

## Tabla de contenido

1.	Introducción .....	1
1.1	Formulación del proyecto .....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Objetivo principal.....	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
1.3	Área de estudio .....	3
1.3.1	Ubicación y accesos.....	3
1.3.2	Contexto geológico de la cuenca del río Coyhaique .....	4
1.4	Hipótesis de trabajo .....	8
2.	Recursos hídricos superficiales .....	9
2.1	Precipitaciones pluviométricas y evapotranspiración.....	10
2.2	Registro fluviométrico .....	10
2.3	Balance hídrico en la cuenca del río Coyhaique.....	11
2.3.1	Registro de precipitaciones en la cuenca del río Coyhaique .....	12
2.3.2	Caudal evacuado de la cuenca del río Coyhaique a través del río.....	14
3.	Geometría del modelo temperatura del subsuelo y altura del nivel estático.....	16
3.1	Pozos con información estratigráfica.....	17
3.2	Perfiles verticales de resistividad eléctrica (Transiente Electro Magnético-TEM) .....	17
3.2.1	Medición de Perfiles verticales de resistividad eléctrica.....	18
3.2.2	Perfiles verticales de resistividad eléctrica.....	20
3.3	Temperatura y nivel estático en pozos para captar agua subterránea .....	23
4.	Propiedades físicas de rocas y sedimentos .....	25
4.1	Propiedades hidráulicas .....	26
4.1.1	Medición de permeabilidad .....	27
4.1.2	Resumen propiedades hidráulicas .....	29
4.2	Propiedades térmicas .....	29
4.2.1	Medición de conductividad y difusividad térmica con Escáner de Conductividad Térmica 30	
4.2.2	Medición de conductividad térmica con fuente lineal.....	32
4.2.3	Resumen de propiedades térmicas.....	34
5.	Carga térmica y demanda energética .....	35

5.1	Cálculo de carga térmica.....	35
5.1.1	Ganancias o pérdidas por transmisión .....	35
5.1.2	Ganancias solares .....	36
5.1.3	Ganancias internas sensibles .....	38
5.1.4	Ganancias o pérdidas sensibles por renovaciones de aire .....	38
5.1.5	Ganancias o pérdidas latentes por renovaciones de aire.....	38
5.1.6	Ganancias internas latentes.....	38
5.2	Cálculo de demanda energética .....	39
5.3	Bomba de calor geotérmica .....	40
5.3.1	Funcionamiento de la bomba de calor geotérmica .....	40
5.3.2	Rendimiento de la bomba de calor geotérmica .....	42
5.4	Carga térmica edificio del Gobierno Regional de Aysén .....	42
5.5	Demanda energética del Gobierno Regional de Aysén .....	45
6.	Métodos numéricos .....	47
6.1	Ecuaciones para la transferencia de agua y calor.....	47
6.2	Condiciones de borde para el flujo de agua .....	49
6.4	Transferencia de calor: intercambiadores de calor verticales cerrados .....	51
6.5	Implementación del intercambiador de calor vertical cerrado.....	54
7	Transferencia de agua subterránea .....	55
7.1	Modelo conceptual para la transferencia de agua subterránea.....	55
7.2	Geometría del dominio y enmallado para la transferencia de agua subterránea .....	56
7.3	Configuración del problema para la transferencia de agua subterránea .....	57
7.4	Propiedades del modelo para la transferencia de agua subterránea.....	57
7.5	Parámetros para calibrar el modelo.....	59
7.6	Resultados circulación de agua subterránea en la cuenca del río Coyhaique .....	60
8	Transferencia de calor intercambiadores de calor verticales cerrados .....	64
8.1	Energía térmica transferida y disipada en el subsuelo .....	64
8.2	Configuración del problema .....	65
8.2.1	Geometría y enmallado alrededor de los intercambiadores.....	65
8.2.2	Propiedades térmicas del subsuelo y los intercambiadores de calor verticales .....	66
8.3	Resultados transferencia de calor intercambiadores de calor verticales cerrados .....	67
8.3.1	Registro de temperaturas 1 año de funcionamiento.....	67

8.3.2	Registro de temperatura después de 25 años de funcionamiento .....	69
9	Análisis de inversión inicial y costo de operación .....	71
9.1	Inversión inicial y costos de mantención Geotermia .....	71
9.2	Rendimiento, inversión inicial y costos de mantención del aire acondicionado convencional .....	71
9.3	Tiempo de retorno de la inversión Geotermia vs aire acondicionado convencional .....	72
10	Discusiones y alcances de los resultados.....	73
10.1	Recursos hídricos superficiales.....	73
10.2	Geometría del modelo.....	73
10.3	Propiedades hidráulicas y térmicas de las unidades del modelo .....	74
10.4	Modelo de agua subterránea .....	74
10.5	Modelo de transferencia de calor de los intercambiadores de calor verticales cerrados .....	74
10.6	Evaluación económica .....	76
11	Conclusiones.....	77
	Bibliografía .....	78
	Anexo .....	81