos que detalla en color rojo una ventana temporal de segundos; la imagen superior derecha muestra el zoom de la ventana temporal de 60 segundos.....	25
Figura 5.4. Cálculo de la frecuencia fundamental de una ventana temporal de un registro de vibraciones ambientales. 1. Señal completa de 1800 segundos; 2. Zoom de una ventana temporal de 60 segundos; 3. Transformadas de Fourier de cada traza; 4. Gráficas H1/V y H2/V; 5. Razón espectral de la ventana temporal	27
Figura 5.5. Registro de 1000 segundos ventaneado con una función Tukey (Imagen extraída memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Cesar Pasten Puchi)	28
Figura 5.6. Espectros de Fourier, suavizado con funciones de Konno y Ohmachi de distinto ancho de banda (Imagen extraída memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Cesar Pasten Puchi).....	29
Figura 6.1. Imagen satelital con la localización de las mediciones de vibraciones ambientales (puntos blancos) en Talca, región del Maule	30
Figura 6.2. Imagen sensor GBV-316	33
Figura 6.3. Imagen de brújula utilizada en terreno	33
Figura 6.4. Imagen del GPS colorado 300 con sus componentes principales.....	34
Figura 6.5. Menú para marcar waypoint en GPS colorado 300	34
Figura 7.1. Pasto no apto para el instrumento, ocasiona distorsiones a la muestra.....	35
Figura 7.2. Terreno donde se instaló el equipo, al interior de un cementerio en Talca.....	36

Figura 7.3. Sensor GVB-316, cara que apunta hacia al sur	36
Figura 7.4. GPS para el registro de coordenadas geográficas del lugar donde se muestrea	37
Figura 7.5. Laptop ingresando los parámetros descritos	38
Figura 7.6. Icono Connect/Disconnect.....	40
Figura 7.7. Icono Event Downloading	40
Figura 8.1. Foto aérea con la localización de las mediciones de vibraciones ambientales (puntos blancos) en Talca, región del Maule	42
Figura 8.2. Resultados de dos mediciones hechas durante 24 horas, las figuras de arriba presentan el promedio de todos el día, mientras que abajo se presenta lo obtenido en cada ventana de 10 minutos, con una amplitud proporcional a la escala de borde superior	43
Figura 8.3. Taxonomía de curvas H/V para mediciones hechas en Talca. Ellas son: (a) Curva plana, sin peak, (b) un peak claro, pero de baja amplitud, (c) un peak claro, pero de gran amplitud, (d) un peak difuso, con una parte plana en la punta, (e) dos peaks claros y (f) medición hecha sobre pasto esponjoso	44
Figura 8.4. Ejemplos clasificación de las vibraciones ambientales según frecuencias fundamentales f_0	47
Figura 9.1. Imagen satelital de Talca, región del Maule, con la clasificación las frecuencias fundamentales f_0	49

Figura 9.2. Imagen satelital de Talca, región del Maule, con la clasificación las frecuencias fundamentales f_0 superpuestas con la geología superficial. La geología fue modificada de Thiele (1995)	51
Figura 10.1. Dirección: Avenida Lircay; coordenadas geográficas: 35°24'46.51"S, 71°39'6.31"O.	54
Figura 10.2. Dirección: 3 sur, 9 oriente; coordenadas geográficas: 35°25'51.57"S, 71°39'22.25"O.	55
Figura 10.3. Imagen satelital de la ubicación de figuras 10.1 y 10.2, con las vibraciones ambientales cercanas y la clasificación de colores según frecuencias fundamentales.	55
Figura 10.4. Dirección: 1 Sur, 11 poniente; coordenadas geográficas: 35°25'32.79"S, 71°40'36.36"O.	56
Figura 10.5. Dirección: 3 Poniente N°347; coordenadas geográficas: 35°26'38.72"S, 71°40'22.28"O.	57
Figura 10.6. Imagen satelital de la ubicación de figuras 10.4 y 10.5, con las vibraciones ambientales cercanas y la clasificación de colores según frecuencias fundamentales	57
Figura 10.7. Dirección: 26 sur, 2 poniente; coordenadas geográficas: 35°26'39.81"S; 71°41'6.97"O ..	58
Figura 10.8. Dirección: 24 sur, 12 poniente; coordenadas geográficas: 35°26'28.75"S, 71°41'14.35"O	59
Figura 10.9. Imagen satelital de la ubicación de figuras 10.7 y 10.8, con las vibraciones ambientales cercanas y la clasificación de colores según frecuencias fundamentales	59
Figura 13.1. Alameda, 3 oriente.....	150

Figura 13.2. Iglesia Sagrado Corazón de María; 2 sur, 8 oriente.....	150
Figura 13.3. Caseríos de Lircay	151
Figura 13.4. Caseríos de Lircay	151
Figura 13.5. 15 norte, 12 oriente.....	152
Figura 13.7. 5 1/2 sur, 26 1/2 oriente	152
Figura 13.7. 5 1/2 sur, 26 1/2 oriente	153
Figura 13.8. 7 sur, 8 oriente	153
Figura 13.9. 14 sur, 4 1/2 poniente.....	154
Figura 13.10. Gimnasio regional de Talca	154

VI. ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 8.1. Cantidad (%) de cada gráfica de las mediciones.....	45
---	----