

Tabla de contenido

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	5
1.1.1. Objetivo principal	5
1.1.2. Objetivos específicos	5
2. Marco teórico	6
2.1. Funciones de Green	6
2.2. Teorema de representación	8
2.2.1. Teorema de representación para una fuerza interna	9
2.3. Tensor de momento sísmico	11
2.3.1. Función fuente temporal	13
2.3.2. Representación y descomposición del tensor de momento sísmico	16
2.3.3. Descomposición del tensor deviatorico en las componentes DC y CLVD	17
2.4. Problema inverso	17
3. Contexto sismotectónico	20
3.1. Zona de estudio	20
3.2. Redes de monitoreo instaladas en el norte de Chile	22
3.3. Terremoto de Pisagua M_w 8.1 2014 y sus réplicas	22
4. Metodología	25
4.1. Desarrollo del programa computacional de inversión	25
4.1.1. Funciones de Green	26
4.1.2. Inversión del tensor de momento	27
4.1.3. Inversión de la función fuente temporal	31
4.2. Análisis comparativo	35
5. Resultados	38
5.1. Aplicación del método de inversión en sismogramas sintéticos	38
5.1.1. Tensor de momento sísmico	38
5.1.2. Función fuente temporal	41
5.2. Aplicación del método de inversión a un precursor del terremoto de Pisagua	46
5.2.1. Búsqueda del centroide espacial óptimo	46
5.2.2. Búsqueda de la mejor solución del tensor iterando por profundidad	50
5.2.3. Inversión de la función fuente	54

5.3. Análisis y modelamiento de la función fuente temporal para sismos ocurridos en el Norte de Chile	65
5.3.1. Eventos de validación	75
6. Discusión	80
7. Conclusiones	84
Bibliografía	86

Índice de tablas

4.1. Banda de frecuencias dependientes de la magnitud propuestas por <i>Kubo et al.</i> (2002).	28
5.1. Localización de los eventos analizados y coordenadas del centroide.	65
5.2. Valores del momento sísmico escalar y magnitud de momento reportados por el <i>CGMT</i> , <i>CSN</i> , <i>NEIC</i> y los estimados en este estudio. El * indica que en estos casos particulares la magnitud se encuentra calculada como magnitud local (MI).	68
5.3. Mecanismos focales (<i>strike</i> , <i>dip</i> , y <i>rake</i>) de los planos nodales calculados por el <i>GCMT</i> y los estimados a partir de la soluciones obtenidas en este estudio.	68
5.4. Mecanismos focales (<i>strike</i> , <i>dip</i> , y <i>rake</i>) de los planos nodales calculados por el <i>NEIC</i> y los estimados en este estudio. El %DC corresponde al porcentaje de la componente doble cupla calculado del tensor de momento sísmico.	71

Índice de figuras

2.1.	Representación gráfica de una fuerza interna.	10
2.2.	Representación de las nueve cuplas del tensor de momento (<i>Aki & Richards, 1980</i>).	12
2.3.	Parametrización temporal de las componentes del tensor de momento, función fuente temporal y valor del momento sísmico escalar, de acuerdo a <i>Weber (2009)</i>	14
2.4.	Distintas funciones temporales que representan la función fuente.	15
2.5.	Ejemplo de una función base triangular de área unitaria.	15
3.1.	Zona de ruptura de grandes terremotos en el margen Nazca-Sudamericana durante los últimos 150 años.	21
3.2.	Red IPOC.	23
3.3.	Mapa con los eventos sísmicos a invertir.	24
4.1.	Modelo de estructura de velocidades 1D para el norte de Chile <i>Husen et al. (1999)</i>	26
4.2.	Orden de las carpetas de la base de datos sintética de las funciones de Green.	27
4.3.	Ejemplo de selección de filtro para estaciones HL, (<i>Delouis et al., 2009</i>).	29
4.4.	Gráfico que muestra las formas de onda asociadas a dos columnas contiguas de la matriz G	32
4.5.	Ejemplo de una curva <i>L</i> , (<i>Aster et al., 2012</i>).	34
4.6.	Ejemplos de resultados de la inversión de la función fuente utilizando diferentes ϵ	34
4.7.	Diferenciación de la zona de contacto (<i>Lay et al., 2012</i>).	36
4.8.	Comparación de las funciones fuente temporal y un promedio de los espectros de amplitud de Fourier, (<i>Lay et al., 2012</i>).	37
5.1.	Representación de la solución obtenida en la inversión del tensor de momento sísmico.	39
5.2.	Representación de la solución obtenida en la inversión del tensor de momento sísmico.	39
5.3.	Representación de la solución obtenida en la inversión del tensor de momento sísmico.	40
5.4.	Representación de la solución obtenida en la inversión del tensor de momento sísmico.	40
5.5.	Representación de la solución obtenida en la inversión del tensor de momento sísmico.	41
5.6.	Solución de la función fuente obtenida durante la inversión.	42
5.7.	Ajuste de los 28 triángulos que se usaron para la inversión.	43
5.8.	Solución de la función fuente obtenida durante la inversión al utilizar tres triángulos.	43
5.9.	Ajuste de los tres triángulos que se usaron para la inversión.	44
5.10.	Función fuente obtenida durante la inversión y función fuente utilizada.	44
5.11.	Función fuente obtenida durante la inversión y función fuente utilizada.	45
5.12.	Función fuente obtenida durante la inversión y función fuente utilizada.	45
5.13.	Resultados de la inversión al realizar una búsqueda de la mejor solución iterando por latitud y longitud.	47

5.14. Solución de la inversión del tensor de momento para el evento de prueba.	48
5.15. Comparación de las formas de onda.	48
5.16. Comparación de las formas de onda en desplazamiento.	50
5.17. Iteración en profundidad para encontrar la mejor solución del tensor.	51
5.18. Resultado de la inversión del tensor de momento del evento de prueba.	51
5.19. Comparación de las formas de onda en desplazamiento	51
5.20. Comparación de las formas de onda.	53
5.21. Ejemplo de la curva <i>L</i>	55
5.22. Ajuste de las formas de onda observadas con las sintéticas.	56
5.23. Función fuente temporal obtenida en la inversión y espectro de amplitud de Fourier.	56
5.24. Curva <i>L</i> obtenida durante la inversión de la función fuente.	58
5.25. Ajuste de los sismogramas sintéticos con los observados utilizando una frecuencia de esquina superior de 0.2 Hz.	58
5.26. Función fuente obtenida en la inversión y espectro de amplitud de Fourier.	59
5.27. Ajuste de los sismogramas sintéticos con los observados.	60
5.28. Función fuente obtenida en la inversión y espectro de de amplitud de Fourier.	60
5.29. Ajuste de los sismogramas sintéticos con los observados.	61
5.30. Función fuente obtenida en la inversión y espectro de de amplitud de Fourier.	62
5.31. Ajuste de los sismogramas sintéticos y observados.	63
5.32. Función fuente obtenida en la inversión y espectro de de amplitud de Fourier.	63
5.33. Función fuente obtenida en la inversión y espectro de de amplitud de Fourier.	64
5.34. Resultados de la inversión al realizar una búsqueda de la mejor solución iterando por latitud y longitud.	66
5.35. Resultados de la inversión al realizar una búsqueda de la mejor solución iterando por latitud y longitud.	67
5.36. Resultado de la inversión del tensor de momento.	69
5.37. Resultado de la inversión del tensor de momento.	70
5.38. Función fuente temporal obtenida en la inversión y espectro de amplitud de Fourier.	71
5.39. Función fuente temporal obtenida en la inversión y espectro de amplitud de Fourier.	72
5.40. Función fuente temporal obtenida en la inversión y espectro de amplitud de Fourier.	73
5.41. Función fuente del <i>NEIC</i> para el evento ocurrido el 3 de abril de 2014	75
5.42. Inversión del terremoto del 2011 de profundidad intermedia.	76
5.43. Inversión del terremoto de Pisagua.	78
5.44. Inversión obtenida por <i>Duputel et al.</i> (2015) para el terremoto de Pisagua del 1 de abril de 2014	79
5.45. Función fuente calculada por el <i>NEIC</i> para el el terremoto de Pisagua del 1 de abril de 2014	79