

Tabla de Contenido.

1	Introducción.....	1
1.1	Fundamentación del Estudio.....	1
1.2	Ubicación Geográfica.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo Principal.....	3
1.3.2	Objetivos Específicos.....	3
1.4	Metodología.....	3
1.4.1	Registros de Pozos.....	4
1.4.2	Sísmica de Reflexión.....	4
1.4.3	Análisis e Interpretación de Resultados.....	7
2	Marco Geológico.....	8
2.1	Marco Tectónico.....	8
2.2	Evolución Geológica de la Cuenca de Magallanes.....	10
2.2.1	Basamento de Tierra del Fuego.....	10
2.2.2	Etapa Extensional.....	11
2.2.3	Etapa Compresiva.....	14
2.2.4	Geología Estructural de la Cuenca de Magallanes.....	20
2.3	Estratigrafía del Subsuelo de Magallanes.....	25
2.3.1	Formación Lutitas Arenosas (Mordojovich, 1951).....	26
2.3.2	Formación Zona Glauconítica (Mohr, 1945 citado en Hauser, 1964).....	26
2.3.3	Grupo Bahía Inútil (Cañón, 1968).....	28
2.3.4	Formación Areniscas Arcillosas (Mordojovich, 1951).....	28
2.3.5	Formación Brush Lake (Barwick, 1955).....	28
2.3.6	Formación Filaret (Cortés y Céspedes, 1955).....	29
2.3.7	Formación Palomares (Keidel y Hemmer, 1931).....	29
3	Marco Teórico.....	30
3.1	Geomecánica.....	30
3.1.1	Estado de Esfuerzos y Deformación.....	30
3.1.2	Módulos Elásticos.....	33
3.1.3	Análisis Lambda-Mu-Rho (LMR).....	37
3.2	Petrofísica.....	38
3.2.1	Registros de Pozos.....	38

3.3 Sísmica de Reflexión.....	43
3.3.1 Modelo Convolutacional.....	44
3.3.2 Análisis de la Amplitud en Función del <i>Offset</i> (AVO).....	46
3.3.3 Ondícula Sísmica.....	51
3.3.4 Factores que Afectan la Amplitud Sísmica y Procesamiento.....	53
3.3.5 Conversión de <i>Offset</i> a Ángulo.....	60
3.3.6 Inversión.....	61
4 Marco Metodológico.....	67
4.1 Registros de Pozos.....	67
4.1.1 Carga de Pozos.....	67
4.1.2 Control de Calidad (QC) de Registros de Pozo y Modelo Geomecánico 1D.....	67
4.1.3 Identificación de Zonas.....	68
4.2 Sísmica de Reflexión.....	68
4.2.1 Carga de datos Sísmicos.....	68
4.2.2 Conversión de Registros de Pozo a Escala Sísmica.....	69
4.2.3 Calibración Sísmica-Pozo y Estimación de Ondícula.....	70
4.2.4 Construcción de Modelos Iniciales.....	74
4.2.5 Inversión.....	75
4.2.6 Control de Calidad de Volúmenes Invertidos.....	75
4.2.7 Calculo de Parámetros Elásticos.....	76
4.3 Análisis e Interpretación de Resultados.....	76
5 Resultados.....	77
5.1 Registros de Pozos.....	77
5.1.1 Control de Calidad (QC) de Registros de Pozo y Modelo Geomecánico 1D.....	77
5.1.2 Identificación de Zonas.....	78
5.2 Sísmica de Reflexión.....	83
5.2.1 Generación de Apilados Parciales por Ángulo (<i>Angle-Stack</i>).....	83
5.2.2 Conversión de Registros de Pozo a Escala Sísmica.....	85
5.2.3 Calibración Sísmica-Pozo y Estimación de Ondícula.....	86
5.2.4 Construcción del Modelo Inicial.....	89
5.2.5 Inversión.....	92
5.2.6 Control de Calidad de Volúmenes Invertidos.....	93
5.2.7 Mapas de Distribución de la Zona de Interés.....	105
6 Discusión.....	116

6.1 Diferencias en el Valor de los Parámetros Elásticos Obtenidos por el Procesamiento Sísmico y Registros de Pozos.....	116
6.2 Factores que Afectan el Valor de los Parámetros Elásticos.	117
6.3 Parámetros de Lamé Versus Velocidades de Onda.	125
6.4 Interpretación Geológica de los Parámetros Elásticos.	127
7 Conclusión.	129
8 Bibliografía.....	130

Índice de Tablas.

Tabla 3. 1: Tabla de módulos elásticos para medios isótropos.	37
Tabla 3.2: Valores de Q para distintas litologías.....	53
Tabla 5. 1: Valores utilizados para calcular la ventana de Backus.	85
Tabla 5.2: Parámetros de los variogramas teóricos a los cuales fueron adaptados los variogramas experimentales.	91
Tabla 5.3: Pozos ciegos y pozos utilizados para cada inversión.....	93
Tabla 5.4: Correlación cruzada entre los valores resultantes de la inversión y los registros de pozo.	97
Tabla 5.5: Parámetros de los Variogramas teóricos.	106
Tabla 5.6: Valores típicos de parámetros elásticos para rocas y minerales formadores de roca. Valores obtenidos de Mavko et al., 2003.	115

Índice de Figuras

Figura 1.1: Distribución geográfica potencialmente pagadora de la Zona Glauconítica en subsuperficie.....	2
Figura 1.2: Ubicación del bloque Arenal y área de estudio.....	2
Figura 1.3: Diagrama de flujo de trabajo.....	3
Figura 2.1: Configuración tectónica del sector más austral de Sudamérica y la península Antártica.....	8
Figura 2.2: Principales Provincias tectónicas de la región.....	9
Figura 2.3: Ubicación del Batolito patagónico, Formaciones Ibañez, El Quemado y Tobifera, Complejos ofiolíticos, complejo metamórfico occidental y complejo metamórficos andino oriental.....	11
Figura 2.4: Ruptura de Gondwana en el Jurásico Medio.....	11
Figura 2.5: Desarrollo de grábenes y hemigrábenes y generación de grande volúmenes de magma durante el Jurásico Medio.....	12
Figura 2.6: Ubicación de la provincia magmática acida y su relación con el magmatismo Jurásico de Gondwana.....	12
Figura 2.7: Apertura de la cuenca marginal de Rocas Verdes (RV) y el Mar de Wedell en el Jurásico Superior.....	13
Figura 2.8: Apertura de la cuenca de Rocas Verdes durante el Jurásico Superior.....	13
Figura 2.9: Subsistencia térmica durante el Jurásico Superior a “Neocomiano”.....	14
Figura 2.10: Expansión Oceánica en el Océano Atlántico y en el Mar de Wedell.....	15
Figura 2.11: Subducción de piso oceánico hacia el Oeste y formación de un arco magmático durante el Aptiano-Coniaciano.....	15
Figura 2.12: Línea sísmica A-A', se destacan las etapas evolutivas de la Cuenca de Magallanes desde la etapa de post-rift hasta la etapa de Antepaís.....	16
Figura 2.13: Cabalgamiento del arco volcánico, obducción de piso oceánico, generación de la Cuenca de Antepaís de Magallanes y depositación de la Megasecuencia I durante el Cretácico Superior.....	16
Figura 2.14: Separación de la placa Sudamericana y la península Antártica e inicio de la apertura del pasaje de Drake.....	17
Figura 2.15: Avance de la faja plegada y corrida y depositación de las Megasecuencias II y III.....	18
Figura 2.16: Apertura del Mar de Scotia.....	19
Figura 2.17: A) Esquema pre y post colisión de la Dorsal de Chile (RC). B) Migración del punto triple hacia el Norte.....	20
Figura 2.18: Secciones sísmicas regionales con interpretación estructural; en amarillo el límite Jurásico-Cretácico y en verde el límite Cretácico-Terciario.....	22
Figura 2.19: Distribución de “cuencas” extensionales jurásicas en Magallanes.....	23
Figura 2.20: Perfiles estructurales en Isla Riesco y Península de Brunswick.....	24
Figura 2.21: Cuadro cronoestratigráfico del subsuelo de Magallanes en la zona de estudio.....	25
Figura 3.1: Estado de estrés tridimensional, con los componentes de esfuerzo normal y de cizalle en notación tensorial.....	31
Figura 3.2: A) Definición del tensor de esfuerzo en un sistema de coordenadas cartesianas arbitraria. B) Rotación del tensor de esfuerzo a través de los sistemas de transformación	

tensorial. C) Esfuerzos principales definidos en el sistema de coordenadas en el que los esfuerzos de corte desaparecen.....	32
Figura 3.3: Notación de esfuerzos principales	32
Figura 3.4: Cambio de volumen en las rocas bajo la acción de esfuerzos iguales aplicados en todas direcciones.....	33
Figura 3.5: Cambios en la forma de la roca asociado a esfuerzos de corte aplicados en las caras superior e inferior del cubo.....	34
Figura 3.6: Definición de deformación vertical, deformación lateral, Modulo de Young y Razón de Poisson.	35
Figura 3.7: Comportamiento de la roca dependiendo del valor de E y ν	35
Figura 3.8: Modos de propagación de onda.	36
Figura 3.9: Cambio porcentual promedio en una interface típica entre una lutita y una arenisca con gas.	38
Figura 3.10: Geometría sísmica terrestre y marina	44
Figura 3.11: Coeficientes de reflexión definidos por cambios en la impedancia acústica.....	45
Figura 3.12: Sismograma sintético usando una ondícula simétrica (fase cero)..	46
Figura 3.13: Variación de la amplitud con respecto al offset.....	46
Figura 3.14: Partición de la energía.	47
Figura 3.15: Partición de la energía de la onda P en una interfaz de lutita / caliza en función del ángulo de incidencia.	48
Figura 3.16: Valores de los coeficiente que acompañan a cada uno de los tres terminos de la aproximación de Fatti et al., (1994).....	50
Figura 3.17: Elementos de una ondícula sísmica; A) Componentes sinusoidales; B) Espectro de Fase; C) Espectro de Amplitud.....	51
Figura 3.18: Ilustración del ángulo de fase; se muestran ondas sinusoidales con la misma frecuencia pero distinta fase.	52
Figura 3.19: Rotación de fase de una ondícula inicial en fase cero.	52
Figura 3.20: Modelo del efecto de absorción en la forma de una ondícula... ..	53
Figura 3.21: Factores de afecta la amplitud sísmica.	55
Figura 3.22: Reflexión y transmisión para diferentes interfaces b) Coeficientes de reflexión para cada interface.....	56
Figura 3.23: Sección sísmica a) antes y b) después del procesamiento y blanqueamiento.....	57
Figura 3.24: Corrección del sobretiempos por desplazamiento.....	58
Figura 3.25: Análisis de velocidad; a) Grafico de semblanza mostrando líneas de igual velocidad y coherencia para cada velocidad en color, b) gather corregido usando las velocidades picadas.	59
Figura 3.26: Migración sísmica. Movimiento de eventos desde su posición registrada hacia su verdadera posición.....	60
Figura 3.27: Gather mostrando los ángulos de incidencia..	61
Figura 3.28: Representación esquemática de la construcción de un sismograma sintético.	61
Figura 3.29: Impedancia acústica relativa y absoluta..	62
Figura 3.30: Flujo de una Inversión basada en modelo.....	63
Figura 3.31: Crossplot de a) $\ln(\rho)$ vs $\ln(I_p)$ y b) $\ln(I_s)$ vs $\ln(I_p)$ donde se muestra la línea de tendencia. Las desviaciones de la línea de tendencia ΔL_D y ΔL_S representan cambios en la litología y fluidos.....	65
Figura 4.1: Irregularidades en la pared del pozo para distintas litologías.....	67

Figura 4.2: Mapa Base con el área cubierta por el cubo sísmico y los pozos utilizados para el proceso de inversión.	69
Figura 4.3: Técnica de Backus (1962).	70
Figura 4.4: Geometría esquemática para la adquisición de perfiles sísmicos verticales.....	71
Figura 4.5: Calibración tiempo-profundidad.....	72
Figura 4.6: Ilustración esquemática de un filtro de mínimos cuadrados para obtener la ondícula..	72
Figura 4.7: Ventana sísmica (T) y longitud de onda (L)..	73
Figura 4.8 Mapa de amarre; a) Mapa de PEP (%); b) crossline (línea verde en el mapa) con la ubicación del pozo y la ubicación donde se logró el mejor ajuste.	74
Figura 4.9: Esquema del filtro pasa bajo aplicado.	75
Figura 5.1: Curvas calculadas de V_p , V_s , I_p , I_s , $\lambda\rho$, $\mu\rho$, E y v	77
Figura 5.2: Ajuste en la vertical de porosidades para el pozo CabZG-1.....	79
Figura 5.3: Crossplot LR-MR del pozo Cabaña ZG-1.	80
Figura 5.4: Base (BZI) y techo (TZI) de la Zona de Interes del Pozo CabZG-1.	80
Figura 5.5: Techo (TZG) de la Zona Glauconítica en el pozo CabZG-5	81
Figura 5.6: Base (BZG) de la Zona Glauconítica.....	81
Figura 5.7: Topes L1, L2, TV y BV en el pozo CabZG-1.	82
Figura 5.8: Ciclos granocreciente y granodecreciente en el pozo CabN-1.	83
Figura 5.9: Gathers mostrando en escala de colores los ángulos de incidencia.....	84
Figura 5.10: Stack parciales generados para 4 rangos distintos de ángulo.	85
Figura 5.11: Registros de V_p , V_s y densidad antes y después de aplicar el promedio de Backus para el pozo Cabaña Norte-1	86
Figura 5.12: Calibración Tiempo-Profundidad para el pozo Carmelitas-2.....	87
Figura 5.13: Ondícula extradia utilizando el pozo Cabaña Oeste ZG-4 para el Stack parcial 33°-40°	88
Figura 5.14: Horizontes interpretados a lo largo y ancho del cubo sísmico.	89
Figura 5.15: Modelo de baja frecuencia de I_p	91
Figura 5.16: Modelo de baja frecuencia de I_s	91
Figura 5.17: Modelo de baja frecuencia de densidad.....	92
Figura 5. 18: Gráficos en escala log-log de I_s vs I_p y densidad vs I_p	92
Figura 5.19: Cubo de I_p resultante de la inversión 4.....	94
Figura 5.20: Cubo de I_s resultante de la inversión 4.....	94
Figura 5.21: Cubo de ρ resultante de la inversión 4.....	95
Figura 5.22: Curvas invertidas, registros de pozos y angle gather sísmico real, sintético y residual para el pozo ciego Carmelitas-2 para la inversión 4.	97
Figura 5.23: Curvas invertidas, registros de pozos y angle gather sísmico real, sintético y residual para el pozo ciego Cabaña Oeste ZG-4 para la inversión 4.....	98
Figura 5.24: Curvas invertidas, registros de pozos y angle gather sísmico real, sintético y residual para el pozo ciego Cabaña Sur ZG-1 para la inversión 4.	98
Figura 5.25: Curvas invertidas, registros de pozos y angle gather sísmico real, sintético y residual para el pozo ciego Punta Piedra ZG-1 para la inversión 4.....	99
Figura 5. 26: Curvas invertidas, registros de pozos y angle gather sísmico real, sintético y residual para el pozo ciego Cabaña ZG-3 para la inversión 4.....	99
Figura 5.27: Stack parcial real, sintético y residual para el rango 12° a 19°.	100

Figura 5.28: Stack parcial real, sintético y residual para el rango 19° a 26° .	101
Figura 5.29: Stack parcial real, sintético y residual para el rango 26° a 33° .	102
Figura 5.30: Stack parcial real, sintético y residual para el rango 33° a 40° .	103
Figura 5.31: Espectro de amplitud de los cubos sísmicos para el rango 12° a 19° .	104
Figura 5.32: Espectro de amplitud de los cubos sísmicos para el rango 19° a 26° .	104
Figura 5.33: Espectro de amplitud de los cubos sísmicos para el rango 33° a 40° .	105
Figura 5.34: Espectro de amplitud de los cubos sísmicos para el rango 33° a 40° .	105
Figura 5.35: Mapas del promedio de λ en la Zona de Interés .	107
Figura 5.36: Mapas del promedio de μ en la Zona de Interés .	108
Figura 5.37: Mapas del promedio de λ/μ en la Zona de Interés .	109
Figura 5.38: Mapas del promedio de E en la Zona de Interés .	110
Figura 5.39: Mapas del promedio de v en la Zona de Interés .	111
Figura 5.40: Crossplot λ obtenido de la inversión vs λ obtenido de los registros de pozo .	112
Figura 5.41: Crossplot μ obtenido de la inversión vs μ obtenido de los registros de pozo .	113
Figura 5.42: Crossplot λ/μ obtenido de la inversión vs λ/μ obtenido de los registros de pozo .	113
Figura 5.43: Crossplot E obtenido de la inversión vs E obtenido de los registros de pozo .	114
Figura 5.44: Crossplot v obtenido de la inversión vs v obtenido de los registros de pozo .	114
Figura 6.1: Curvatura del Horizonte Techo Zona de Interés e Interpretación de Fallas poligonales .	116
Figura 6.2: Profundidad del horizonte Techo Zona de Interés (en ms) .	118
Figura 6.3: Crossplot $\lambda-\mu$, en escala de colores la profundidad .	118
Figura 6.4: Crossplot $\lambda-\mu$, en escala de colores la profundidad .	119
Figura 6.5: Crossplot E- v , en escala de colores la profundidad .	119
Figura 6.6: Crossplot E- v , en escala de colores la profundidad .	120
Figura 6.7: Crossplot $\lambda-\mu$, en escala de colores la cantidad de gas registrado durante la perforación .	121
Figura 6.8: Crossplot $\lambda-\mu$, en escala de colores la cantidad de gas registrado durante la perforación .	121
Figura 6.9: Crossplot, E- v en escala de colores la cantidad de gas registrado durante la perforación .	122
Figura 6.10: Crossplot, E- v en escala de colores la cantidad de gas registrado durante la perforación .	122
Figura 6.11: Mapas del volumen de arcilla en la Zona de Interés .	123
Figura 6.12: Correlación entre el Modulo de Young Dinámico y Estático .	124
Figura 6.13: Mapas del Índice de Fragilidad en la Zona de Interés .	125
Figura 6.14: Crossplot V_P-V_S .	126
Figura 6.15: Crossplot $\lambda-\mu$.	126
Figura 6.16: Interpretación de Facies a partir del índice de fragilidad calculado .	127
Figura 6.17: Perfil paleogeográfico esquemático de la cuenca de Magallanes en el Paleoceno-Eoceno Inferior .	128
Figura 6.18: Esquema simplificado de distribución de facies dentro de una cuenca de antepaís .	128