

Índice

1. Introducción	4
1.1. La energía geotérmica	4
1.2. Objetivo	6
1.3. Alcance.....	6
1.4. Contenido	8
2. Bombas de calor geotérmicas.....	9
2.1. Bombas de calor y principio de funcionamiento.....	9
2.2. Intercambiadores enterrados	11
2.3. Aplicaciones.....	11
2.4. Ventajas de las bombas de calor geotérmicas	11
2.5. Tipos de intercambiadores	12
2.5.1. Según fluido	12
2.5.1.1. Captadores recorridos por refrigerante.....	12
2.5.1.2. Captadores recorridos por agua glicolada	13
2.5.2. Según orientación.....	13
2.5.2.1. Captadores horizontales	13
2.5.2.2. Captadores verticales.....	16
2.5.2.3. Captadores de agua freática.....	17
2.6. Tipología de sistemas.....	18
2.6.1. Refrigerante – Refrigerante	18
2.6.2. Agua – Agua.....	18
2.6.3. Refrigerante – Agua	19
2.6.4. Agua – Refrigerante	19
3. Modelado matemático y dimensionado de captadores.....	20
3.1. Criterios de dimensionado.....	20
3.2. Propiedades térmicas del suelo	21
3.2.1. Ensayos de medida. TP02 Sonda Non steady – state para la medida de la conductividad térmica	22
3.3. Modelos matemáticos.....	24
3.3.1. Ingersoll & Plass. 1948	25
3.3.2. IGSHPA. Kusada & Achenbach. 1965	26
3.3.3. Kavanaugh. 1985.....	27
3.3.4. Eskilson. 1987	28
3.4. Dimensionado de captadores.....	31
3.4.1. Verano (refrigeración).....	31
3.4.2. Invierno (calefacción)	34
4. Análisis de equipos de mercado	37
4.1. HYDRON MODULE.....	38
4.2. ECONAR	42
4.3. CIATESA	46

4.4. Estudio comparativo.....	51
4.4.1. Máquinas enfriadoras	52
4.4.1.1. Refrigeración.....	52
4.4.1.2. Calefacción.....	56
4.4.2. Equipo autónomo	61
4.4.2.1. Refrigeración.....	61
4.4.2.2 Calefacción.....	64
4.4.3. Resumen.....	68
4.5. Normativa.....	70
4.5.1. EN 14511.....	70
4.5.2. ISO Standard 12356	71
5. Aplicaciones Informáticas.....	72
5.1. EED – Earth Energy Design.....	72
5.1.1. Datos de entrada	73
5.1.2. Cálculos.....	79
5.1.3. Datos de salida	80
5.2. GLD – Ground Loop Design.....	81
5.2.1. Datos de entrada	82
5.2.1.1. Módulo de especificaciones de la Bomba de Calor.....	83
5.2.1.2. Módulos de cargas térmicas	85
5.2.1.3. Módulos de diseño	86
5.2.2. Datos de salida	91
5.3. GEO CIATESA.....	93
5.3.1. Datos de entrada	94
5.3.1.1. Configuración.....	96
5.3.1.2. Materiales.....	96
5.3.1.3. Clima y suelo.....	97
5.3.1.4. Pérdidas de carga.....	98
5.3.2. Datos de salida	99
5.3.3. Resultados numéricos.....	104
6. Conclusiones	108
6.1. Perspectivas futuras.....	109
6.2. Líneas de investigación	110
Referencias.....	111