



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA

Alumno: César Luque Órpez

Tutor: Francisco Jurado Melguizo

Depto.: Ingeniería Eléctrica

2 de Septiembre, 2016

PRESENTACIÓN

El presente proyecto constituye un Trabajo de Fin de Grado para la obtención del título de:

Grado en Ingeniería de Recursos Energéticos

Universidad de Jaén. Escuela Politécnica Superior de Linares

TÍTULO DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

Climatización de un bloque de oficinas mediante energía geotérmica

AUTOR

César Luque Órpez

TUTOR

Francisco Jurado Melguizo.

DEPARTAMENTO

Ingeniería Eléctrica

FECHA

2 de Septiembre de 2016

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Antecedentes	15
1.2. Objetivo	15
1.3. Normativa de aplicación	15
1.4. Geotermia	16
1.4.1. Introducción a la geotermia.....	16
1.4.2. Bomba de calor geotérmica	17
2. MEMORIA	23
2.1. Memoria descriptiva	23
2.1.1. Descripción y características del edificio	23
2.1.2. Pasos a realizar en el proyecto	25
2.1.3. Condiciones de diseño	25
2.1.3.1. Condiciones interiores	25
2.1.3.2. Condiciones exteriores	25
2.1.4. Transmitancia térmica del bloque	26
2.1.4.1. Zona climática	26
2.1.4.2. Clasificación de los espacios	26
2.1.4.3. Envoltente térmica del bloque	26
2.1.4.4. Transmitancia y resistencia térmica de los cerramientos	27
2.1.4.5. Limitación de la demanda energética.....	27
2.1.5. Cálculo de las cargas térmicas.....	28
2.1.5.1. Carga térmica de calefacción	28
2.1.5.2. Carga térmica de refrigeración	28
2.1.6. Elección del sistema de climatización	29
2.1.6.1. Elección de la bomba de calor	29
2.1.6.2. Fluido circulante.....	29
2.1.6.3. Configuración empleada.....	29
2.1.6.4. Elección de las tuberías.....	29
2.1.6.5. Dimensiones del intercambiador de calor enterrado	30
2.1.7. Perforación de los sondeos y sondas geotérmicas.....	30
2.1.8. Sistema de distribución de calor	30
2.1.8.1. Unidades terminales	31

2.1.8.2.	Circuito hidráulico	31
2.2.	Memoria de cálculo	33
2.2.1.	Condiciones de diseño	33
2.2.1.1.	Condiciones interiores de cálculo	33
2.2.1.2.	Condiciones exteriores de cálculo	33
2.2.2.	Cálculo de la transmitancia térmica del bloque	34
2.2.2.1.	Datos previos al cálculo.....	34
2.2.2.1.1.	Zona climática	34
2.2.2.1.2.	Clasificación de los espacios	35
2.2.2.1.3.	Envoltente térmica del bloque y sus componentes	35
2.2.2.2.	Cálculo de los parámetros de demanda del bloque.....	35
2.2.2.2.1.	Cerramientos en contacto con el exterior	35
2.2.2.2.2.	Cerramientos en contacto con el terreno	36
2.2.2.2.3.	Particiones interiores.....	36
2.2.2.2.4.	Muro exterior.....	38
2.2.2.2.5.	Cubierta	38
2.2.2.2.6.	Suelo sobre parking.....	39
2.2.2.2.7.	Ventanas	39
2.2.2.3.	Limitación de la demanda energética en edificios.....	40
2.2.2.3.1.	Parámetros característicos medios.....	41
2.2.3.	Cálculo de la demanda energética del edificio	43
2.2.3.1.	Procedimiento de cálculo	43
2.2.3.2.	Carga térmica de calefacción	43
2.2.3.3.	Carga térmica de refrigeración	46
2.2.4.	Equipo de climatización	49
2.2.4.1.	Procedimiento de diseño.....	49
2.2.4.2.	Elección de la bomba de calor	50
2.2.4.3.	Elección del fluido circulante.....	51
2.2.4.4.	Elección de la configuración del intercambiador	51
2.2.4.5.	Elección de los tubos	54
2.2.4.5.1.	Elección de los materiales.....	54
2.2.4.5.2.	Elección del diámetro	54
2.2.4.6.	Longitud del intercambiador de calor enterrado	55
2.2.4.6.1.	Cálculo de la temperatura máxima y mínima del terreno	55

2.2.4.6.2.	Cálculo de la temperatura máxima y mínima de entrada del fluido a la bomba de calor.....	57
2.2.4.6.3.	Cálculo de la diferencia de temperatura entre el terreno y el circuito.....	58
2.2.4.6.4.	Cálculo de la resistencia de los tubos al flujo de calor	58
2.2.4.6.5.	Cálculo de la resistencia térmica del terreno.....	59
2.2.4.6.6.	Cálculo del factor de utilización	61
2.2.4.6.7.	Cálculo de la longitud del intercambiador enterrado	63
2.2.4.7.	Perforación de los sondeos geotérmicos.....	64
2.2.4.8.	Elección de la bomba de circulación	67
2.2.4.9.	Sistema de distribución.....	68
2.2.4.9.1.	Unidades terminales.....	68
2.2.4.9.2.	Circuito hidráulico	69
2.2.4.9.2.1.	Elección del diámetro de las tuberías	69
2.2.4.9.2.2.	Aislamiento de tuberías	71
2.2.4.9.3.	Bomba circuladora.....	72
2.2.4.9.4.	Vaso de expansión	75
2.3.	Anexos	79
2.3.1.	Hojas de cálculo de cargas térmicas.....	79
2.3.1.1.	Hoja de cálculo de cargas térmicas de calefacción	79
2.3.1.2.	Hoja de cálculo de cargas térmicas de refrigeración	80
2.3.2.	Instituto geológico y minero de España	81
2.3.2.1.	Mapa geológico de la zona	81
2.3.2.2.	Detalle de situación del edificio	82
2.3.2.3.	Detalle de leyenda mapa geológico.....	83
2.3.3.	Cálculo del factor de utilización de la bomba de calor	84
2.3.3.1.	Factor de utilización en modo calefacción.....	84
2.3.3.2.	Factor de utilización en modo refrigeración.....	86
2.3.4.	Fichas técnicas de los aparatos del sistema.....	88
2.3.4.1.	Ficha técnica de la bomba de calor	88
2.3.4.2.	Ficha técnica del Fan Coils	90
2.3.4.3.	Ficha técnica de la bomba de circulación del circuito de climatización.....	91
2.3.4.4.	Ficha técnica del vaso de expansión.....	93
3.	PLANOS.....	95

3.1.	Planos de distribución.....	95
3.1.1.	Planta baja.....	96
3.1.2.	Planta primera.....	97
3.1.3.	Parking	98
3.2.	Plano de dimensiones del edificio.....	99
3.2.1.	Planta baja.....	100
3.2.2.	Planta primera.....	101
3.2.3.	Parking	102
3.3.	Plano de situación de los sondeos	103
3.4.	Plano de alzado del edificio	105
3.5.	Plano de distribución de Fan Coils y tuberías.....	107
3.5.1.	Planta baja.....	108
3.5.2.	Planta primera.....	109
4.	PLIEGO DE CONDICIONES	111
4.1.	Pliego de condiciones generales	111
4.2.	Pliego de condiciones facultativas.....	111
4.2.1.	Agentes intervinientes.....	111
4.2.1.1.	Promotor	111
4.2.1.2.	Contratista.....	112
4.2.1.3.	Dirección Facultativa.....	114
4.2.2.	Documentación	115
4.2.3.	Replanteo y acta de replanteo.....	116
4.3.	Pliego de condiciones técnicas	116
4.3.1.	Generalidades.....	116
4.3.2.	Aislamiento térmico	116
4.3.2.1.	Materiales y características.....	117
4.3.3.	Fan Coils	117
4.3.3.1.	Materiales y características del Fan Coils	117
4.3.4.	Vaso de expansión.....	118
4.3.5.	Bombas de circulación.....	118
4.3.6.	Drenajes.....	119
4.3.7.	Acometidas de agua a equipos y redes.....	119
4.3.8.	Pruebas y ensayos.....	119
4.3.8.1.	Pruebas parciales.....	120

4.3.8.2.	Pruebas mecánicas.....	120
4.3.8.3.	Otras pruebas.....	120
4.3.9.	Recepción.....	120
4.3.9.1.	Equipos de climatización.....	121
4.3.9.2.	Elementos de bombeo.....	121
4.4.	Pliego de condiciones económicas.....	122
4.4.1.	Fianzas y seguros	122
4.4.2.	Plazo de ejecución y sanción por retraso	122
4.4.3.	Precios	122
4.4.4.	Mediciones y valoraciones	124
4.4.5.	Certificación y abono.....	125
4.5.	Pliego de condiciones legales	125
5.	PRESUPUESTO.....	130
5.1.	Mediciones.....	130
5.2.	Precios unitarios	132
5.3.	Presupuesto general.....	134
5.4.	Resumen del presupuesto	136
6.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	138
6.1.	Introducción	138
6.2.	Análisis general del proyecto.....	138
6.3.	Importancia del impacto	139
6.3.1.	Ecuación para el cálculo de la importancia del impacto ambiental	139
6.3.2.	Valores de los parámetros que forman la ecuación.....	141
6.3.3.	Expresión de resultados.....	142
6.4.	Impacto ambiental durante la ejecución de la instalación.....	142
6.4.1.	Indicadores de impacto ambiental	142
6.4.2.	Impactos.....	143
6.4.3.	Matriz de impactos	143
6.4.3.1.	Valores establecidos para las iteracciones	144
6.4.3.2.	Resultados obtenidos	149
6.4.3.3.	Clasificación de los resultados	150
7.	ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	152
7.1.	Disposiciones generales.....	152
7.2.	Objetivo del estudio de seguridad y salud.....	152

7.3.	Identificación de la obra.....	152
7.3.1.	Tipo de obra	152
7.3.2.	Localización y situación del terreno.....	153
7.3.3.	Accesos y comunicaciones.....	153
7.3.4.	Servicios y redes de distribución afectados por la obra.....	153
7.4.	Identificación de riesgos y protecciones	153
7.4.1.	Trabajos de ejecución.....	153
7.4.1.1.	Realización de sondeos.....	153
7.4.1.2.	Instalación eléctrica.....	154
7.4.1.3.	Instalaciones de conducción de aguas	155
7.4.1.4.	Trabajos en altura.....	155
7.4.2.	Medios auxiliares	156
7.4.3.	Maquinaria	157
7.4.4.	Herramientas manuales	159
7.4.5.	Tipos de energía.....	160
7.4.6.	Materiales	161
7.5.	Descripción de las protecciones personales.....	163
7.6.	Instrucciones gráficas sobre seguridad en la obra.....	163
7.6.1.	Señales de advertencia	163
7.6.2.	Señales de obligación.....	165
7.6.3.	Señales de prohibición	166
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	168

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Esquema de funcionamiento bomba de calor modo calefacción o refrigeración.	18
Figura 2. Variación de la temperatura a lo largo del año.	18
Figura 3. Evolución de la temperatura con la profundidad.	19
Figura 4. Esquema de funcionamiento bomba de calor geotérmica.	20
Figura 5. Emplazamiento de la instalación en España.	23
Figura 6. Emplazamiento de la instalación en el Municipio	23
Figura 7. Emplazamiento de la instalación en el polígono del Municipio.	24
Figura 8. Emplazamiento de la instalación en la Calle Matriceros.	24
Figura 9. Resistencias térmicas superficiales interiores y exteriores de cerramientos... ..	36
Figura 10. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m^2K/W .CTE.	37
Figura 11. Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m^2K	40
Figura 12. Disposición de las fachadas en el bloque.	41
Figura 13. Transmitancias límite de cerramientos y huecos según el CTE.	42
Figura 14. Esquema de funcionamiento bomba de calor modo calefacción o refrigeración.	49
Figura 15. Evolución de la temperatura con la profundidad.	52
Figura 16. Configuración en serie vertical.	53
Figura 17. Variación de la temperatura con la profundidad.....	56
Figura 18. Temperaturas en la provincia de Jaén.....	56
Figura 19. Conductividad térmica según el tipo de terreno.	60
Figura 20. Gráfico de la función lineal del factor de utilización.	62
Figura 21. Esquema perforación.....	65
Figura 22. Introducción de las sondas geotérmicas.	66
Figura 23. Esquema final sondas geotérmicas.	67
Figura 24. Esquema funcionamiento fan coil.....	68
Figura 25. Diámetros de tuberías de alimentación del fan coil.	70
Figura 26. Espesor de aislamiento.	71
Figura 27. Esquema del circuito hidráulico.	72
Figura 28. Tabla especificaciones bomba circuladora.	75
Figura 29. Mapa geológico de la zona.	81

Figura 30. Detalle de ubicación en el mapa geológico.....	82
Figura 31. Detalle leyenda mapa geológico.....	83
Figura 32. Tabla especificaciones bomba de calor.....	89
Figura 33. Ficha técnica fan coil.	90
Figura 34. Ficha técnica bomba de circulación circuito climatización.....	92
Figura 35. Ficha técnica vaso de expansión.....	93
Figura 36. Valores de los parámetros del impacto ambiental	141
Figura 37. Señales de advertencia.....	164
Figura 38. Señales de obligación.....	165
Figura 39. Señales de prohibición	166

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones del edificio.....	24
Tabla 2. Condiciones interiores de diseño.....	25
Tabla 3. Descripción envolvente térmica del bloque.....	26
Tabla 4. Resistencia y Transmitancia de los cerramientos del bloque.....	27
Tabla 5. Cumplimiento de la limitación de la demanda energética.	27
Tabla 6. Cálculo de la carga térmica de calefacción.....	28
Tabla 7. Cálculo de la carga térmica de refrigeración.....	28
Tabla 8. Características bomba de calor.	29
Tabla 9. Características tuberías intercambiador de calor enterrado.....	29
Tabla 10. Características de los fan coil.....	31
Tabla 11. Condiciones interiores de cálculo.	33
Tabla 12. Zona climática del bloque según el CTE.....	34
Tabla 13. Cálculo de la transmitancia térmica total en el muro exterior.	38
Tabla 14. Cálculo de la transmitancia térmica total en la cubierta.	38
Tabla 15. Cálculo de la transmitancia térmica total en suelo sobre parking.....	39
Tabla 16. Cálculo de la transmitancia térmica total en ventanas.	39
Tabla 17. Verificación de cumplimiento con el CTE.....	40
Tabla 18. % Huecos en las fachadas del bloque.....	41
Tabla 19. Justificación de cumplimiento con lo establecido en el CTE para las transmitancias límite.....	42
Tabla 20. Cálculo carga térmica para calefacción en invierno.	45
Tabla 21. Cálculo carga térmica para refrigeración en verano.....	48
Tabla 22. Datos técnicos bomba de calor.....	50
Tabla 23. Propiedades del fluido circulante.	51
Tabla 24. Resumen de la configuración empleada.....	53
Tabla 25. Características tubería intercambiador de calor enterrado.....	55
Tabla 26. Puntos de la función lineal del factor de utilización.	61
Tabla 27. Longitud y número de sondeos.....	64
Tabla 28. Características de los fan coil.....	69
Tabla 29. Diámetro de alimentación fan coil.....	70
Tabla 30. Diámetro de tubería circuito hidráulico.....	70
Tabla 31. Espesor de aislamiento para cada tramo del circuito hidráulico.....	71
Tabla 32. Cálculo de la caída de presión en el circuito hidráulico.....	73
Tabla 33. Caída de presión producida por los accesorios del circuito hidráulico.	73

Tabla 34. Caída de presión producida por los fan coil.	74
Tabla 35. Caída de presión producida por la altura.	74
Tabla 36. Características necesarias de la bomba de circulación.....	74
Tabla 37. Descripción de la bomba elegida.	75
Tabla 38. Descripción del vaso de expansión elegido.	77
Tabla 39. Cálculo de la carga térmica de calefacción.....	79
Tabla 40. Cálculo de la carga térmica de refrigeración.....	80
Tabla 41. Cálculo del factor utilización calefacción.....	85
Tabla 42. Cálculo del factor utilización refrigeración.....	87
Tabla 43. Mediciones de la instalación geotérmica.	130
Tabla 44. Mediciones de la instalación de climatización.....	131
Tabla 45. Precios unitarios de la instalación geotérmica.	132
Tabla 46. Precios unitarios de la instalación de climatización.....	133
Tabla 47. Presupuesto general de la instalación geotérmica.....	134
Tabla 48. Presupuesto general de la instalación de climatización.	135
Tabla 49. Resumen del presupuesto.....	136
Tabla 50. Matriz de impacto ambiental.....	143
Tabla 51. Resultados del impacto ambiental.....	149
Tabla 52. Características señales de advertencia.	163
Tabla 53. Características señales de obligación.....	165
Tabla 54. Características señales de prohibición.	166

1 INTRODUCCION

El siguiente documento trata de un Trabajo de Fin de Grado para obtener el título de Grado en Ingeniería de Recursos Energéticos en la Universidad de Jaén (Escuela Politécnica superior de Linares).

1.1 ANTECEDENTES

Este proyecto abordará la instalación de climatización de un bloque de oficinas.

1.2 OBJETIVO

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar la climatización de un bloque de oficinas en Martos (Jaén).

El aumento de la demanda de energía y el coste de esta en España lleva a querer implantar un sistema basado en energía renovable. Por esta razón la climatización de este proyecto se realizará con una bomba de calor geotérmica.

Para el desarrollo del proyecto, se pretende:

- Calcular las necesidades energéticas del edificio, basándose en el cálculo de cargas térmicas.

- Analizar el terreno donde se situarán los sondeos geotérmicos, para calcular la dimensión y distribución de los mismos.

- Aplicar el sistema de climatización al edificio, suministrando las unidades de climatización que sean necesarias.

- Realización de un presupuesto del proyecto.

- Se ha de destacar que queda excluido en este proyecto el suministro de agua y electricidad.

1.3 NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para la realización de este proyecto de climatización, se aplicará la normativa vigente en este momento:

El código técnico de la edificación (CTE), es el *marco normativo que establece y desarrolla las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, permitiendo demostrar que se satisfacen los requisitos básicos de la edificación que establece la Ley*. Principalmente se atenderá a dos documentos básicos (DB) contenidos en el CTE:

DB-HE: Este Documento Básico (DB) *tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía. El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.*

DB-HS: Este Documento Básico (DB) *tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de salubridad. El objetivo del requisito básico “Higiene, salud y protección del medio ambiente”, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.*

RITE: Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. *Este reglamento constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.*

Normas UNE de aplicación, las cuales se irán nombrando cuando se apliquen en el presente documento.

Además de esta normativa, para realización de este proyecto se utilizarán los siguientes documentos:

DM climatización. Manual técnico de climatización tranquila.

Evaluación del potencial de energía geotérmica (IDAE). Estudio técnico PER 2011-2020

Guía Técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE].

Guía Técnica de Instalaciones de climatización por agua. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE].

De este modo optimizamos el uso de la energía en el edificio, siendo este eficiente y cumpliendo con la normativa vigente.

1.4 GEOTERMIA

1.4.1 INTRODUCCIÓN A LA GEOTERMIA

La energía geotérmica es la energía calorífica que la tierra transmite desde su interior hacia al exterior de esta.

La geotermia es una de las energías renovables menos explotadas en España, situación que se ha justificado supuestamente por el bajo potencial de desarrollo que presenta este tipo de energía renovable. Esta suposición supone un grave error al confundir la geotermia de alta temperatura la cual se asocia a un gran potencial geotérmico y a la producción de electricidad con la geotermia de baja temperatura la cual puede usarse como en este proyecto para instalaciones de climatización de edificios.

Para entender este tipo de energía se hace necesario diferenciar entre los distintos rangos de temperatura que nos podemos encontrar en el subsuelo (conocido como potencial entálpico). Este potencial se clasifica en:

- Muy alta entalpía: Producción de electricidad
- Alta y media entalpía: Para climatización de piscinas y urbanizaciones.
- Muy baja entalpía: Climatización de piscinas y climatización de edificios con ayuda de una bomba de calor.

El potencial geotérmico que disponemos en casi todo el territorio de España es de muy baja entalpía por lo que para aprovechar este tipo de energía se hace necesario la instalación de una bomba de calor geotérmica. Este aprovechamiento geotérmico no requiere unas condiciones específicas del terreno teniendo una amplia disposición para su aprovechamiento energético.

La climatización con una bomba de calor geotérmica presenta múltiples ventajas como son:

- Ahorro de energía primaria entre 40 y 60 % necesaria para climatizar el edificio.
- Es un tipo de energía renovable por lo que se considera una fuente inagotable de energía.
- Este tipo de instalación requiere un sencillo mantenimiento y apenas produce ruido.
- Capacidad de integración con otras energías renovables como paneles solares térmicos.

A pesar de todas estas ventajas España es uno de los países en los que estos sistemas han tenido un escaso desarrollo a diferencia de otros países como Suecia, Suiza o Alemania los cuales llevan usando este tipo de energía desde los años 70. La razón de esto no es de tipo técnica dado que el funcionamiento de la bomba de calor geotérmica puede verse beneficiado si el sistema es reversible, es decir, es capaz de usarse para refrigeración y calefacción.

1.4.2 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

En el diseño de sistemas de intercambio de calor con bomba de calor geotérmica existen, principalmente, dos tipos de sistemas:

- Sistemas de circuito abierto: En este tipo de sistema se capta un recurso hídrico (acuífero, río...) para intercambiar el calor con este y después devolverlo al lugar de captación.
- Sistemas de circuito cerrado: En este tipo de sistema se utiliza un fluido portador de calor que recorre un sistema de tuberías intercambiando el calor con el suelo.

Por lo general, el funcionamiento de una bomba de calor geotérmica se basa en transferir calor desde un foco frío a un foco caliente consumiendo una cantidad de electricidad muy baja en relación con la que se tendría que usar con otros tipos de energía.

Las bombas de calor geotérmicas aprovechan que la temperatura del terreno se mantiene estable, a partir de una profundidad, independientemente del ambiente exterior, para proporcionar calefacción en invierno y refrigeración en verano.

Por lo tanto cuando la bomba de calor funciona en modo refrigeración se extrae el calor del interior del edificio y se inyecta en el terreno, y cuando la bomba de calor funciona en modo calefacción se extrae el calor del subsuelo y se inyecta en el edificio.[1]

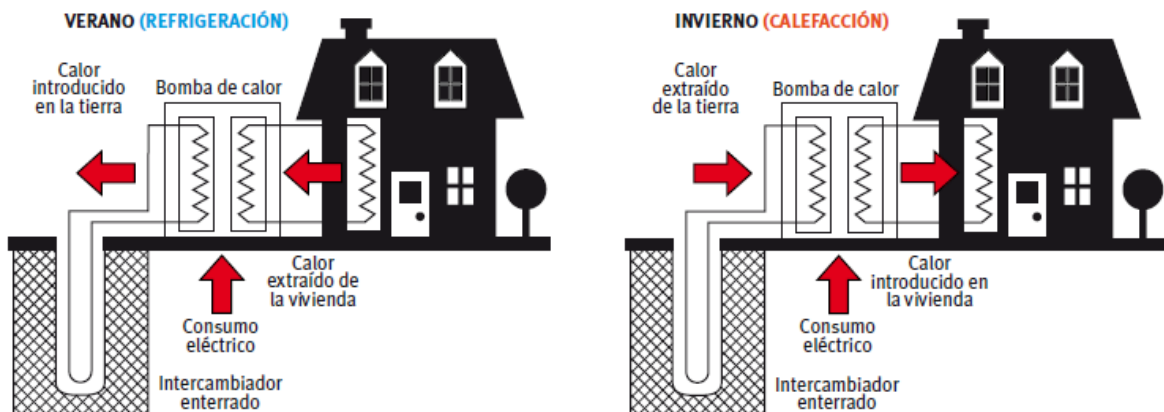


Figura 1. Esquema de funcionamiento bomba de calor modo calefacción o refrigeración

Tanto la potencia calorífica como la frigorífica de la bomba de calor como el rendimiento energético (COP en calefacción y EER en refrigeración) pueden variar según la temperatura de trabajo.

La energía procedente de la radiación solar y otros efectos atmosféricos se transfiere a la superficie terrestre. Como consecuencia de estos fenómenos la temperatura de la tierra en la superficie varía a lo largo del año. La siguiente figura muestra la evolución de la temperatura a lo largo del año [1]:

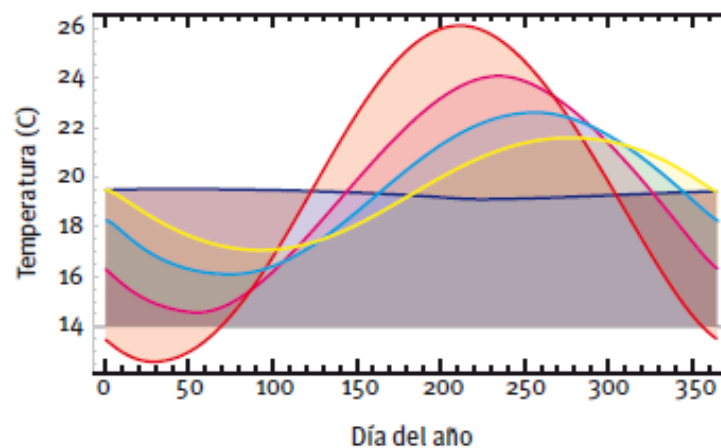


Figura 2. Variación de la temperatura a lo largo del año

Sin embargo conforme se va aumentando la profundidad en la tierra estos efectos atmosféricos dejan de influir y la temperatura de la tierra empieza a ser constante solo aumentado 3°C cada 100 metros de profundidad por lo que se puede considerar constante.

En la siguiente figura se muestra la evolución de la temperatura con la profundidad [1].

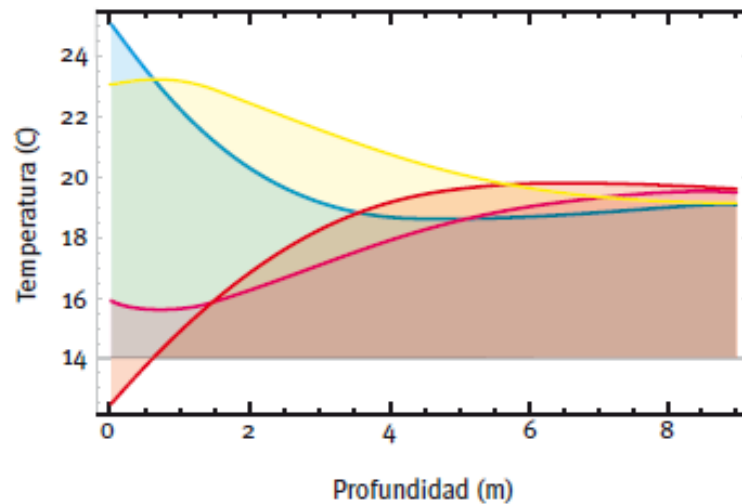


Figura 3. Evolución de la temperatura con la profundidad.

A partir de los 10 metros de profundidad los efectos atmosféricos dejan de influir y la temperatura se mantiene constante, es este fenómeno natural el que se aprovecha para la climatización con una bomba de calor geotérmica.

La bomba de calor geotérmica es un aparato termodinámico que dispone de un circuito cerrado estanco por el que circula un fluido frigorífico que cambia de estado, líquido o gaseoso en función de los cuatro órganos que atraviesa:

- Evaporador
- Compresor
- Condensador
- Descompresor

En el evaporador el calor captado en el terreno por un fluido portador de calor (agua con anticongelante) que recorre el intercambiador subterráneo es transferido al fluido frigorífico que se vaporiza pasando del estado líquido al estado gaseoso.

El compresor eléctrico, comprime el gas frigorífico y eleva su temperatura.

El condensador permite al gas frigorífico ceder calor al fluido del circuito de calefacción de un edificio volviendo al estado líquido.

El descompresor rebaja la presión del líquido frigorífico que comienza su vaporización iniciando un nuevo ciclo.

El fluido caloportador una vez enfriado en el evaporador retorna al subsuelo.

Bomba de calor geotérmica

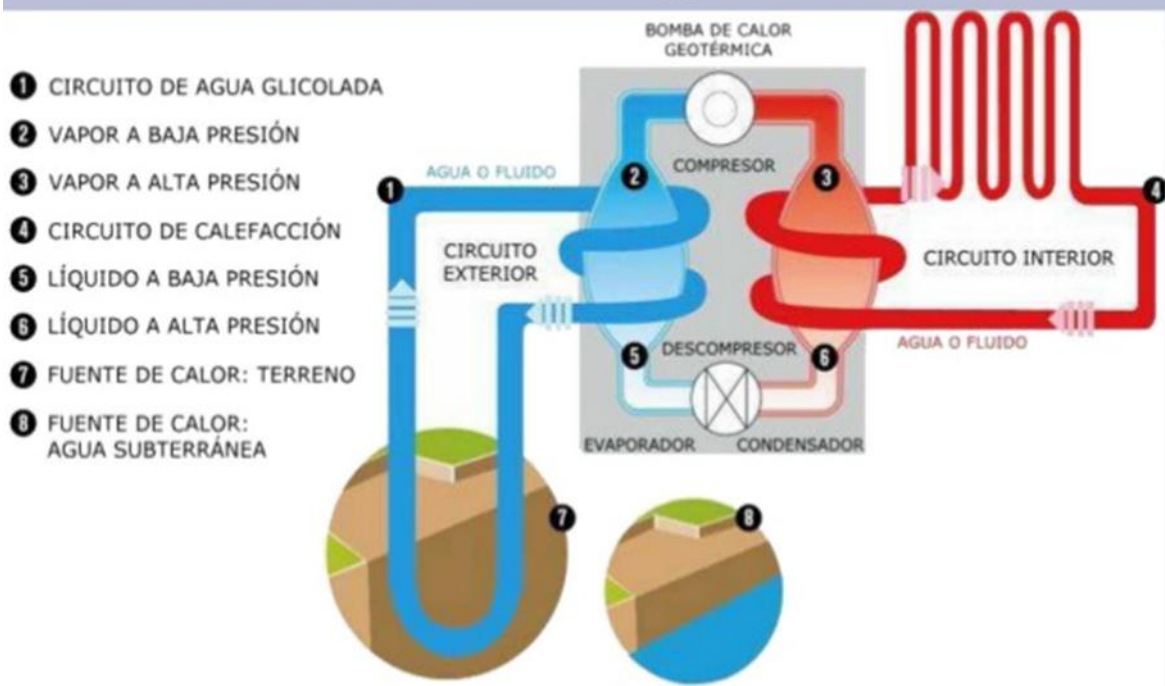


Figura 4. Esquema funcionamiento bomba de calor geotérmica.

Cuando la bomba de calor funciona en modo refrigeración mediante una válvula de expansión de doble sentido y una válvula de 4 vías a la salida del compresor se invierte el sentido de funcionamiento del sistema y el calor excedente del edificio es evacuado al subsuelo fresco.

El rendimiento de una bomba de calor geotérmica en modo calefacción se mide por la relación entre la cantidad de calor producida y la energía eléctrica consumida lo que se conoce como su COP (Coeficiente de eficiencia energética) y varía entre 3 y 5. Por ejemplo una bomba de calor que tenga un COP de 5 quiere decir que produce 5 KW de energía térmica por cada 1 KW consumido por el motor del compresor, las bombas de circulación, el termostato, los ventiladores, etc. Es decir, que 4 KW provienen de la energía geotérmica que es gratuita.

En modo refrigeración la energía útil es el calor extraído del edificio por la bomba de calor.

El fluido portador de calor que circula por los intercambiadores subterráneos puede ser agua subterránea o agua con un anticongelante en circuito cerrado como se realiza en este proyecto.

En el primer caso el intercambiador es el propio acuífero desde el que se bombea agua por un pozo de producción y al que se vuelve inyectar por un segundo pozo de inyección una vez que ha cedido el calor transportado en el evaporador de la bomba de calor o en un intercambiador intermedio.

En el segundo caso, los sistemas geotérmicos en los que circula agua con anticongelante por un conjunto de tubos de polietileno en circuito cerrado. Los tubos de polietileno

pueden ir enterrados horizontalmente en el suelo intercalados en las masas de hormigón armado que se emplean en las cimentaciones de algunos edificios o dispuestos verticalmente en el interior de sondeos de pequeño diámetro.

Los intercambiadores horizontales son más fáciles de instalar y más económicos pero los efectos atmosféricos actúan significativamente más que en los sondeos verticales que son independientes del ambiente exterior.

2. MEMORIA

2.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1.1 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se mostraran las características del bloque de oficinas que climatizaremos en este proyecto, como su situación y emplazamiento, orientación y la geología en la que está situado.

El bloque de oficinas que vamos a climatizar se encuentra en el sur de España,



Figura 5. Emplazamiento de la instalación en España.

en el municipio de Martos (Jaén),

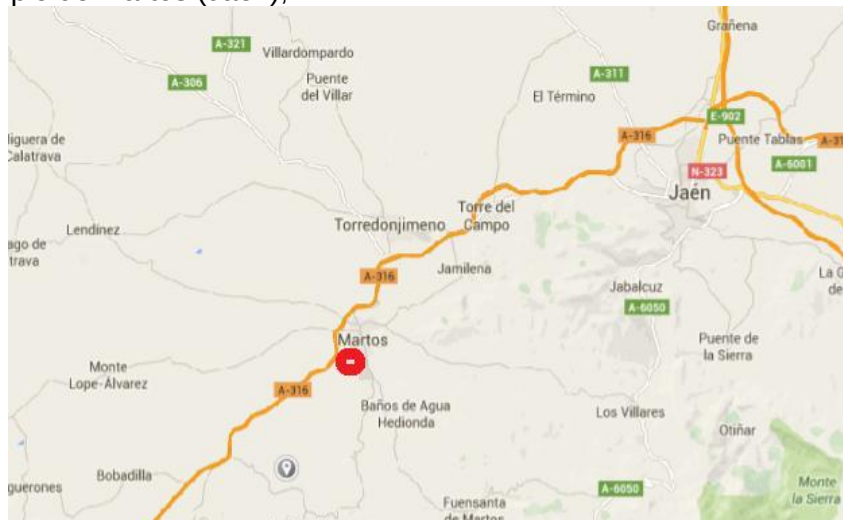


Figura 6. Emplazamiento de la instalación en el Municipio.

En el Polígono Industrial Cañada de la Fuente,



Figura 7. Emplazamiento de la instalación en el polígono del Municipio.

En la Calle Matriceros, en la intersección de esta con la Calle Vélchez.

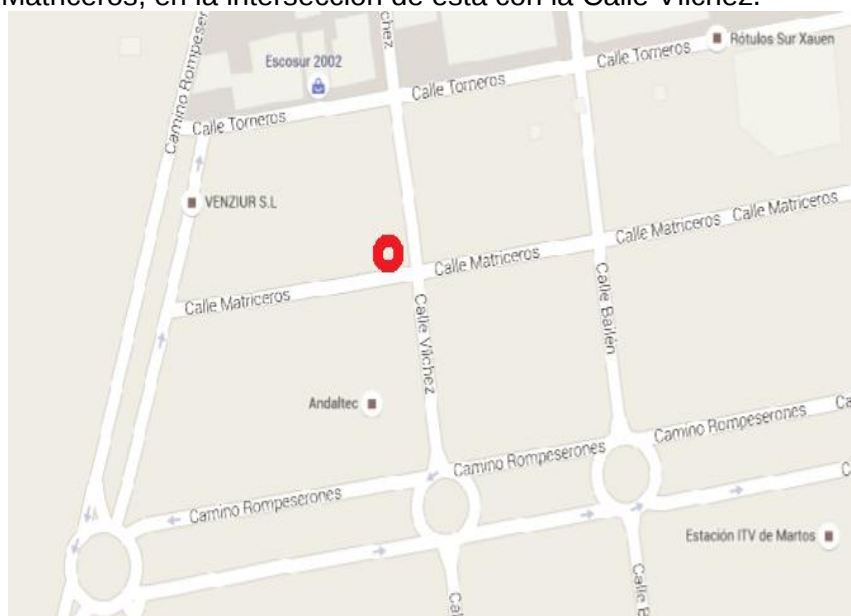


Figura 8. Emplazamiento de la instalación en la Calle Matriceros.

Nuestro bloque de oficinas consta de tres plantas: Parking subterráneo, planta baja y planta primera. Estando este orientado hacia el sur. El parking no será objeto de cálculo en este proyecto.

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de nuestro edificio:

Superficie	Superficie útil (m ²)
Planta baja	204
Planta primera	204
Parking subterráneo	204

Tabla 1. Dimensiones del edificio.

La superficie total que se va a climatizar es de: **408 m²**

2.1.2 PASOS A REALIZAR EN EL PROYECTO

Procederemos a realizar nuestro proyecto de la manera siguiente, según recoge el RITE, en la instrucción técnica 1.2 sobre las exigencias de eficiencia energética reglamentadas [3].

Cálculo de la demanda térmica del bloque.

Cálculo de las cargas térmicas en bloque.

Elección de nuestro sistema de climatización.

2.1.3 CONDICIONES DE DISEÑO

Para realizar los cálculos que hemos indicado en el apartado anterior, tenemos que establecer unas condiciones para que cumpla con la normativa en el aspecto de demanda energética, indicado en la sección HE 1 del Código Técnico de la Edificación [2].

2.1.3.1 CONDICIONES INTERIORES

Las condiciones de interiores de diseño están expuestas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [3], en la instrucción técnica 1.1.4.1.2. Se establecen, por tanto, las siguientes condiciones:

Época del año	Humedad relativa,HR (%)	Temperatura confort (°C)
Verano	50	24
Invierno	50	22

Tabla 2. Condiciones interiores de diseño.

2.1.3.2 CONDICIONES EXTERIORES

Las condiciones climáticas exteriores al bloque se obtienen de la norma UNE 100001:2001 [4] y el informe UNE 100014 IN [5], en la ciudad de Jaén. Se establecen las temperaturas máximas y mínimas exteriores que soportará nuestro sistema de climatización.

En invierno una temperatura mínima de 0,8°C.

En verano una temperatura máxima de 36°C.

2.1.4 TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL BLOQUE

2.1.4.1 ZONA CLIMÁTICA

El bloque se encuentra situado en la localidad de Martos (Jaén). La zona climática de esta localidad es la C3, según el CTE [2].

2.1.4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

En nuestro bloque todos los espacios son habitables, exceptuando el área del parking y la sala de máquinas donde instalaremos nuestro equipo de climatización.

Los espacios habitables se clasifican según la carga interna que halla en este:

Carga interna baja: sala de recepción y aseos.

Carga interna alta: sala de reuniones, área de trabajo y despachos.

2.1.4.3 ENVOLVENTE TÉRMICA DEL BLOQUE

La envolvente térmica del bloque la compone los cerramientos interpuestos entre el ambiente exterior y los espacios a climatizar.

Cerramiento	Descripción
Cubierta	Es la parte superior del edificio. Limita con el ambiente exterior.
Fachada	Cada una de las paredes exteriores que separan al bloque del ambiente exterior.
Suelo	Es la parte inferior del edificio. Limita con el parking que no es objeto de cálculo en este proyecto.
Ventanas	Lo compone cada una de las cristalerías que tiene nuestro bloque. Limita con el ambiente exterior.

Tabla 3. Descripción de la envolvente térmica del bloque.

2.1.4.4 TRANSMITANCIA Y RESISTENCIA TÉRMICA DE LOS CERRAMIENTOS

Se calcula la resistencia térmica de los cerramientos a partir de la composición y espesor de los materiales que lo forman. Esta resistencia también depende de las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio. La transmitancia térmica se define como la inversa de la resistencia térmica total del cerramiento. Todo lo anterior se realiza según el CTE [2].

La siguiente tabla muestra los valores de resistencia y transmitancia térmica de los cerramientos que componen el bloque.

Cerramiento	Resistencia térmica, (m ² K/W)	Transmitancia térmica (W/m ² K)
Fachada	3,982	0,251
Cubierta	2,934	0,341
Suelo sobre parking	2,893	0,346
Ventanas	0,47	2,127

Tabla 4. Resistencia y transmitancia de los cerramientos del bloque.

2.1.4.5 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

El CTE limita la demanda energética de los edificios en base al clima donde se encuentran.

En la siguiente tabla se muestra que todos los cerramientos del bloque cumplen con las limitaciones de demanda energética establecidos en el CTE [2].

Cerramiento	Transmitancia (W/m ² K)	Transmitancia límite (W/m ² K)	Cumple CTE
Fachada	0,251	0,95	Sí
Cubierta	0,341	0,53	Sí
Suelo sobre parking	0,346	0,65	Sí
Ventanas	2,127	4,4	Sí

Tabla 5. Cumplimiento de la limitación de la demanda energética.

2.1.5 CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS

2.1.5.1 CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN

El cálculo de las cargas térmicas para calefacción responde a la siguiente expresión:

$$Q_{TC} = Q_{TRANS} + Q_{REN} + Q_{INF} - Q_{PERSONAS} - Q_{EQUIPOS}$$

(Ec. 1)

CARGA	KW
Transmisión	5,845
Renovación	7,655
Infiltraciones	1,908
Calor interno	1,6
Equipamiento	4,524
TOTAL	9,284

Tabla 6. Cálculo de la carga térmica de calefacción.

2.1.5.2 CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN

El cálculo de las cargas térmicas para refrigeración responde a la siguiente expresión:

$$Q_{TC} = Q_{TRANS} + Q_{REN} + Q_{INF} + Q_{PERSONAS} + Q_{EQUIPOS}$$

(Ec. 2)

CARGA	KW
Transmisión	2,477
Renovación	4,333
Infiltraciones	1,08
Calor interno	1,6
Equipamiento	4,524
TOTAL	14,014

Tabla 7. Cálculo de la carga térmica de refrigeración.

2.1.6 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

El sistema de climatización estará compuesto por una bomba de calor geotérmica. Una vez elegida la bomba de calor con unas características determinadas, se procederá al dimensionamiento del intercambiador de calor geotérmico enterrado.

Para el diseño del intercambiador enterrado, se seguirá lo establecido en la Guía técnica IDAE de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado [1].

2.1.6.1 ELECCIÓN DE LA BOMBA DE CALOR

Las principales características de la bomba de calor son las siguientes:

FABRICANTE	MODELO	POTENCIA FRIGORÍFICA (KW)	EER	POTENCIA DE CALDEO (KW)	COP	Caudal necesario (m3/h)
Buderus Logatherm	WPS 16 R	15,4	3,76	16	4,57	2,8

Tabla 8. Características bomba de calor.

2.1.6.2 FLUIDO CIRCULANTE

El fluido circulante por el intercambiador de calor enterrado es agua con anticongelante Etilenglicol al 30%.

2.1.6.3 CONFIGURACIÓN EMPLEADA

La configuración empleada es de tipo vertical dado que en dicha configuración permite obtener un mayor rendimiento del sistema y un menor espacio necesario. Además en este tipo de configuración las variaciones de la temperatura que se producen en el terreno son despreciables durante todo el año a partir de una profundidad de 10 metros.

2.1.6.4 ELECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

Las tuberías empleadas para intercambiar el calor con el terreno tienen las siguientes características:

Material	Polietileno reticulado (PE-R)
Serie	3,2
Diámetro exterior (mm)	25
Espesor (mm)	3,5
Diámetro interior (mm)	18

Tabla 9. Características tuberías intercambiador de calor enterrado.

Las tuberías se dispondrán en doble U para reducir así los sondeos necesarios.

2.1.6.5 DIMENSIONES DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR ENTERRADO

La longitud de los tubos necesaria para abastecer la demanda energética del edificio viene dada por las siguientes expresiones:

$$Longitud_{calefacción} = \frac{Q_{calefacción} * \frac{COP - 1}{COP} * (R_p + R_s * f_{calefacción})}{T_L - T_{MIN}} \quad (Ec. 3)$$

$$Longitud_{refrigeración} = \frac{Q_{refrigeración} * \frac{EER - 1}{EER} * (R_p + R_s * f_{refrigeración})}{T_{MAX} - T_H} \quad (Ec. 4)$$

Calculadas las longitudes necesarias, se elige la más desfavorable en este caso, la de calefacción. Por lo tanto la longitud del intercambiador de calor enterrado necesaria es de 439 metros.

Dado que las sondas elegidas son de doble U, cada sondeo cuenta con 4 tubos, con lo que la longitud de sondeo necesaria es de 110 metros.

Dadas las consideraciones anteriores se realizarán dos sondeos de 55 metros cada uno.

2.1.7 PERFORACIÓN DE LOS SONDEOS Y SONDAS GEOTÉRMICAS

Se realizarán dos perforaciones con una profundidad de 55 metros cada una, con un diámetro de 180 mm realizadas mediante rotación directa con tricono. Se adoptarán las medidas recogidas en la memoria de cálculo.

Se seguirán los siguientes pasos a la hora de realizar los sondeos y colocar las sondas:

- Ejecución del sondeo
- Introducción de la sonda
- Inyección del mortero
- Pruebas de presión

2.1.8 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE CALOR

Se propone una instalación de distribución del calor o frío compuesta por unidades terminales (fan coil) y un circuito hidráulico que alimenten a estos con agua fría o caliente según sea la demanda del edificio.

2.1.8.1 UNIDADES TERMINALES

Las unidades terminales serán fan coil que nos proporcionarán aire frío o caliente según demande el edificio. Las principales características de los fan coil son:

Características Fan coil FWV01DT	
Potencia frigorífica (KW)	1,54
Potencia calorífica (KW)	2,14
Caudal de aire (m ³ /h)	319
Total unidades	13

Tabla 10. Características de los fan coil.

2.1.8.2 CIRCUITO HIDRÁULICO

El circuito hidráulico será el encargado de llevar el agua fría o caliente desde la bomba de calor hasta los fan coil. Estará compuesto por tubería, codos, válvulas que garanticen las condiciones para las cuales ha sido diseñado el sistema. Se dispondrá de un circuito de impulsión y otro de retorno a la bomba de calor.

En la memoria de cálculo podemos encontrar el diámetro de tuberías y el caudal que llevarán estas, así como la caída de presión producida en la instalación cumpliendo con estas dos condiciones:

- La selección del diámetro de las tuberías deberá realizarse para una pérdida de presión máxima de 40 mm.c.a. por metro de tubería.
- La velocidad del agua que circula por las tuberías será inferior a 1,2 m/s para evitar ruidos.

Además de lo anterior se realizará el cálculo del aislamiento necesario de las tuberías, así como la bomba circuladora necesaria para un correcto funcionamiento del circuito y finalmente los vasos de expansión necesarios para absorber el aumento de volumen que se puede producir en el sistema.

2.2 MEMORIA DE CALCULO

Para calcular las cargas térmicas del bloque de oficinas necesarias para el diseño de nuestro sistema de climatización seguiremos los pasos siguientes:

El primer paso es fijar las condiciones interiores y exteriores de nuestro edificio, todo esto según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) [3].

El segundo paso a realizar será definir las características de nuestro edificio como es la orientación, cerramientos, aislamiento, materiales constructivos, etc. Se deberá cumplir con la limitación de la demanda energética impuesta en el Código Técnico de la Edificación (CTE) [2].

El tercer paso a realizar es el cálculo de las cargas térmicas en nuestro bloque dependiendo de las condiciones y las necesidades energéticas del bloque. Bastará con calcular las necesidades energéticas en Enero y Julio dado que en estos meses se darán las condiciones más extremas que ha de soportar nuestro sistema de climatización.

Por último, una vez calculadas las cargas térmicas, procederemos al diseño de nuestro sistema de climatización en base a la demanda energética del bloque.

2.2.1 CONDICIONES DE DISEÑO

2.2.1.1 CONDICIONES INTERIORES DE CÁLCULO

Las condiciones interiores que tendrá nuestro bloque se fijarán según el Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) [3], concretamente en la instrucción técnica 1.1.4.1.2, en la cual se fija que las condiciones interiores para garantizar las exigencias de bienestar e higiene deberán estar entre los siguientes parámetros:

Estación	Temperatura confort (°C)	Humedad relativa, HR (%)
Verano	23...25	45...60
Invierno	21...23	40...50

Tabla 11. Condiciones interiores de cálculo.

Las condiciones interiores del bloque de oficinas son:

Verano, 24°C de temperatura y 50% de humedad relativa.

Invierno, 22°C de temperatura y 50% de humedad relativa.

2.2.1.2 CONDICIONES EXTERIORES DE CÁLCULO

Las condiciones climáticas exteriores al bloque se obtienen de la norma UNE 100001:2001[4] y el informe UNE 100014 IN [5], en la ciudad de Jaén.

Las condiciones extremas de nuestro bloque en invierno se basan en el nivel percentil de 99,6% de temperatura seca en base a los tres meses de temperaturas más bajas que son diciembre, enero y febrero (90 días)

Las condiciones extremas de nuestro bloque en verano se basan en el nivel percentil de 0,4 % de temperatura seca y húmeda en base a los cuatro meses de temperaturas más altas que son junio, julio, agosto y septiembre (122 días).

El informe UNE 100014 IN [5] recoge los valores de temperatura seca máxima y mínima en Jaén (estación de Cerro de los Lirios). Estos son:

En invierno, con un nivel percentil de 99,6%:

Temperatura seca: 0,8°C

En verano, con un nivel percentil de 0,4%:

Temperatura seca 36°C

2.2.2 CÁLCULO DE LA TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL BLOQUE

2.2.2.1 DATOS PREVIOS AL CÁLCULO

2.2.2.1.1 ZONA CLIMÁTICA

El bloque a climatizar se encuentra en Martos (Jaén), con una altura de 753 metros sobre el nivel del mar, pertenece a la zona climática C3, según el Código Técnico de Edificación (CTE) en el apéndice D del documento básico HE Ahorro de energía [2].

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
Leon	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1

Tabla 12. Zona climática del bloque según el CTE.

2.2.2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ESPACIOS

Todos los espacios del bloque que vamos a climatizar son habitables. Se distinguen entre estos espacios habitables:

Carga interna baja: sala de recepción.

Carga interna alta: sala de reuniones, área de trabajo y despachos.

2.2.2.1.3 ENVOLVENTE TÉRMICA DEL BLOQUE Y SUS COMPONENTES

La envolvente térmica del bloque limita los espacios habitables con la superficie exterior.

Cubierta: Parte superior del bloque que limita con el ambiente exterior.

Fachada: Paredes exteriores que limitan con el ambiente exterior.

Suelo: Es la parte inferior del bloque. Limita con el parking.

Ventanas: Cerramientos compuestos por cristalerías.

2.2.2.2 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DEMANDA DEL BLOQUE

2.2.2.2.1 CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL EXTERIOR

La transmitancia térmica U (W/m^2K) de los cerramientos viene definida en el CTE en el apéndice E del documento básico HE1 [2] como:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (\text{Ec. 5})$$

siendo,

R_T , la resistencia térmica total del componente constructivo ($m^2 K/W$).

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (\text{Ec. 6})$$

siendo

$R_1, R_2, \dots, R_n$ las resistencias térmicas de cada capa definidas según la siguiente ecuación:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

(Ec. 7)

siendo

e el espesor de la capa [m].

En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10456:2012 [6] o tomada de Documentos Reconocidos, [W/m K].

R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la siguiente tabla, de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m² K/W].

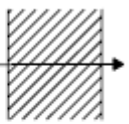
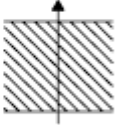
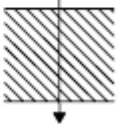
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

Figura 9. Resistencias térmicas superficiales interiores y exteriores de cerramientos.

2.2.2.2.2 CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

El bloque que vamos a climatizar no se encuentra en contacto con el terreno de forma directa, puesto que la planta que se encuentra en contacto directo con el terreno es el parking, que no es objeto de cálculo en este proyecto.

2.2.2.2.3 PARTICIONES INTERIORES

Todas las particiones interiores verticales del bloque limitan entre sí con áreas habitables por lo que no es necesario su cálculo.

Sin embargo todo el suelo de la planta baja limita con el parking, el cual se encuentra a una temperatura media de 11 °C en invierno y 18°C en verano. Como estará a diferente temperatura del bloque, es necesario el cálculo de su resistencia térmica, al igual que con la cubierta superior de la primera planta.

Según el CTE en el apéndice E del documento básico HE1 [2], las resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en $\text{m}^2\text{K/W}$ son:

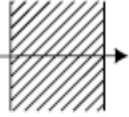
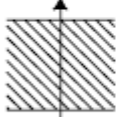
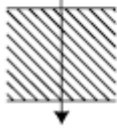
Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente		0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente		0,17	0,17

Figura 10. Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en $\text{m}^2\text{K/W}$.CTE.

De tal modo, se calcula la transmitancia térmica de los cerramientos. Las conductividades térmicas de los materiales que constituyen los cerramientos han sido obtenidas de la norma NBE-CT-79 en la tabla 2.8 [2].

2.2.2.2.4 MURO EXTERIOR

Material	Densidad aparente, (Kg/cm ³)	Espesor, e (m)	Conductividad, λ (W/m K)	Resistencia térmica, R_i (m ² K/W)
Resistencia superficial exterior				0,040
Mortero de cemento	2000	0,03	1,4	0,021
Ladrillo hueco	1200	0,12	0,49	0,245
Cámara de aire sin ventilar	0,000013	0,07	0,278	0,252
Poliuretano conformado, espuma tipo I	32	0,07	0,023	3,043
Ladrillo hueco	1200	0,09	0,49	0,184
Enlucido de yeso	800	0,02	0,3	0,067
Resistencia superficial interior				0,130
			Resistencia total	3,982
			Transmitancia térmica total (W/m² K)	0,251

Tabla 13. Cálculo de la transmitancia térmica total en el muro exterior.

2.2.2.2.5 CUBIERTA

Material	Densidad aparente, (Kg/cm ³)	Espesor, e (m)	Conductividad, λ (W/m K)	Resistencia térmica, R_i (m ² K/W)
Resistencia superficial exterior				0,040
Grava rodada o de machaqueo	1700	0,1	0,81	0,123
Poliestireno expandido, tipo V	25	0,07	0,033	2,121
Lámina bituminosa	1100	0,02	0,19	0,105
Hormigón con árido ligero	1000	0,1	0,33	0,303
Forjado cerámico		0,12	0,85	0,141
Resistencia superficial interior				0,100
			Resistencia total	2,934
			Transmitancia térmica total (W/m² K)	0,341

Tabla 14. Cálculo de la transmitancia térmica total en la cubierta.

2.2.2.2.6 SUELO SOBRE PARKING

Material	Densidad aparente, (Kg/cm ³)	Espesor, e (m)	Conductividad, λ (W/m K)	Resistencia térmica, R_i (m ² K/W)
Resistencia superficial exterior				0,040
Forjado de hormigón		0,35	0,91	0,385
Poliestireno expandido, tipo V	25	0,07	0,033	2,121
Mortero de cemento	2000	0,1	1,4	0,071
Linóleo	1200	0,02	0,19	0,105
Resistencia superficial interior				0,170
			Resistencia total	2,893
			Transmitancia térmica total (W/m² K)	0,346

Tabla 15. Cálculo de la transmitancia térmica total en suelo sobre parking.

2.2.2.2.7 VENTANAS

Material	Densidad aparente, (Kg/cm ³)	Espesor, e (m)	Conductividad, λ (W/m K)	Resistencia térmica, R_i (m ² K/W)
Resistencia superficial exterior				0,040
Vidrio plano para acristalar	2500	0,04	0,95	0,042
Cámara de aire sin ventilar	0,000013	0,06	0,278	0,216
Vidrio plano para acristalar	2500	0,04	0,95	0,042
Resistencia superficial interior				0,130
			Resistencia total	0,470
			Transmitancia térmica total (W/m² K)	2,127

Tabla 16. Cálculo de la transmitancia térmica total en ventanas.

2.2.2.3 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

El CTE limita la demanda energética de los edificios en base al clima donde se encuentran. Según el Código Técnico de Edificación (CTE) en el apéndice D del documento básico HE Ahorro de energía [2], Martos (Jaén) se encuentra situado en la zona climática C3.

Los valores límite de transmitancia térmica en edificios según el CTE son los siguientes:

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios <i>no habitables</i> , primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno ⁽¹⁾ y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos ⁽²⁾	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas ⁽³⁾	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m

⁽²⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos

⁽³⁾ Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Figura 11. Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica U en W/m²K

En la siguiente tabla se verifica que el bloque cumple con lo descrito en el CTE:

Cerramiento	Transmitancia (W/m ² K)	Transmitancia límite (W/m ² K)	Cumple CTE
Muro exterior	0,251	0,95	Sí
Cubierta	0,341	0,53	Sí
Suelo sobre parking	0,346	0,65	Sí
Ventanas	2,127	4,4	Sí

Tabla 17. Verificación de cumplimiento con el CTE.

2.2.2.3.1 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS MEDIOS

En este apartado se describen los parámetros característicos medios del bloque a climatizar establecidos en el CTE [2] como son la orientación y el % de huecos de las fachadas. La siguiente tabla muestra estos valores.

Fachada	Orientación	Superficie fachada (m ²)	Superficie huecos (m ²)	% huecos fachada
A	SE	88,83	9,65	10,86
B	E	123,53	7,8	6,31
C	N	88,83	5,86	6,59
D	SO	123,53	11,64	9,42
Total:		424,72	34,95	8,22

Tabla 18. % Huecos en las fachadas del bloque.

La siguiente figura muestra la disposición de las fachas descritas en la tabla anterior:

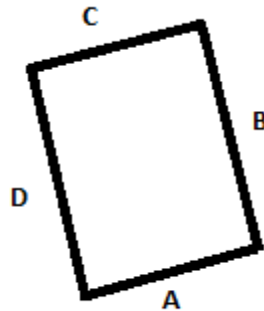


Figura 12. Disposición de las fachadas en el bloque.

Sabiendo que el bloque se encuentra en la zona climática C3, y conocido el % de huecos existentes en las fachadas así como su orientación, el CTE [2] establece unos valores de transmitancia límite de cerramientos y huecos:

ZONA CLIMÁTICA C3

Transmitancia límite de muros de fachada y
cerramientos en contacto con el terreno $U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de suelos $U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Transmitancia límite de cubiertas $U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios $F_{Llim}: 0,28$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos ⁽¹⁾ $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
					Carga interna baja			Carga interna alta		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,55	-	0,59
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,43	-	0,46
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

Figura 13. Transmitancias límite de cerramientos y huecos según el CTE.

En la siguiente tabla se justifica el cumplimiento de lo exigido por el CTE [2] en cuanto a transmitancias límite de cerramientos y huecos:

Cerramiento	Transmitancia ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)	Transmitancia límite ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)	Cumple CTE
Muros de fachada	0,251	0,73	Sí
Cubierta	0,341	0,41	Sí
Suelo sobre parking	0,346	0,5	Sí
Huecos-Ventana orientación SE	2,127	4,4	Sí
Huecos-Ventana orientación E	2,127	4,4	Sí
Huecos-Ventana orientación N	2,127	4,4	Sí
Huecos-Ventana orientación SO	2,127	4,4	Sí

Tabla 19. Justificación de cumplimiento con lo establecido en el CTE para las transmitancias límite.

Para finalizar el cálculo y dimensionado el CTE [2] propone elegir entre dos opciones. En este proyecto se ha elegido la opción simplificada dado que el % de huecos en el bloque es inferior al 60% de su superficie y la superficie de lucernarios es inferior al 5% dado que este bloque no tiene este tipo de huecos.

Por lo tanto queda justificada la opción elegida con los pasos realizados en los apartados anteriores y el cumplimiento de los valores límite establecidos en el CTE [2].

2.2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

2.2.3.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Para el cálculo de la demanda energética del edificio utilizaremos balances energéticos, por lo que unas cargas serán favorables o desfavorables según las condiciones climáticas exteriores del edificio.

2.2.3.2 CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN

La carga térmica de calefacción se define como:

$$Q_{TC} = Q_{TRANS} + Q_{REN} + Q_{INF} - Q_{PERSONAS} - Q_{EQUIPOS} \quad (\text{Ec. 8})$$

Siendo:

- Q_{TRANS} , carga térmica de transmisión

$$Q_{TRANS} = U * A * (T_{interior} - T_{exterior}) \quad (\text{Ec. 9})$$

Siendo,

U= Transmitancia térmica del cerramiento ($\text{W/m}^2\text{k}$)

A= Superficie del cerramiento exterior (m^2)

Tinterior = Temperatura interior confort en invierno (22°C)

Texterior = Temperatura exterior ($0,8^\circ\text{C}$ en el exterior y 11°C en el parking)

- Q_{REN} , carga térmica de renovación

$$Q_{REN} = m * Cp * (T_{interior} - T_{exterior}) \quad (Ec. 10)$$

Siendo,

m= caudal volumétrico de aire de renovación (Kg/s), renovado cada hora según RITE y se calcula como:

$$m = \frac{\text{volumen edificio}(m^3) * \text{densidad aire}(1,18 \text{ kg}/m^3)}{3600 \text{ seg}}$$

Cp= calor específico del aire (1000 j / kg*k)

Tinterior = Temperatura interior confort en invierno (22°C)

Texterior = Temperatura exterior (0,8 °C)

- Q_{INF} , carga térmica de infiltración

$$Q_{INF} = m * Cp * (T_{interior} - T_{exterior}) \quad (Ec. 11)$$

Siendo,

m= caudal volumétrico de aire de infiltración (kg/s), que se calcula como el 25% del caudal volumétrico de aire de renovación.

Cp= calor específico del aire (1000 j / kg*k)

Tinterior = Temperatura interior confort en invierno (22°C)

Ttexterior = Temperatura exterior (0,8 °C)

- $Q_{PERSONAS}$, carga térmica de las personas

$$Q_{PERSONAS} = n^{\circ}personas * q \quad (Ec. 12)$$

Siendo,

q= calor desprendido por una persona (100W)

- $Q_{EQUIPOS}$, carga térmica del equipamiento del edificio

$$Q_{EQUIPOS} = \sum \text{Potencia equipo} * n^{\circ}equipos \quad (Ec. 13)$$

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la carga térmica de calefacción del edificio:

CARGA TÉRMICA PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			Características edificio		
Temperatura interior, Ti (°C)	Temperatura exterior, Ts (°C)	Diferencia de temperatura, ΔT (°C)	Superficie total útil (m²)	Altura libre (m)	
22	0,8	21,2	408	2,7	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie de cerramiento (m²)	Transmitancia (W/m² K)	ΔT (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	389,77	0,251	21,2	2074,044	2,074
Cubierta	204	0,341	21,2	1474,757	1,475
Suelo sobre parking	204	0,346	10,2	719,957	0,720
Ventanas	34,95	2,127	21,2	1575,979	1,576
Total de transmisión con el exterior, KW (A)					5,845
Renovación del aire	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg*K)	ΔT (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación por hora	0,361	1000	21,2	7654,896	7,655
Total de renovación del aire, KW (B)					7,655
Infiltraciones	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg*K)	ΔT (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,09	1000	21,2	1908	1,908
Total de infiltraciones, KW (C)					1,908
Calor interno	Número de personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	16	100		1600	1,6
Total calor sensible interno, KW (D)					1,6
Equipamiento e iluminación	Número de aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada (m²)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	12	250	—	3000	3
Fotocopiadora	1	300	—	300	0,3
Iluminación media	—	3	408	1224	1,22
Total calor interno, KW (E)					4,524
CARGA TÉRMICA TOTAL PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO (KW) (A+B+C-D-E)					9,284

Tabla 20. Cálculo carga térmica para calefacción en invierno.

2.2.3.3 CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN

La carga térmica de refrigeración se define como:

$$Q_{TC} = Q_{TRANS} + Q_{REN} + Q_{INF} + Q_{PERSONAS} + Q_{EQUIPOS}$$

(Ec. 14)

Siendo:

- Q_{TRANS} , *carga térmica de transmisión*

$$Q_{TRANS} = U * A * (T_{exterior} - T_{interior})$$

(Ec. 15)

Siendo,

U= Transmitancia térmica del cerramiento (W/m²*k)

A= Superficie del cerramiento exterior (m²)

Tinterior = Temperatura interior confort en verano (24°C)

Texterior = Temperatura exterior (36 °C en el exterior y 18 °C en el parking)

- Q_{REN} , *carga térmica de renovación*

$$Q_{REN} = m * Cp * (T_{exterior} - T_{interior})$$

(Ec. 16)

Siendo,

m= caudal volumétrico de aire de renovación (Kg/s), renovado cada hora según RITE y se calcula como:

$$m = \frac{\text{volumen edificio}(m^3) * \text{densidad aire}(1,18 \text{ kg}/m^3)}{3600 \text{ seg}}$$

Cp= calor específico del aire (1000 j / kg*k)

Tinterior = Temperatura interior confort en invierno (24°C)

Texterior = Temperatura exterior (36 °C)

- Q_{INF} , *carga térmica de infiltración*

$$Q_{INF} = m * Cp * (T_{exterior} - T_{interior})$$

(Ec. 17)

Siendo,

m= caudal volumétrico de aire de infiltración (kg/s), que se calcula como el 25% del caudal volumétrico de aire de renovación.

Cp= calor específico del aire (1000 j / kg*k)

Tinterior = Temperatura interior confort en invierno (24°C)

Texterior = Temperatura exterior (36 °C)

- $Q_{PERSONAS}$, *carga térmica de las personas*

$$Q_{PERSONAS} = n^{\circ}personas * q$$

(Ec. 18)

Siendo,

q= calor desprendido por una persona (100W)

- $Q_{EQUIPOS}$, *carga térmica del equipamiento del edificio*

$$Q_{EQUIPOS} = \sum Potencia\ equipo * n^{\circ}equipos$$

(Ec. 19)

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la carga térmica de refrigeración del edificio:

CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			Características edificio		
Temperatura interior, Ti (°C)	Temperatura exterior, Ts (°C)	Diferencia de temperatura, ΔT (°C)	Superficie total útil (m²)	Altura libre (m)	
24	36	12	408	2,7	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie de cerramiento (m²)	Transmitancia (W/m² K)	ΔT (°C)	Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Muro exterior	389,77	0,251	12	1173,987	1,174
Cubierta	204	0,341	12	834,768	0,835
Suelo sobre parking	204	0,346	-6	-423,504	-0,424
Ventanas	34,95	2,127	12	892,064	0,892
Total de transmision con el exterior, KW (A)					2,477
Renovación del aire	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorifica del aire (W/kg*K)	ΔT (°C)	Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Una renovación por hora	0,361	1000	12	4332,96	4,333
Total de renovación del aire, KW (B)					4,333
Infiltraciones	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorifica del aire (W/kg*K)	ΔT (°C)	Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Cerramientos	0,09	1000	12	1080	1,08
Total de infiltraciones, KW (C)					1,08
Calor interno	Número de personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Personas	16	100		1600	1,6
Total calor sensible interno, KW (D)					1,6
Equipamiento e iluminación	Número de aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada (m²)	Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Ordenador	12	250	—	3000	3
Fotocopiadora	1	300	—	300	0,3
Iluminación media	—	3	408	1224	1,224
Total calor interno, KW (E)					4,524
CARGA TÉRMICA TOTAL PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO (KW) (A+B+C+D+E)					14,014

Tabla 21. Cálculo carga térmica para refrigeración en verano.

2.2.4 EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN

El sistema de climatización que se ha seleccionado será capaz de suministrar al edificio las necesidades energéticas que demande este tanto de calefacción como de refrigeración. El sistema se diseñará atendiendo a las condiciones más desfavorables a las que estará sometido (verano e invierno) siendo así capaz de abastecer al edificio durante el resto del año.

El sistema de climatización elegido es una bomba de calor geotérmica que abastecerá la demanda energética del edificio mediante un circuito cerrado de un líquido con unas características determinadas el cual absorberá o cederá calor al edificio y al terreno según la demanda que se le exija a este. Las sondas geotérmicas por las cuales circulará el líquido en el terreno se situarán en el parking subterráneo del edificio.

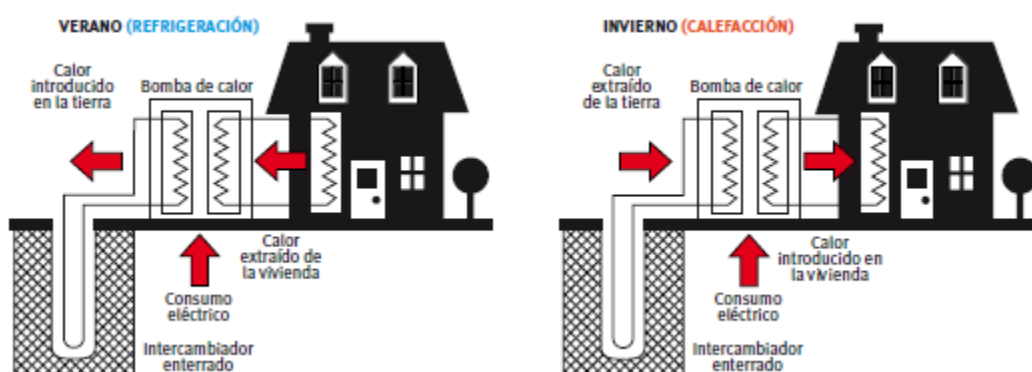


Figura 14. Esquema de funcionamiento bomba de calor modo calefacción o refrigeración.

2.2.4.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

El procedimiento que se seguirá para el diseño de la instalación será el establecido en la Guía Técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado, desarrollada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE] [1].

Los pasos a seguir para el diseño del equipo de climatización son los siguientes:

- Elección de la bomba de calor
- Elección del fluido circulante
- Elección de la configuración a emplear
- Elección de los tubos
- Dimensionamiento del intercambiador de calor enterrado
- Selección de la bomba de circulación

2.2.4.2 ELECCIÓN DE LA BOMBA DE CALOR

La elección de la bomba de calor se realizará atendiendo al cálculo de cargas térmicas del edificio, el cual se ha realizado en los apartados anteriores siguiendo con lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) [3].

Las especificaciones de la bomba de calor fijarán varios parámetros de diseño del intercambiador enterrado ya que nos determinará el calor cedido o absorbido con el suelo y el caudal de líquido necesario para el intercambiador de calor, además de fijar el rendimiento del sistema COP en modo calefacción y EER en modo refrigeración. El COP y EER de una bomba de calor representa la relación entre la capacidad térmica de la bomba (Q) y la potencia eléctrica consumida para suministrarla (W).

Para la elección de la bomba se tendrá en cuenta la máxima potencia necesaria que le vamos a exigir a esta, en nuestro caso la máxima potencia será la de refrigeración (14,014 KW) según los cálculos de cargas térmicas anteriormente realizados. Además de esto elegiremos una bomba la cual nos permita tanto refrigerar como calefactar. Por último se elegirá una bomba con una potencia levemente superior a la calculada para que esta no funcione a máxima potencia evitando posibles fallos y averías mecánicas.

La bomba elegida es una bomba de calor agua-agua de la marca Buderus Logatherm, con las siguientes características:

FABRICANTE	MODELO	POTENCIA FRIGORÍFICA (KW)	EER	POTENCIA DE CALDEO (KW)	COP	Caudal necesario (m3/h)
Buderus Logatherm	WPS 16 R	15,4	3,76	16	4,57	2,8

Tabla 22. Datos técnicos bomba de calor.

La ficha técnica de la bomba se adjunta en el apartado de Anexos.

2.2.4.3 ELECCIÓN DEL FLUIDO CIRCULANTE

El fluido circulante por el intercambiador de calor enterrado es agua con anticongelante Etilenglicol al 30% en volumen dado que la guía técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado IDAE, recomienda este fluido dado que es posible que el intercambiador geotérmico tenga riesgo de congelación. El fluido elegido tiene las siguientes características según la guía técnica IDAE [1]:

Propiedades	Etilenglicol
Densidad a 20°C (g/cm ³)	0,9259
Punto congelación °C (30% volumen)	-13
Punto ebullición °C	197
Calor Específico a 15°C (Kj/Kg*K)	2,185
Viscosidad a 0°C (Pa*s)*10 ⁻³	57,4
Viscosidad a 20°C (Pa*s)*10 ⁻³	20,9
Viscosidad a 40°C (Pa*s)*10 ⁻³	9,5
Conductividad térmica a 20°C (KW/m*K)*10 ⁻³	0,26

Tabla 23. Propiedades del fluido circulante.

2.2.4.4 ELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DEL INTERCAMBIADOR

La configuración empleada para el intercambiador de calor será vertical dado que no disponemos de espacio suficiente como para emplear una horizontal.

Además con la configuración vertical la radiación solar no influirá dado que las sondas se encuentran a mayor profundidad manteniéndose constante la temperatura a partir de los 10 metros de profundidad independientemente del tipo de suelo en el que nos encontremos. El siguiente gráfico extraído de la Guía Técnica de IDAE [1] muestra lo comentado anteriormente comentado:

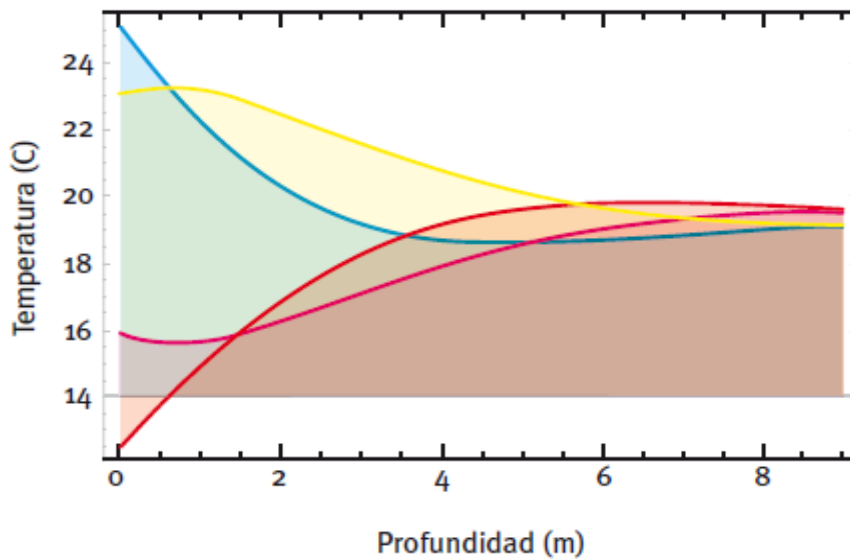


Figura 15. Evolución de la temperatura con la profundidad.

Estas configuraciones verticales permiten la ejecución de grandes instalaciones debido a la menor superficie a perforar y al mayor rendimiento obtenido.

Las sondas geotérmicas elegidas para intercambiar el calor con el suelo son de doble U, dado que estas sondas son las más usuales dado su relación coste y rendimiento, y consiguiendo reducir así el número de sondeos a realizar y por tanto abaratando el coste de instalación.

La distancia entre sondas según la Guía técnica IDAE debe ser superior a 6 metros para evitar que interactúen unos sondeos con otros. En este proyecto la distancia entre sondeos será de 8 metros.

Por otro lado la configuración según la trayectoria del fluido será de tipo en serie, que aunque su coste de instalación es más elevado dado que se necesita un diámetro mayor de tubo lo que implica mayor cantidad de anticongelante y la longitud queda limitada por la caída de presión del fluido, presenta las siguientes ventajas:

- La trayectoria del fluido está perfectamente definida.
- El aire atrapado puede ser eliminado con facilidad (purga).
- Funcionamiento térmico más alto por metro lineal de tubo dado que se requiere de un diámetro superior.

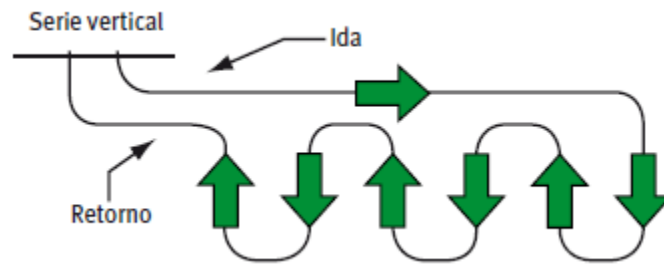


Figura 16. Configuración en serie vertical

Por último la profundidad de los sondeos a realizar la determinaremos más adelante dado que dependerán del material de los tubos y otras características del terreno.

La siguiente tabla muestra un resumen de lo anteriormente descrito:

Configuración	Vertical
Configuración según trayectoria del fluido	En serie
Tipo de sonda	Doble U
Distancia entre perforaciones	8 metros

Tabla 24. Resumen de la configuración empleada.

2.2.4.5 ELECCIÓN DE LOS TUBOS

2.2.4.5.1 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES

El Polietileno (PE) es uno de los materiales más comunes en los intercambiadores de calor enterrados. Se usará este material dado que es flexible, resistente y puede unirse mediante fusión por calor formando empalmes más fuertes que el tubo mismo.

Este material está recomendado por la Guía Técnica IDAE [1].

2.2.4.5.2 ELECCIÓN DEL DIÁMETRO

La elección del diámetro de la tubería debe llegar a un compromiso entre la caída de presión y el funcionamiento térmico, ya que el diámetro tiene que cumplir las siguientes especificaciones:

- Debe ser lo suficientemente grande para producir una pérdida de carga pequeña, necesitando así menor potencia para bombear el líquido que circula por el mismo.
- Debe ser lo suficientemente pequeño para que el líquido circule a alta velocidad y así garantizar turbulencia del fluido dentro del tubo, favoreciendo así el traspaso térmico.

La condición de turbulencia es:

$$Re = \frac{4 * Q}{\pi * \theta * D} > 2300 \quad (\text{Ec. 20})$$

Siendo,

Re=número de Reynolds

Q= caudal bomba (m³/s)

D= diámetro del tubo (m)

Θ= viscosidad cinemática del fluido (m²/s) a 20 °C, cuyo cálculo se realiza dividiendo la viscosidad dinámica (Pa*s) entre su densidad (Kg/m³). Su valor es de 2,26*10⁻⁵ m²/s.

Por tanto para que se cumpla la condición de turbulencia:

$$D < \frac{4 * Q}{\pi * \theta * 2300} = \frac{4 * 7,78 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 2,26 * 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} * 2300} = 0,0191 \text{ m} = 19,1 \text{ mm}$$

Ya que se ha calculado el diámetro máximo para asegurar la turbulencia del fluido en el interior de las tuberías, se procede a elegir el diámetro. Para la elección del diámetro interior final se utiliza la norma UNE EN ISO 15875-5:2004 [7] donde se elige la tubería de Polietileno Reticulado con las siguientes características:

Material	Polietileno reticulado (PE-R)
Serie	3,2
Diámetro exterior (mm)	25
Espesor (mm)	3,5
Diámetro interior (mm)	18
Presión máxima de trabajo (bar)	12,5
Temperatura fluido (°C)	60

Tabla 25. Características tubería intercambiador de calor enterrado.

2.2.4.6 LONGITUD DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR ENTERRADO

El intercambio de calor viene fijado por la diferencia de temperatura entre el terreno y el fluido que circula por el intercambiador, por tanto se hace necesario el cálculo de estas temperaturas para dimensionar el intercambiador enterrado. Para ello se seguirá con lo establecido en la guía técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado IDAE [1], donde se indica el cálculo de los siguientes apartados.

2.2.4.6.1 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DEL TERRENO

Para calcular las temperaturas máximas y mínimas del terreno se usarán las siguientes ecuaciones:

- Para la temperatura máxima (T_L):

$$T_L(X_S) = T_m - A_s * e^{(-X_S * \sqrt{\frac{\pi}{365 * \alpha}})} \quad (\text{Ec. 21})$$

- Para la temperatura mínima (T_H):

$$T_H(X_S) = T_m - A_s * e^{(-X_S * \sqrt{\frac{\pi}{365 * \alpha}})} \quad (\text{Ec. 22})$$

Donde,

T_m = Temperatura media del terreno. Se asume como la temperatura seca media anual del lugar.

A_s = Amplitud anual de la temperatura media diaria. En los sistemas verticales se puede considerar 0.

α = Difusividad térmica del terreno. Depende del tipo de suelo y del contenido en agua.

Dado que el sistema que hemos elegido con anterioridad es vertical, las temperaturas máximas y mínimas son iguales y su valor corresponde con la temperatura media anual.

Esto es debido a que la temperatura de la tierra se mantiene constante a partir de los 8 metros de profundidad como muestra la siguiente gráfica:

$$T_L = T_H = T_m$$

(Ec. 23)

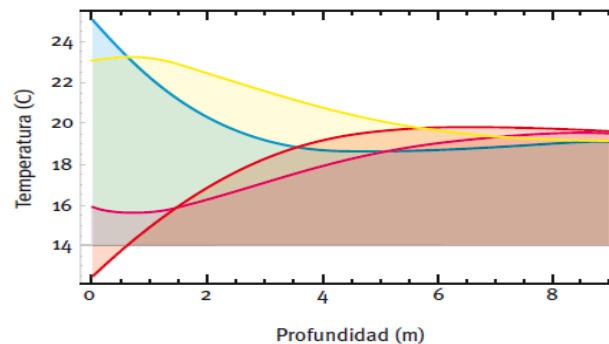


Figura 17. Variación de la temperatura con la profundidad.

La siguiente figura extraída de la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET [8], nos muestra los valores de temperaturas de Jaén:

Valores climatológicos normales. Jaén													
Periodo: 1983-2010 - Altitud (m): 580 Latitud: 37° 46' 39" N - Longitud: 3° 48' 32" O - Posición: Ver localización													
Exportar a csv													
Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I	
Enero	8.6	12.1	5.1	55	70	6.4	0.4	0.1	1.5	1.6	-	-	
Febrero	10.3	14.0	6.6	50	65	6.2	0.3	0.1	0.7	0.6	-	-	
Marzo	13.1	17.4	8.9	44	59	5.0	0.3	0.2	0.5	0.3	-	-	
Abril	14.5	19.0	10.0	54	58	7.0	0.0	0.5	0.2	0.0	-	-	
Mayo	18.2	23.2	13.3	43	55	5.6	0.0	0.9	0.2	0.0	-	-	
Junio	23.7	29.4	18.1	18	-	2.0	0.0	0.9	0.3	-	-	-	
Julio	27.6	33.7	21.4	2	40	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	-	-	
Agosto	26.9	32.9	21.0	9	45	0.7	0.0	0.5	0.0	0.0	-	-	
Septiembre	22.8	27.7	17.8	26	54	2.6	0.0	1.0	0.1	0.0	-	-	
Octubre	17.9	21.9	13.8	55	64	5.9	0.0	0.5	0.4	0.0	-	-	
Noviembre	12.3	15.7	8.9	62	70	6.9	0.0	0.1	0.9	0.1	-	-	
Diciembre	9.5	12.8	6.3	75	72	7.6	0.1	0.3	1.6	0.6	-	-	
Año	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Leyenda

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

Figura 18. Temperaturas en la provincia de Jaén

Dado que el valor de temperatura media anual no está disponible, realizamos la suma de las temperaturas (T) de todos los meses y la dividimos entre 12, obteniendo así el siguiente valor de la temperatura media anual T_m :

$$T_L = T_H = T_m = 17,1\text{ }^{\circ}\text{C}$$

(Ec. 24)

2.2.4.6.2 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA DE ENTRADA DEL FLUIDO A LA BOMBA DE CALOR

El fluido circulante por las tuberías del intercambiador geotérmico intercambia calor con el evaporador cuando funciona en modo calefacción e intercambia calor con el condensador cuando funciona en modo refrigeración.[1]

La bomba de calor escogida opera con las siguientes características:

- Rango temperatura entrada evaporador = (7-12) ° C
- Rango temperatura entrada condensador= (30-35) ° C

Con lo que las temperaturas máximas y mínimas de entrada son:

$$T_{MIN} = 7^{\circ}\text{C}$$

$$T_{MAX} = 35^{\circ}\text{C}$$

2.2.4.6.3 CÁLCULO DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL TERRENO Y EL CIRCUITO

Para los ciclos de calefacción hay que calcular la diferencia de temperatura entre el mínimo de la temperatura del terreno (T_L) y la temperatura mínima del fluido de la bomba de calor (T_{MIN}). En el caso de la refrigeración, hay que calcular la diferencia entre la temperatura del fluido máxima de la bomba de calor que entra (T_{MAX}) y la temperatura máxima del terreno (T_H).[1]

En el apartado 2.2.4.6.1 se ha calculado que:

$$T_L = T_H = T_m = 17,1\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{Ec. 25})$$

Por tanto:

- Cuando la bomba de calor opera en modo calefacción:

$$T_L - T_{MIN} = 17,1\text{ }^{\circ}\text{C} - 7\text{ }^{\circ}\text{C} = 10,1\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{Ec. 26})$$

- Cuando la bomba de calor opera en modo refrigeración:

$$T_{MAX} - T_H = 35\text{ }^{\circ}\text{C} - 17,1\text{ }^{\circ}\text{C} = 17,9\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (\text{Ec. 27})$$

2.2.4.6.4 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LOS TUBOS AL FLUJO DE CALOR

La siguiente expresión determina la resistencia térmica de las tuberías del intercambiador enterrado [1]:

$$R_p = \frac{1}{2 * \pi * k_p} * \ln\left(\frac{D_0}{D_1}\right) \quad (\text{Ec. 28})$$

Donde:

D_0 = Diámetro exterior del tubo (m)

D_1 = Diámetro interior del tubo (m)

K_p = Conductividad térmica del material del tubo ($\text{W/m}^{\circ}\text{K}$). Se obtiene este valor de la norma UNE-EN ISO 15875-1:2004. Su valor es de $0,43\text{ W/m}^{\circ}\text{K}$

$\ln$ = Logaritmo neperiano

Por tanto:

$$R_p = \frac{1}{2 * \pi * 0,43} * \ln\left(\frac{25}{18}\right) = 0,121\text{ m}^{\circ}\text{K/W}$$

2.2.4.6.5 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TÉRMICA DEL TERRENO

La resistencia térmica del terreno (R_s) se define como la inversa de la conductividad térmica del terreno. La conductividad térmica es una propiedad característica del terreno pues esta depende directamente del material que lo forme.

Este valor se puede calcular en laboratorio mediante pruebas de conductividad sobre parte de terreno recogido o se puede determinar mediante un test de respuesta térmica del terreno. Estos métodos son los recomendables para grandes instalaciones dado que nos supondrá un importante ahorro económico.

Para pequeñas instalaciones como la que se realiza en el presente proyecto, la resistencia térmica del terreno se puede estimar mediante tablas las cuales nos dará el valor de resistencia térmica del terreno según el material presente en este. Para ello utilizaremos los mapas geológicos que nos pone a disposición el Instituto Geológico y Minero de España [9].

El presente proyecto se realizará en Martos (Jaén) el cual le corresponde el MAGNA 50 (2ª Serie) con la siguiente información:

- MAGNA 50 (2ª Serie)
- Número Hoja: 946
- Nombre: MARTOS
- División: 18-38
- Huso 30

El mapa geológico se adjunta en el apartado de Anexos.

Según el mapa geológico nos encontramos con una matriz limo-arcillosa, la cual se conoce que esta se encuentra saturada de agua a partir de aproximadamente 40 metros de profundidad dado que se ha preguntado a varios terrenos próximos que tienen realizados sondeos para la extracción de agua, dándonos esta profundidad.

Según lo anterior se decide coger un valor intermedio entre arcilla-limo seca y arcilla-limo saturada de agua. La Guía Técnica IDAE [1], nos da los siguientes valores de conductividad térmica para estos materiales:

Tipo de roca	Conductividad térmica (W/mK)			Capacidad térmica volumétrica (MJ/m³K)
	Mín.	Valor típico	Máx.	
Rocas magmáticas				
Basalto	1,3	1,7	2,3	2,3-2,6
Diorita	2	2,6	2,9	2,9
Gabro	1,7	1,9	2,5	2,6
Granito	2,1	3,4	4,1	2,3-3,0
Peridotita	3,8	4	5,3	2,7
Riolita	3,1	3,3	3,4	2,1
Rocas metamórficas				
Gneis	1,9	2,9	4	1,8-2,4
Mármol	1,3	2,1	3,1	2
Metacuarcita		aprox. 5,8		2,1
Mica esquistos	1,5	2	3,1	2,2
Esquistos arcillosos	1,5	2,1	2,1	2,2-2,5
Rocas sedimentarias				
Caliza	2,5	2,8	4	2,3-2,4
Marga	1,5	2,1	3,5	2,2-2,3
Cuarcita	3,6	6	6,6	2,3-2,2
Halita	5-3	5-4	6-4	1,2
Arenisca	1,3	2,3	5,1	1,6-2,8
Limolitas y argilitas	1,1	2,2	3,5	2,3-2,4
Rocas no consolidadas				
Grava, seca	0,4	0,4	0,5	1,4-1,6
Grava, saturada de agua		aprox. 1,8		aprox. 2,4
Arena, seca	0,3	0,4	0,8	1,3-1,6
Arena, saturada de agua	1,7	2,4	5	2,2-2,9
Arcilla/limo, seco	0,4	0,5	1	1,5-1,6
Arcilla/limo, saturado de agua	0,9	1,7	2,3	1,6-3,4
Turba	0,2	0,4	0,7	0,5-3,8
Otros materiales				
Bentonita	0,5	0,6	0,8	aprox. 3,9
Hormigón	0,9	1,6	2	aprox. 1,8
Hielo (-10°C)		2,32		1,87
Plástico (PE)		0,39		
Aire (0 - 20 °C, seco)		0,02		0,0012
Acero		60		3,12
Agua (+10 °C)		0,58		4,19

Figura 19. Conductividad térmica según el tipo de terreno.

El valor medio de conductividad térmica para este terreno es de 1,1 W/m*k.

Por lo tanto la resistencia térmica (R_s) del terreno se define como la inversa de la conductividad térmica:

$$R_s = \frac{1}{1,1 \text{ W/m} * k} \quad (\text{Ec. 29})$$

$$R_s = 0,9 \text{ m} * k/W$$

2.2.4.6.6 CÁLCULO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN

Además de la potencia de la bomba de calor, en el diseño de los sistemas geotérmicos es imprescindible conocer la demanda energética del edificio, ya que solo cuando la bomba de calor esté en funcionamiento el intercambiador de calor absorberá o cederá calor al terreno. Debido a que la bomba de calor se dimensiona para las condiciones más desfavorables en las que va a funcionar esta, cuando la carga térmica del edificio sea inferior a la potencia de la bomba de calor, ésta funcionará de forma intermitente. Este aspecto afectará a la resistencia térmica del terreno ya que para el cálculo de esta se tiene que saber la cantidad de calor que llega a inyectarse o absorberse.

El factor de utilización (F), tanto para refrigeración como para calefacción, representa la fracción de tiempo que está en marcha la bomba de calor y, por tanto, el tiempo de funcionamiento estacional de la instalación [1].

Una manera simple de calcular la carga térmica es asumir es asumir que ésta es función lineal de la temperatura del aire exterior. Por lo tanto, se deben tener cuatro puntos para poder determinar dicha función (dos de refrigeración y dos de calefacción). Por un lado, se conoce que la carga máxima de calefacción (9,284 KW) para una temperatura de aire exterior de 0,8°C y la carga máxima de refrigeración (14,014 KW) para una temperatura de aire exterior de 36°C. Por otro lado se asume que el sistema solo demandará calor cuando la temperatura del aire sea inferior a 16°C y solo demandará frío cuando la temperatura sea superior a 21°C. La siguiente gráfica recoge los puntos necesarios para el cálculo de la función lineal del factor de utilización:

	Temperatura (°C)	Carga (KW)
Refrigeración VERANO	36	14,014
	21	0
Calefacción INVIERNO	0,8	9,284
	16	0

Tabla 26. Puntos de la función lineal del factor de utilización.

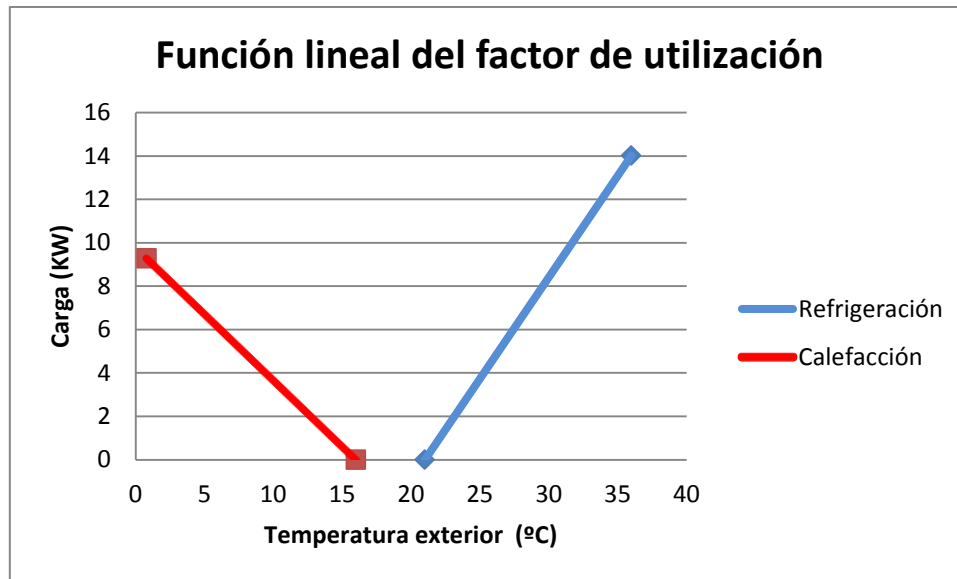


Figura 20. Gráfico de la función lineal del factor de utilización.

Las ecuaciones obtenidas del gráfico anterior son:

- Calefacción

$$y = -0,6108x + 9,7726$$

$$\text{Carga (KW)} = -0,6108 \cdot \text{temperatura (°C)} + 9,7726$$

(Ec. 30)

- Refrigeración

$$y = 0,9343x - 19,62$$

$$\text{Carga (KW)} = 0,9343 \cdot \text{temperatura (°C)} - 19,62$$

(Ec. 31)

De esta manera es posible calcular la carga térmica del edificio para una temperatura exterior dada.

El factor de utilización de la bomba de calor se ha calculado en una hoja de cálculo la cual se encuentra en el apartado de Anexos. En esta hoja aparecen los siguientes términos:

- Mes: Mes en el que se realiza el cálculo.
- Tmedia (°C): Temperatura media del mes obtenida de la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET [8].
- Rango T (°C): Intervalo de temperaturas en el que se realiza el cálculo en incrementos de 1°C.

- Text media (°C): Valor medio del rango
- N° horas (Bin Hours): Número de horas que se da el rango de temperaturas en un mes. Estos datos han sido obtenidos (aproximadamente) de la Agencia Estatal de Meteorología concretamente de los datos de temperaturas pertenecientes al año 2012.
- Carga edificio (KW): Carga térmica del edificio para una temperatura exterior dada. Se ha obtenido con las funciones lineales anteriormente calculadas.
- Potencia bomba de calor (KW): Potencia capaz de proporcionar la bomba de calor escogida.
- Fracción en marcha: Cociente entre la carga del edificio y la potencia de la bomba de calor. Esta define cuanta carga térmica se está proporcionado al edificio en cada intervalo de temperaturas.
- Horas marcha: Se calcula como el N° de horas (Bin Hours) multiplicadas por la fracción en marcha. Se define como las horas de funcionamiento de la bomba de calor en un intervalo de temperaturas.

Tras realizar estos cálculos se calculan las horas totales de funcionamiento correspondientes al periodo de calefacción y refrigeración. Se ha supuesto que la bomba de calor funcionará 10 horas al día.

Por último, para cada periodo (calefacción y refrigeración), se divide el total de horas en marcha entre el total de horas de funcionamiento, obteniendo así los siguientes factores de utilización:

$$\text{Factor utilización calefacción } (f_{\text{calefacción}}) = 0,26$$

$$\text{Factor utilización refrigeración } (f_{\text{refrigeración}}) = 0,54$$

La hoja de cálculo del factor de utilización se adjunta en el apartado de Anexos.

2.2.4.6.7 CÁLCULO DE LA LONGITUD DEL INTERCAMBIADOR ENTERRADO

Una vez calculados todos los parámetros anteriores necesarios para el cálculo de la longitud del intercambiador enterrado se procede al cálculo de dicha longitud:

- Para calefacción:

$$Longitud_{\text{calefacción}} = \frac{Q_{\text{calefacción}} * \frac{COP - 1}{COP} * (R_p + R_s * f_{\text{calefacción}})}{T_L - T_{MIN}} \quad (\text{Ec. 32})$$

$$Longitud_{\text{calefacción}} = \frac{16 * 1000 * \frac{4,57 - 1}{4,57} * (0,121 + 0,9 * 0,26)}{17,1 - 7} = 439.32 \text{ m} \quad (\text{Ec. 33})$$

- Para refrigeración:

$$Longitud_{refrigeración} = \frac{Q_{refrigeración} * \frac{EER - 1}{EER} * (R_p + R_s * f_{refrigeración})}{T_{MAX} - T_H} \quad (\text{Ec. 34})$$

$$Longitud_{refrigeración} = \frac{15,4 * 1000 * \frac{3,76 - 1}{3,76} * (0,121 + 0,9 * 0,54)}{35 - 17,1} = 383,33 \text{ m} \quad (\text{Ec. 35})$$

Calculadas las longitudes necesarias, se elige la más desfavorable (calefacción). Por lo tanto la longitud del intercambiador de calor enterrado necesaria es de:

$$Longitud \text{ intercambiador} = 439,32 \text{ m}$$

Dado que las sondas elegidas son de doble U, cada sondeo cuenta con 4 tubos:

$$Longitud \text{ intercambiador (Doble U)} = \frac{439,32}{4} = 110$$

Dadas las consideraciones anteriores se realizarán dos sondeos de 55 metros cada uno.

Longitud sondeo (m)	Nº Sondeos
55	2

Tabla 27. Longitud y número de sondeos.

2.2.4.7 PERFORACIÓN DE LOS SONDEOS GEOTÉRMICOS

Una vez calculada la longitud necesaria para intercambiar el calor del edificio, en este apartado se describirá el procedimiento a seguir para la realización de los sondeos. Se realizarán dos perforaciones de 55 metros cada una, con un diámetro mínimo de 180 mm para una fácil introducción de las sondas y el encamisado.

- Ejecución del sondeo

El método de perforación dependerá de la resistencia a la compresión de la roca y de la estabilidad de las paredes del sondeo. La resistencia a la compresión de las arcillas y limos es baja. La perforación se realizará mediante rotación directa con tricono que resulta válida este tipo de terreno y se procederá al encamisado metálico para evitar derrumbamientos de las paredes del sondeo. Se encamisará simultáneamente a la perforación y se emplearán los medios adecuados para recuperar la camisa metálica una vez realizado el sondeo [1].

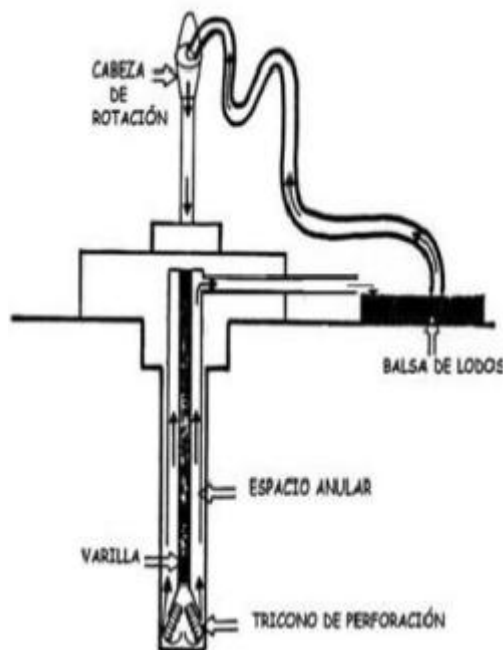


Figura 21. Esquema perforación.

La empresa Edasu, experta en la realización de sondeos geotérmicos, nos recomienda operar con las siguientes características:

- ✓ Par: 7000-8000 Nm
- ✓ Velocidad de rotación :120-140 rpm
- ✓ Empuje: 4000 Kg
- ✓ Velocidad de descenso: 0,9 m/s
- ✓ Velocidad de ascenso: 0,7 m/s

- Introducción de la sonda

Una vez alcanzada la profundidad deseada se retirara el varillaje y se introducirán las sondas geotérmicas, rellenas de agua para facilitar su introducción y así evitar malformaciones en las tuberías. La introducción de las sondas se realizará por gravedad ayudándose de un desarrollador mecánico que facilite la introducción. La manipulación de las tuberías se realizará con cuidado para no dañarlas con la tubería metálica del encamisado. Se colocará una pesa en el fondo para facilitar la introducción y además se le instalara separadores para que las sondas no estén en contacto directo unas con otras.



Figura 22. Introducción de las sondas geotérmicas.

- Inyección del mortero geotérmico

Una vez introducida la sonda los extremos salientes de la tubería se protegerán con tapones para evitar así la introducción de tierra u otros materiales hasta la realización de las pruebas de presión.

Finalizada la colocación de la sonda se procederá al rellenado del para:

- ✓ Garantizar una buena transferencia de calor.
- ✓ Aislar la perforación de posibles flujos de agua.

El relleno del sondeo se realizará con morteros específicos para geotermia, como una mezcla de cemento-bentolita que son impermeables [1].

Una vez realizado el sondeo este quedará de la siguiente forma:

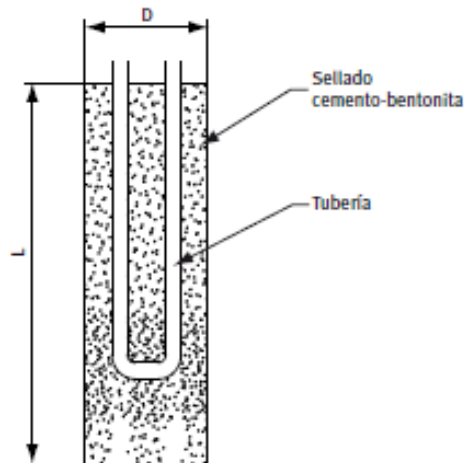


Figura 23. Esquema final sondas geotérmicas.

- Pruebas de presión

Una vez que se han introducido las sondas geotérmicas y antes del relleno del sondeo se realizarán las pruebas de presión correspondientes [1]. Se seguirán los siguientes pasos:

1. Se limpiará el interior de la tubería con agua a presión para el eliminar posibles partículas que se hayan introducido. Para una correcta limpieza la velocidad del agua será como mínimo de 6 m/s.
2. Se realizará un prueba conjunta de estanqueidad y resistencia con las siguientes condiciones:
 - ❖ La presión de prueba será como mínimo 3 veces la presión de servicio y como máximo el 80% de presión nominal de la tubería.
 - ❖ El tiempo de duración será de 1 hora.
 - ❖ La caída de presión máxima admisible será de 3%

En los primeros minutos se esperará a la estabilización del manómetro, presurizando si es necesario hasta alcanzar la presión convenida.

2.2.4.8 ELECCIÓN DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN

La bomba de calor seleccionada ya dispone de una bomba de circulación para el bucle enterrado por lo que no es necesario incorporar una bomba de circulación.

2.2.4.9 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

En el presente proyecto se propone una instalación nueva de terminales en el edificio para suministrar a este las necesidades caloríficas y frigoríficas que demande. El sistema elegido para climatizar el edificio estará compuesto por fan coils, y su cálculo se realiza en los siguientes apartados.

2.2.4.9.1 UNIDADES TERMINALES

El conjunto de unidades terminales del sistema de climatización está formado por fan coils. El número de fan coils necesarios vendrá determinado por la potencia de cada fan coil y la potencia necesaria para climatizar el edificio. Además se llegará a un consenso entre la carga térmica a suministrar al edificio y una correcta distribución de los fan coils para una correcta climatización, colocando un fan coil en todos los despachos individuales y un mayor número en los despachos comunes.

El principio de funcionamiento del fan coil se basa en un ventilador centrífugo que aspira el aire a través de una rejilla y este se calienta o enfría a través de una batería de intercambio la cual se alimenta con agua caliente o fría según la demanda del edificio. El aire se impulsa mediante microtoberas de difusión.

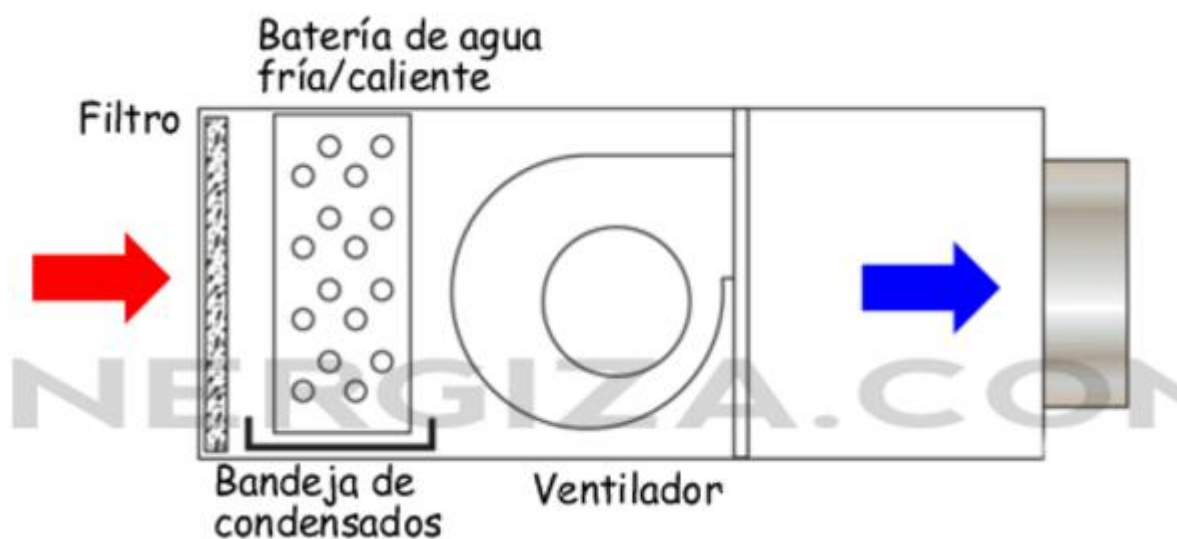


Figura 24. Esquema funcionamiento fan coil.

El sistema de climatización final será una serie de fan coils colocados sobre el suelo del edificio y una red de conductos de agua que alimenten a estos.

En la siguiente tabla se resumen las principales características de los fan coil utilizados:

Características Fan coil FWV01DT	
Potencia frigorífica (KW)	1,54
Potencia calorífica (KW)	2,14
Caudal de aire (m ³ /h)	319
Total unidades	13

Tabla 28. Características de los fan coil.

2.2.4.9.2 CIRCUITO HIDRÁULICO

El circuito hidráulico será el encargado de llevar el agua fría o caliente desde la bomba de calor hasta los fan coil. Estará compuesto por tubería, codos, válvulas que garanticen las condiciones para las cuales ha sido diseñado el sistema. Se dispondrá de un circuito de impulsión y otro de retorno a la bomba de calor.

El diseño del circuito hidráulico estará basado en los niveles máximos de carga alcanzables en la instalación y en la velocidad máxima del agua que circula por las tuberías [10].

2.2.4.9.2.1 ELECCIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS

El caudal que debe transportar la red de tuberías vendrá dado por la potencia a transportar y el salto de temperatura. El caudal que necesita cada fan coil lo podemos obtener de la ficha técnica del fan coil, en este caso el caudal necesario es de 265 l/h.

La guía técnica de Instalaciones de climatización por agua realizada por IDAE [10], nos proporciona una tabla en la cual podemos obtener el diámetro de tubería en función del caudal o la potencia de cada fan coil. Esta tabla exige dos condiciones básicas para la selección del diámetro:

- La selección del diámetro de las tuberías deberá realizarse para una pérdida de presión máxima de 40 mm c.a. por metro de tubería.
- La velocidad del agua que circula por las tuberías será inferior a 1,2 m/s para evitar ruidos.

Dado que el equipo de climatización trabajará en invierno y verano se aplicará la tabla correspondiente a 10 °C por tener una mayor pérdida de carga. La tubería será de cobre y cumplirá con las condiciones exigidas por la norma UNE-EN 1057:2007+A1:2010 [11].

La siguiente figura muestra el diámetro de tubería de alimentación del fan coil, elegido cumpliendo con las condiciones anteriores:

TUBO DE COBRE (UNE-EN 1057)
AGUA A 10°C, PÉRDIDA DE PRESIÓN DE 40 mm c.a./m

Potencia (kW)	Caudal ($\Delta t=5^{\circ}\text{C}$) (l/h)	Caudal ($\Delta t=5^{\circ}\text{C}$) (l/s)	Diámetro nominal	Velocidad (m/s)	DP (mm c.a./m)
1	172	0,048	12 X 1,0 15 X 1,0	0,61 0,36	72,4 21,0
1,5	257	0,071	15 X 1,0 18 X 1,0	0,54 0,36	42,1 15,8
2	343	0,095	15 X 1,0 18 X 1,0	0,72 0,47	69,1 25,9
2,5	429	0,119	15 X 1,0 18 X 1,0	0,90 0,59	101,7 38,0
3	515	0,143	18 X 1,0 22 X 1,0	0,71 0,45	52,1 18,1
4	686	0,191	18 X 1,0 22 X 1,0	0,95 0,61	86,0 29,8
5	858	0,238	22 X 1,0 25 X 1,5	0,76 0,63	44,0 28,0

Figura 25. Diámetros de tuberías de alimentación del fan coil.

El fan coil elegido tiene una potencia de refrigeración de 1,54 KW y una potencia calorífica de 2,14 KW por lo que se obtienen los siguientes datos:

MODO	Diametro nominal (mm)
Refrigeración	18*1,0
Calefacción	18*1,0

Tabla 29. Diámetro de alimentación fan coil.

Este diámetro es el de alimentación a los fan coil desde la red general de distribución y la longitud de esta tubería será de algunos centímetros.

Para el diámetro de la red general de tuberías se sigue el procedimiento anterior, conocidos los caudales y potencia que deben circular por cada tramo. En la siguiente tabla se expresan los valores de estos tramos:

Tramo	Caudal (l/h)	Diámetro (mm)
1	3445	42*1,5
2	795	25*1,5
3	530	22*1
4	1590	35*1,5
5	530	22*1

Tabla 30. Diámetro de tubería circuito hidráulico.

2.2.4.9.2.2 AISLAMIENTO DE TUBERIAS

El circuito hidráulico que alimentará a los fan coil trabajará en un intervalo de temperaturas de 30-35°C en invierno y un intervalo de 7-12°C en verano.

El cálculo de los aislamientos de las tuberías puede realizarse por el método prescriptivo o simplificado, o por el método prestacional. Dado que se trata de una instalación de baja potencia utilizaremos el método prescriptivo o simplificado.

Este método prescriptivo o simplificado viene explicado detalladamente en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) en la Instrucción Técnica IT1.2.4.2.1.2 [3]. En la siguiente figura se puede calcular el espesor para un diámetro de tubería dado:

Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios								
Diámetro exterior tubería	$\lambda_{ref} = 0,040 \text{ (W/m}\cdot\text{K) a } 10^{\circ}\text{C}$				$\lambda = 0,035 \text{ (W/m}\cdot\text{K) a } 10^{\circ}\text{C}$			
	$T_{MAX \text{ DEL FLUIDO}}$		$T_{MIN \text{ DEL FLUIDO}}$		$T_{MAX \text{ DEL FLUIDO}}$		$T_{MIN \text{ DEL FLUIDO}}$	
	40 a 60 °C		> 0 a 10 °C		40 a 60 °C		> 0 a 10 °C	
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior
$D \leq 35$	25	35	20	40	20,5	28,3	16,6	32,1
$35 < D \leq 60$	30	40	30	50	25,0	33,0	25,0	40,8
$60 < D \leq 90$	30	40	30	50	25,4	33,5	25,4	41,5
$90 < D \leq 140$	30	40	40	60	25,6	34,0	34,0	50,3

Figura 26. Espesor de aislamiento.

El diámetro exterior de tubería utilizado para alimentar a los fan coil es de 18 mm y esta se encuentra en todo momento en el interior del edificio. Por tanto el espesor mínimo de aislamiento de las tuberías y los accesorios es de 25 mm para una conductividad de 0,040 (W/m*K).

Siguiendo este procedimiento anteriormente descrito, se calcula el espesor de aislamiento para la red general de distribución. Los resultados que se obtienen están recogidos en la siguiente tabla:

Tramo	Diámetro (mm)	Espesor aislamiento (mm)
1	42*1,5	30
2	25*1,5	25
3	22*1	25
4	35*1,5	25
5	22*1	25

Tabla 31. Espesor de aislamiento para cada tramo del circuito hidráulico.

2.2.4.9.3 BOMBA CIRCULADORA

La bomba circuladora será capaz de transmitir el caudal necesario a los fan coil. Esta tendrá la potencia necesaria para transportar el caudal hasta la unidad más desfavorable, con la velocidad del fluido que anteriormente se ha comentado, siendo capaces de aportar el salto de presión necesaria para esto.

El circuito hidráulico presenta la siguiente forma:

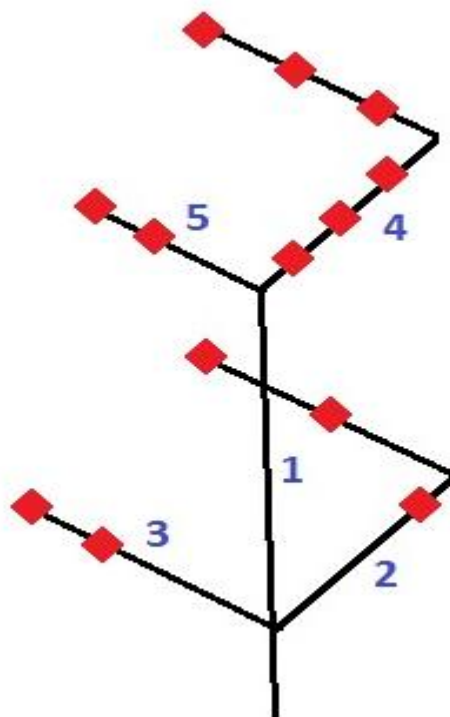


Figura 27. Esquema del circuito hidráulico.

Para la elección de la bomba de circulación se hace necesario el cálculo de la caída de presión en el circuito hidráulico. El cálculo de la caída de presión se realiza a continuación:

- Caída de presión en la red general de distribución (tuberías)

Es la caída de presión producida por el rozamiento con la tubería. Su valor se puede obtener de la tabla anteriormente expuesta para el cálculo del diámetro de tubería dado que esta tabla nos proporciona la caída de presión por metro lineal de tubería. Se obtienen los siguientes resultados:

Tramo	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Caída presión (mmca/m)	Caída presión (mca)
1	8	3445	42*1,5	0,85	23,5	0,188
2	27	795	25*1,5	0,63	28	0,756
3	11,6	530	22*1	0,52	23	0,2668
4	27,3	1590	35*1,5	0,55	14	0,3822
5	11	530	22*1	0,52	23	0,253
TOTAL:						1,846

Tabla 32. Cálculo de la caída de presión en el circuito hidráulico.

La caída de presión obtenida es de 1,846 m.c.a. Dado que la red general de distribución constará de dos redes (ida y retorno) se multiplicará este valor por 2. Por lo tanto la caída de presión en la red general de distribución es 3,692 m.c.a.

- Caída de presión en accesorios

Es la caída de presión producida por los accesorios de circulación del circuito hidráulico como son los codos, válvulas, etc. Este valor se puede calcular con un coeficiente K que nos proporciona el fabricante y con la velocidad del fluido, pero en la práctica, para pequeñas instalaciones este valor se suele estimar en el 20% de las pérdidas de carga en tuberías, tanto en la ida como en el retorno, por lo que se obtiene la siguiente caída de presión:

Caída presión (mca)	0,738
----------------------------	-------

Tabla 33. Caída de presión producida por los accesorios del circuito hidráulico.

- Caída de presión de los fan coil

La caída de presión producida en la batería de intercambio de calor de los fan coil nos la proporciona el fabricante. Los valores obtenidos son:

Nº Fan coil	13
Caída presión (mca)	1,32
Total (mca)	17,16

Tabla 34. Caída de presión producida por los fan coil.

- Caída de presión por la altura

Esta es la caída de presión producida por la altura del edificio que debe superar la bomba de circulación. Esta toma el valor de distancia desde la bomba de calor hasta la primera planta del edificio. Su valor es de:

Caída presión (mca)	10
----------------------------	----

Tabla 35. Caída de presión producida por la altura.

Por lo tanto la caída de presión total en el circuito hidráulico es la suma de los factores anteriormente descritos:

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{tuberías} + \Delta P_{accesorios} + \Delta P_{fancoil} + \Delta P_{altura}$$

(Ec. 36)

$$\Delta P_{total} = 3,692 \text{ mca} + 0,738 \text{ mca} + 17,16 \text{ mca} + 10 \text{ mca}$$

$$\Delta P_{total} = 31,59 \text{ mca}$$

Finalmente se ha de escoger una bomba de circulación que sea capaz de superar con las siguientes características del circuito hidráulico de la instalación:

Presión (mca)	31,59
Caudal (l/h)	3445

Tabla 36. Características necesarias de la bomba de circulación.

Con estos datos nos vamos a las tablas de especificaciones de bombas que nos proporciona el fabricante y elegimos la bomba que más se adecue a nuestra instalación. Siempre se tiene que elegir una bomba superior para que esta no trabaje a máxima potencia pudiéndose producir fallos mecánicos.

Tipo	KW	HP	V/min m³/h	0	20	25	30	35	40	45	50	60	73	100	120	141
				0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,6	4,4	6	7,2	8,5
NLX 3/6	0,55	0,75	m.c.a.	44,4	43,4	42,6	41,6	40,2	38,6	36,6	34,3	28,5	18,5			
NLX 3/7	0,75	1		52,5	51,8	51	50	48,7	47	45	42,5	36,1	24,6			
NLX 3/8	0,75	1		60	59,1	58,2	57	55,4	53,4	51	48,1	40,7	27,5			
NLX 3/10	1,1	1,5		75	73,8	72,7	71,3	69,3	66,9	63,8	60,2	51	34,5			
NLX 3/12	1,1	1,5		89,6	87,8	86,4	84,5	82,1	79,1	75,5	71,1	59,9	40,1			
NLX 3/13	1,5	2		98,1	96,7	95,4	93,5	91	87,8	83,9	79,2	67,2	45,6			
NLX 3/19	2,2	3		144,3	142,3	140,3	137,5	133,9	129,2	123,5	116,7	99,1	67,6			
NLX 3/21	2,2	3		159,3	156,9	154,6	151,4	147,3	142,1	135,7	128	108,5	73,6			
NLX 3/25	2,2	3		188,5	186,1	183,3	179,3	174,1	167,6	159,7	150,3	126,6	84,8			
NLX 3/27	3	4		204,4	201,7	198,8	194,7	189,4	182,7	174,4	164,5	139,4	94,4			
NLX 5/5	0,75	1	m.c.a.	38					36,4	36	35,5	34,5	32,9	28,2	23,5	17,1
NLX 5/7	1,1	1,5		52,7					50,7	50,1	49,5	48,1	45,8	39,1	32,2	23,1
NLX 5/8	1,1	1,5		60,1					57,6	57	56,2	54,6	51,8	44,1	36,2	25,8
NLX 5/9	1,5	2		68					65,5	64,8	64	62,2	59,3	50,6	41,9	30,2
NLX 5/11	1,5	2		82,8					79,3	78,4	77,5	75,2	71,4	60,7	49,9	35,6

Figura 28. Tabla especificaciones bomba circuladora.

Por lo tanto, la bomba elegida reúne las siguientes características:

Marca	Modelo	Potencia (KW)	Temperatura max fluido (°C)	Caudal (m³/h)	Altura (mca)
Ideal	NLX 3/10	1,1	120	4,4	34,5

Tabla 37. Descripción de la bomba elegida.

Se suministrara la bomba elegida con un variador de velocidad para que esta se ajuste a las necesidades de demanda.

En el apartado de Anexos se puede consultar la ficha técnica de la bomba de circulación.

2.2.4.9.4 VASO DE EXPANSIÓN

Debido a los cambios de volumen que se pueden producir debido a la diferencia de temperatura que se produce en el agua de la instalación, pueden hacer que el sistema no funcione en las condiciones para las que ha sido diseñado.

Por esta razón se hace necesaria la instalación de un vaso de expansión que sea capaz de absorber estos cambios de volumen.

El cálculo de los vasos de expansión se recoge en la norma UNE100-155, la cual indica el cálculo del volumen mínimo que ha de tener el vaso de expansión mediante la siguiente expresión:

$$V_t(l) = V(l) * C_e * C_p \quad (\text{Ec. 37})$$

Siendo

V_t = el volumen mínimo del vaso de expansión en litros.

V = Volumen del agua del circuito en litros.

C_e = Coeficiente expansión térmica

C_p =Coeficiente de presión

- V se calcula como el volumen de las tuberías que forman el circuito de agua y los fan coil.

$$V(l) = 67 \text{ litros}$$

- C_e se calcula como:

$$C_e = (3,24 * t^2 + 102,13 * t - 2708,3) * 10^{-6} \quad (\text{Ec. 38})$$

$$C_e = 4,83 * 10^{-3}$$

Siendo t la temperatura máxima que se alcanza en el circuito de 35 °C.

- C_p se calcula como:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} \quad (\text{Ec. 39})$$

Siendo P_m la presión mínima del vaso de expansión (presión de precarga del vaso) y P_M la suma de la presión máxima de las bombas de circulación anteriormente calculadas y P_m .

$$C_p = \frac{3,45 \text{ bar}}{3,45 \text{ bar} - 1,9 \text{ bar}} = 2,22$$

Con todo lo anterior obtenemos el volumen necesario del vaso del expansión:

$$V_t(l) = V(l) * C_e * C_p = 0,7 \text{ litros} \quad (\text{Ec. 40})$$

Las características del vaso de expansión elegido son las siguientes:

MARCA	MODELO	VOLUMEN (l)	PRESIÓN DE PRECARGA (bar)	PRESIÓN MÁXIMA (bar)
LIKITECH	480403	2	1,9	10

Tabla 38. Descripción del vaso de expansión elegido.

En el apartado de anexos se adjunta la ficha técnica del vaso de expansión

2.3 ANEXOS

2.3.1 HOJAS DE CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

2.3.1.1 HOJA DE CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN

CARGA TÉRMICA PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO					
Condiciones de cálculo			Características edificio		
Temperatura interior, Ti (°C)	Temperatura exterior, Ts (°C)	Diferencia de temperatura, ΔT (°C)	Superficie total útil (m²)	Altura libre (m)	
22	0,8	21,2	408	2,7	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie de cerramiento (m²)	Transmitancia (W/m² K)	ΔT (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Muro exterior	389,77	0,251	21,2	2074,044	2,074
Cubierta	204	0,341	21,2	1474,757	1,475
Suelo sobre parking	204	0,346	10,2	719,957	0,720
Ventanas	34,95	2,127	21,2	1575,979	1,576
Total de transmisión con el exterior, KW (A)					5,845
Renovación del aire	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg*K)	ΔT (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Una renovación por hora	0,361	1000	21,2	7654,896	7,655
Total de renovación del aire, KW (B)					7,655
Infiltraciones	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorífica del aire (W/kg*K)	ΔT (°C)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Cerramientos	0,09	1000	21,2	1908	1,908
Total de infiltraciones, KW (C)					1,908
Calor interno	Número de personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Personas	16	100		1600	1,6
Total calor sensible interno, KW (D)					1,6
Equipamiento e iluminación	Número de aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada (m²)	Carga de calefacción (W)	Carga de calefacción (KW)
Ordenador	12	250	—	3000	3
Fotocopiadora	1	300	—	300	0,3
Iluminación media	—	3	408	1224	1,22
Total calor interno, KW (E)					4,524
CARGA TÉRMICA TOTAL PARA CALEFACCIÓN EN INVIERNO (KW) (A+B+C-D-E)					9,284

Tabla 39. Cálculo de la carga térmica de calefacción.

2.3.1.2 HOJA DE CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS DE REFRIGERACIÓN

CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO					
Condiciones de cálculo			Características edificio		
Temperatura interior, T_i (°C)	Temperatura exterior, T_s (°C)	Diferencia de temperatura, ΔT (°C)	Superficie total útil (m^2)	Altura libre (m)	
24	36	12	408	2,7	
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie de cerramiento (m^2)	Transmitancia ($W/m^2 K$)	ΔT (°C)	Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Muro exterior	389,77	0,251	12	1173,987	1,174
Cubierta	204	0,341	12	834,768	0,835
Suelo sobre parking	204	0,346	-6	-423,504	-0,424
Ventanas	34,95	2,127	12	892,064	0,892
Total de transmisión con el exterior, KW (A)					2,477
Renovación del aire	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorífica del aire ($W/kg^{\circ}K$)	ΔT (°C)	Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Una renovación por hora	0,361	1000	12	4332,96	4,333
Total de renovación del aire, KW (B)					4,333
Infiltraciones	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorífica del aire ($W/kg^{\circ}K$)	ΔT (°C)	Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Cerramientos	0,09	1000	12	1080	1,08
Total de infiltraciones, KW (C)					1,08
Calor interno	Número de personas	Calor sensible por persona (W)		Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Personas	16	100		1600	1,6
Total calor sensible interno, KW (D)					1,6
Equipamiento e iluminación	Número de aparatos	Potencia unitaria (W)	Superficie iluminada (m^2)	Carga de refrigeración (W)	Carga de refrigeración (KW)
Ordenador	12	250	—	3000	3
Fotocopiadora	1	300	—	300	0,3
Iluminación media	—	3	408	1224	1,224
Total calor interno, KW (E)					4,524
CARGA TÉRMICA TOTAL PARA REFRIGERACIÓN EN VERANO (KW) (A+B+C+D+E)					14,014

Tabla 40. Cálculo de la carga térmica de refrigeración.

2.3.2 INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

2.3.2.1 MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA

- MAGNA 50 (2ª Serie)
- Número Hoja: 946
- Nombre: MARTOS
- División: 18-38
- Huso 30

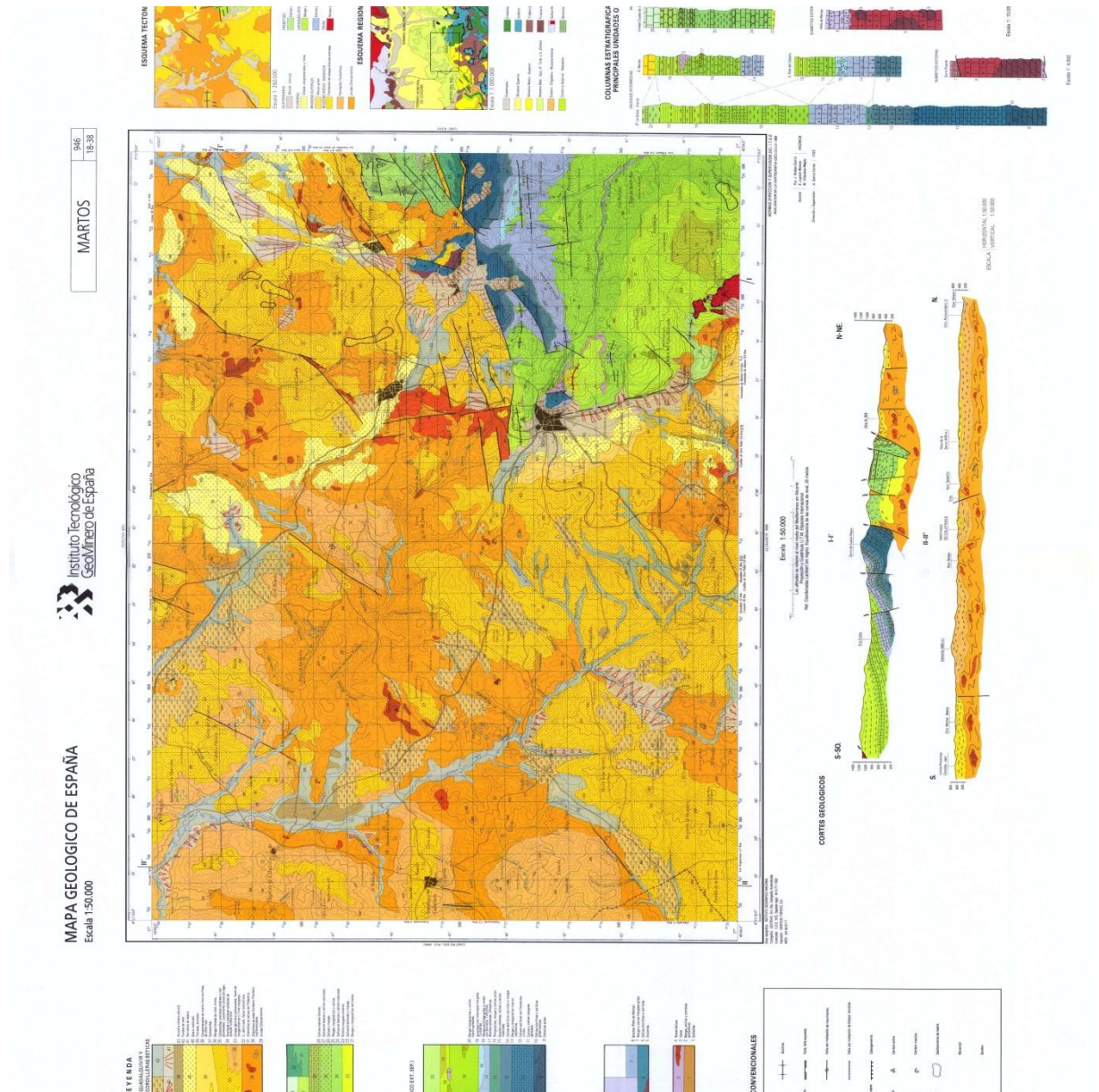


Figura 29. Mapa geológico de la zona.

2.3.2.2 DETALLE DE SITUACIÓN DEL EDIFICIO

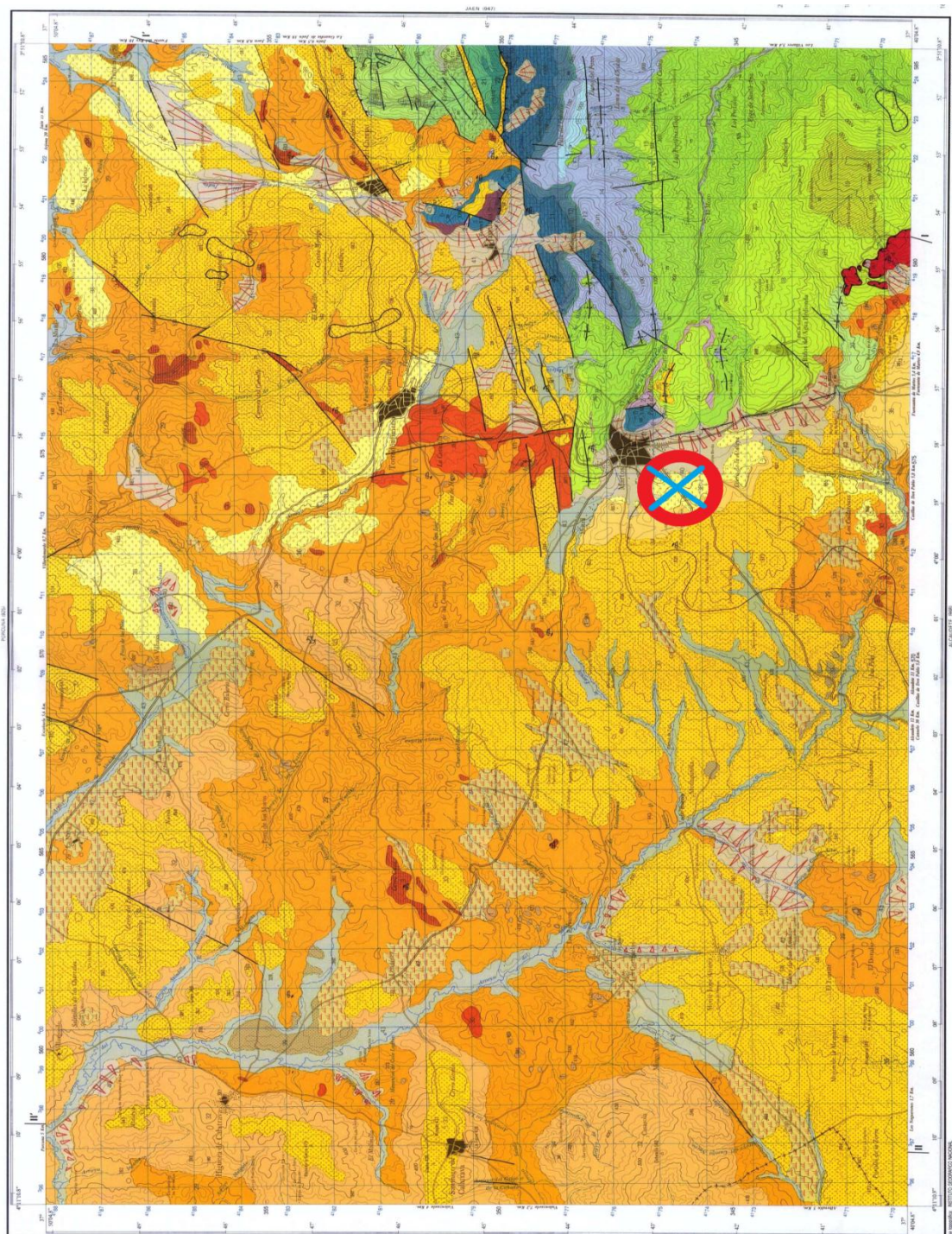


Figura 30. Detalle de ubicación en el mapa geológico.

2.3.2.3 DETALLE DE LEYENDA MAPA GEOLÓGICO

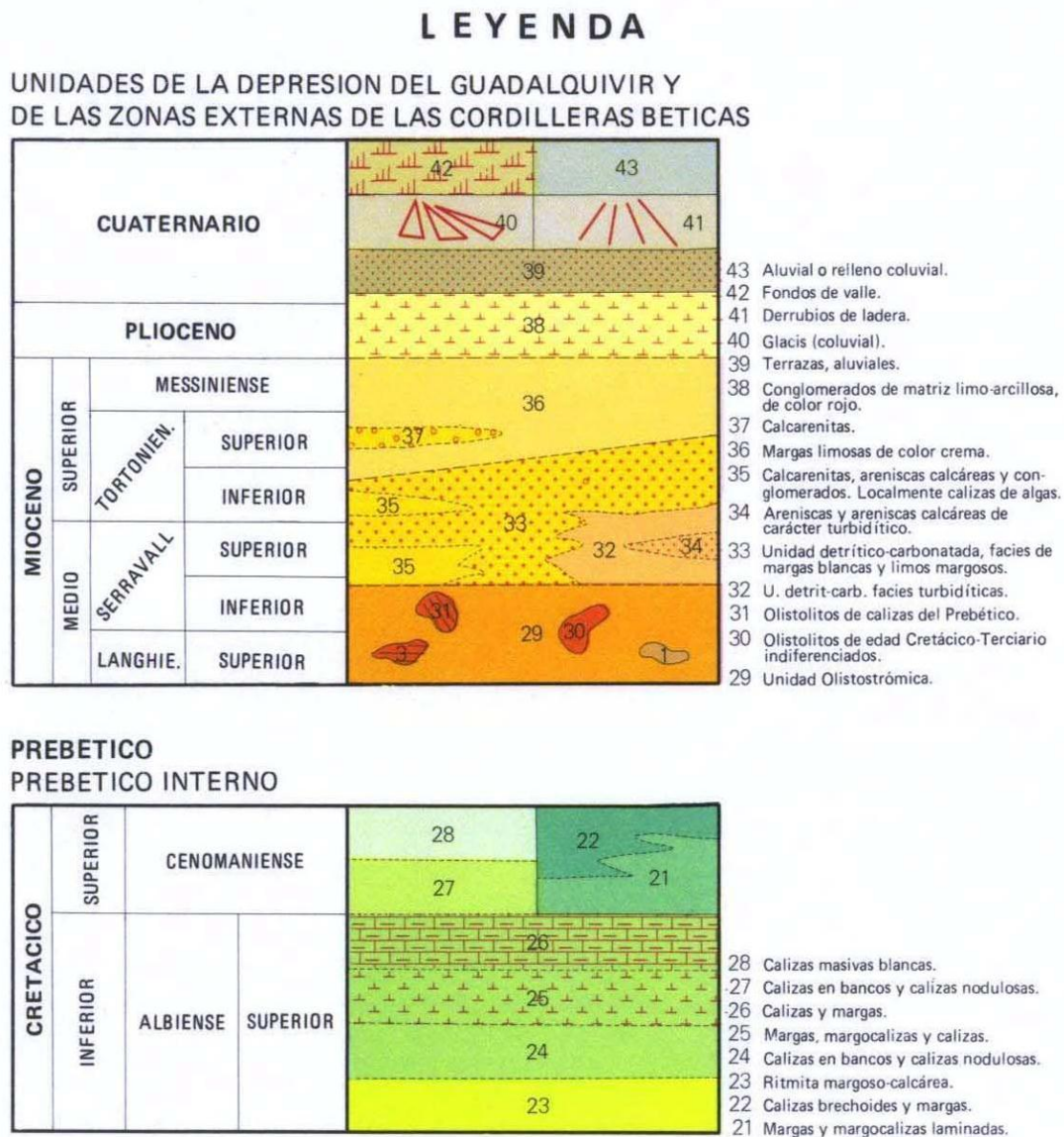


Figura 31. Detalle leyenda mapa geológico.

2.3.3 CÁLCULO DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR

2.3.3.1 FACTOR DE UTILIZACIÓN EN MODO CALEFACCIÓN

MODO CALEFACCIÓN								
Mes	T media (°C)	Rango T (°C)	Text media (°C)	Nº de horas (Bin Hours)	Carga edificio(KW)	Potencia bomba de calor (KW)	Fracción en marcha	Horas marcha
DICIEMBRE	9,5	0-0,9	0,5	0	9,467	16	0,592	0,0
		1-1,9	1,5	0	8,856	16	0,554	0,0
		2-2,9	2,5	8	8,246	16	0,515	4,1
		3-3,9	3,5	7	7,635	16	0,477	3,3
		4-4,9	4,5	5	7,024	16	0,439	2,2
		5-5,9	5,5	10	6,413	16	0,401	4,0
		6-6,9	6,5	14	5,802	16	0,363	5,1
		7-7,9	7,5	14	5,192	16	0,324	4,5
		8-8,9	8,5	27	4,581	16	0,286	7,7
		9-9,9	9,5	73	3,970	16	0,248	18,1
		10-10,9	10,5	62	3,359	16	0,210	13,0
		11-11,9	11,5	48	2,748	16	0,172	8,2
		12-12,9	12,5	26	2,138	16	0,134	3,5
		13-13,9	13,5	11	1,527	16	0,095	1,0
		14-14,9	14,5	3	0,916	16	0,057	0,2
		15-15,9	15,5	2	0,305	16	0,019	0,0
		16-16,9	16,5	0	-0,306	16	-0,019	0,0
			TOTAL:	310				75,1
ENERO	8,6	0-0,9	0,5	0	9,467	16	0,592	0,0
		1-1,9	1,5	2	8,856	16	0,554	1,1
		2-2,9	2,5	7	8,246	16	0,515	3,6
		3-3,9	3,5	6	7,635	16	0,477	2,9
		4-4,9	4,5	8	7,024	16	0,439	3,5
		5-5,9	5,5	5	6,413	16	0,401	2,0
		6-6,9	6,5	13	5,802	16	0,363	4,7
		7-7,9	7,5	33	5,192	16	0,324	10,7
		8-8,9	8,5	75	4,581	16	0,286	21,5
		9-9,9	9,5	62	3,970	16	0,248	15,4
		10-10,9	10,5	22	3,359	16	0,210	4,6
		11-11,9	11,5	25	2,748	16	0,172	4,3
		12-12,9	12,5	14	2,138	16	0,134	1,9
		13-13,9	13,5	17	1,527	16	0,095	1,6
		14-14,9	14,5	12	0,916	16	0,057	0,7
		15-15,9	15,5	9	0,305	16	0,019	0,2
		16-16,9	16,5	0	-0,306	16	-0,019	0,0
			TOTAL:	310				78,6
FEBRERO	10,3	0-0,9	0,5	5	9,467	16	0,592	3,0
		1-1,9	1,5	13	8,856	16	0,554	7,2
		2-2,9	2,5	15	8,246	16	0,515	7,7
		3-3,9	3,5	14	7,635	16	0,477	6,7
		4-4,9	4,5	24	7,024	16	0,439	10,5
		5-5,9	5,5	19	6,413	16	0,401	7,6
		6-6,9	6,5	22	5,802	16	0,363	8,0
		7-7,9	7,5	18	5,192	16	0,324	5,8
		8-8,9	8,5	24	4,581	16	0,286	6,9
		9-9,9	9,5	31	3,970	16	0,248	7,7
		10-10,9	10,5	41	3,359	16	0,210	8,6
		11-11,9	11,5	23	2,748	16	0,172	4,0
		12-12,9	12,5	12	2,138	16	0,134	1,6
		13-13,9	13,5	11	1,527	16	0,095	1,0
		14-14,9	14,5	10	0,916	16	0,057	0,6
		15-15,9	15,5	6	0,305	16	0,019	0,1
		16-16,9	16,5	2	-0,306	16	-0,019	0,0
			TOTAL:	290				87,0

HORAS FUNCIONAMIENTO	
Diciembre	310
Enero	310
Febrero	290
TOTAL	910

HORAS MARCHA	
Diciembre	75,1
Enero	78,6
Febrero	87,0
TOTAL	240,7

FACTOR UTILIZACIÓN CALEFACCIÓN
0,26

Tabla 41. Cálculo del factor de utilización calefacción.

2.3.3.2 FACTOR DE UTILIZACIÓN EN MODO REFRIGERACIÓN

MODO REFRIGERACIÓN								
Mes	T media (°C)	Rango T (°C)	Text media (°C)	Nº de horas (Bin Hours)	Carga edificio(KW)	Potencia bomba de calor (KW)	Fracción en marcha	Horas marcha
JUNIO	23,7	21-21,9	21,5	0	0,467	15,4	0,030	0,0
		22-22,9	22,5	2	1,402	15,4	0,091	0,2
		23-23,9	23,5	11	2,336	15,4	0,152	1,7
		24-24,9	24,5	29	3,270	15,4	0,212	6,2
		25-25,9	25,5	25	4,205	15,4	0,273	6,8
		26-26,9	26,5	17	5,139	15,4	0,334	5,7
		27-27,9	27,5	30	6,073	15,4	0,394	11,8
		28-28,9	28,5	32	7,008	15,4	0,455	14,6
		29-29,9	29,5	31	7,942	15,4	0,516	16,0
		30-30,9	30,5	32	8,876	15,4	0,576	18,4
		31-31,9	31,5	30	9,810	15,4	0,637	19,1
		32-32,9	32,5	25	10,745	15,4	0,698	17,4
		33-33,9	33,5	21	11,679	15,4	0,758	15,9
		34-34,9	34,5	13	12,613	15,4	0,819	10,6
		35-35,9	35,5	2	13,548	15,4	0,880	1,8
		36-36,9	36,5	0	14,482	15,4	0,940	0,0
			TOTAL:	300				146,2
JULIO	27,6	21-21,9	21,5	2	0,467	15,4	0,030	0,1
		22-22,9	22,5	2	1,402	15,4	0,091	0,2
		23-23,9	23,5	4	2,336	15,4	0,152	0,6
		24-24,9	24,5	5	3,270	15,4	0,212	1,1
		25-25,9	25,5	12	4,205	15,4	0,273	3,3
		26-26,9	26,5	15	5,139	15,4	0,334	5,0
		27-27,9	27,5	23	6,073	15,4	0,394	9,1
		28-28,9	28,5	29	7,008	15,4	0,455	13,2
		29-29,9	29,5	39	7,942	15,4	0,516	20,1
		30-30,9	30,5	40	8,876	15,4	0,576	23,1
		31-31,9	31,5	41	9,810	15,4	0,637	26,1
		32-32,9	32,5	36	10,745	15,4	0,698	25,1
		33-33,9	33,5	38	11,679	15,4	0,758	28,8
		34-34,9	34,5	14	12,613	15,4	0,819	11,5
		35-35,9	35,5	6	13,548	15,4	0,880	5,3
		36-36,9	36,5	4	14,482	15,4	0,940	3,8
			TOTAL:	310				176,2
AGOSTO	26,9	21-21,9	21,5	0	0,467	15,4	0,030	0,0
		22-22,9	22,5	4	1,402	15,4	0,091	0,4
		23-23,9	23,5	6	2,336	15,4	0,152	0,9
		24-24,9	24,5	7	3,270	15,4	0,212	1,5
		25-25,9	25,5	13	4,205	15,4	0,273	3,5
		26-26,9	26,5	20	5,139	15,4	0,334	6,7
		27-27,9	27,5	37	6,073	15,4	0,394	14,6
		28-28,9	28,5	39	7,008	15,4	0,455	17,7
		29-29,9	29,5	31	7,942	15,4	0,516	16,0
		30-30,9	30,5	37	8,876	15,4	0,576	21,3
		31-31,9	31,5	39	9,810	15,4	0,637	24,8
		32-32,9	32,5	31	10,745	15,4	0,698	21,6
		33-33,9	33,5	23	11,679	15,4	0,758	17,4
		34-34,9	34,5	15	12,613	15,4	0,819	12,3
		35-35,9	35,5	5	13,548	15,4	0,880	4,4
		36-36,9	36,5	3	14,482	15,4	0,940	2,8
			TOTAL:	310				166,1

HORAS FUNCIONAMIENTO	
JUNIO	300
JULIO	310
AGOSTO	300
TOTAL	910

HORAS MARCHA	
JUNIO	146,2
JULIO	176,2
AGOSTO	166,1
TOTAL	488,5

FACTOR UTILIZACIÓN REFRIGERACIÓN
0,54

Tabla 42. Cálculo del factor de utilización refrigeración.

2.3.4 FICHAS TÉCNICAS DE LOS APARATOS DEL SISTEMA

2.3.4.1 FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA DE CALOR



Bombas de calor geotérmicas Buderus Logatherm WPS con refrigerante R410A. Potencias 9 a 33 kW.

- Climatiza por medio de unidades terminales (fan coils) o directamente a un sistema (suelo radiante/refrescante).
- Diseñada para funcionar con diferentes sistemas geotérmicos (circuitos cerrados horizontales y verticales).
- Bajo consumo de energía, alcanzando COP y EER mayores a 5.
- Autorregulación, ajusta la frecuencia de funcionamiento y elimina los ciclos de funcionamiento muy cortos, buscando el mejor equilibrio entre la potencia solicitada y entregada en función de las temperaturas exteriores e interiores.
- Es posible integrar y controlar hasta 6 sistemas adicionales, gracias a la regulación y sistema de control de nuestras bombas.
- Equipos compactos, diseñados para instalaciones en interior.
- Silenciosas, bajos niveles de ruido.
- Módulos hidráulicos completos de serie, ya incluyen bombas de circulación y componentes hidráulicos necesarios para funcionar, tanto en el lado de uso como en el de la fuente.
- La producción de a.c.s. se realiza mediante una válvula de 3 vías y un acumulador.

■ Accesorios incluidos de serie:

- Regulación (sonda de temperatura y humedad interior, LED).
- Sonda de temperatura exterior.
- Sonda de inmersión acumulador de a.c.s.
- Sonda para apoyo externo (eléctrico o caldera).

Logatherm WPS

■ Dimensiones

Modelo	Descripción	Ancho (mm)	Fondo (mm)	Alto (mm)	Peso funcionamiento (kg)	Referencia	Precio (€)
Logatherm WPS 9 RM	Bomba de calor reversible geotérmica 9kW Monofásica	560	575	980	152	8738201207	7.750
Logatherm WPS 12 RM	Bomba de calor reversible geotérmica 12kW Monofásica	560	575	980	160	8738201208	8.050
Logatherm WPS 16 R	Bomba de calor reversible geotérmica 16kW Trifásica	560	575	980	175	8738201209	8.300
Logatherm WPS 20 R	Bomba de calor reversible geotérmica 20kW Trifásica	680	780	1150	220	8738201210	9.100
Logatherm WPS 23 R	Bomba de calor reversible geotérmica 23kW Trifásica	680	780	1150	230	8738201211	9.600
Logatherm WPS 33 R	Bomba de calor reversible geotérmica 33kW Trifásica	680	780	1150	250	8738201212	10.900

Datos técnicos

Logatherm WPS		WPS 9 RM	WPS 12 RM	WPS 16 R	WPS 20 R	WPS 23 R	WPS 33 R
Potencia calorífica (W10/W35)	¹ ▶ kW	9,2	11,7	16,0	19,8	23,0	33,3
Potencia absorbida	¹ ▶ kW	2,3	2,8	3,5	4,4	4,9	7,3
COP	¹	3,92	4,18	4,57	4,50	4,69	4,56
Potencia calorífica (W10/W45)	² ▶ kW	9,0	11,3	15,3	18,8	21,9	32
Potencia absorbida	² ▶ kW	3,0	3,6	4,4	5,6	6,2	9
COP	²	3,00	3,14	3,48	3,36	3,53	3,56
Potencia frigorífica (W30/W18)	³ ▶ kW	11,7	14,8	20,9	26,3	30,1	43,9
Potencia absorbida	³ ▶ kW	2,6	3,3	4,2	5,4	6,1	8,9
EER	³	4,50	4,48	4,98	4,96	4,93	4,93
Potencia frigorífica (W30/W7)	⁴ ▶ kW	8,7	11	15,4	19,5	22,5	32,7
Potencia absorbida	⁴ ▶ kW	2,6	3,2	4,1	5,1	5,8	8,4
EER *	⁴	3,35	3,44	3,76	3,82	3,88	3,85
Caudal de agua lado Instalación	¹ ▶ m³/h	1,6	2,0	2,8	3,4	4,0	5,8
Contenido mínimo de agua en la Instalación	▶ l	44	56	80	100	115	170
Presión disponible residual lado Instalación	¹ ▶ Kpa	95	92	84	158	150	163
Caudal de agua lado agua sanitaria	¹ ▶ m³/h	2,20	2,80	3,90	4,80	5,70	8,20
Presión disponible residual lado agua sanitaria	¹ ▶ Kpa	76	142	119	174	149	213
Conexiones hidráulicas		3/4"	1"1/4	1"1/4	1"1/4	1"1/4	1"1/4
Válvula seguridad lado Instalación	▶ bar	6					
Vaso de expansión	▶ l	2			8		
Tipo de compresor		SCROLL					
Número de compresores	▶ nº	1					
Número de circuitos frig.	▶ nº	1					
Refrigerante R410A	▶ kg	1,24	1,55	1,7	2,65	3,1	3,7
Aceite Mobil EAL ARTIC22cc	▶ kg	1,25	1,24	1,89	2,51	3,25	3,25
Tipo bomba lado Instalación		circuladora		centrífuga			
Tipo bomba lado fuente		circuladora		centrífuga			
Alimentación eléctrica	▶ V/Ph/Hz	230V-50Hz		400V-3N-50Hz			
Potencia sonora	⁵ ▶ dB(A)	59	63	63	63	63	64
Presión sonora	⁶ ▶ dB(A)	45	49	49	49	49	49
Peso en funcionamiento	▶ kg	152	160	175	220	230	250

Nota:

- (1) Funcionamiento en calefacción: Temperatura agua instalación entrante 30 °C y saliente 35 °C, temperatura agua fuente entrante a 0 °C y saliente a -3 °C
- (2) Funcionamiento en recuperación: Temperatura agua instalación entrante 40 °C y saliente 50 °C, temperatura agua fuente entrante a 0 °C y saliente a -3 °C
- (3) Funcionamiento en refrigeración: Temperatura agua instalación entrante 23 °C y saliente 18 °C, temperatura agua fuente entrante a 30 °C y saliente a 35 °C
- (4) Funcionamiento en refrigeración: Temperatura agua instalación entrante 12 °C y saliente 7 °C, temperatura agua fuente entrante a 30 °C y saliente a 35 °C
- (5) Potencia sonora referida a mediciones realizadas de acuerdo con las normativas ISO 9614 y Eurovent 8/1.
- (6) Presión sonora referida a 1 m de distancia de la superficie exterior de la unidad, funcionando en campo abierto.

Figura 32. Tabla especificaciones bomba de calor.

2.3.4.2 FICHA TÉCNICA DEL FAN-COIL

FWV-DT/DF

Unidad de suelo



FWV01, 02DT/DF



FWEC1, 2, 3A



ECFWM86

- › Bajos niveles de potencia sonora y absorción eléctrica gracias al propulsor de plástico, la escalinata ABS y el motor eléctrico mejorado
- › Sistema de montaje rápido en la pared
- › Válvulas ON/OFF de 4 tomas y 3 vías preinstaladas disponibles
- › El aislamiento de las válvulas hace innecesaria la instalación de otra bandeja de drenaje
- › Los conjuntos de las válvulas contienen válvulas de equilibrado y un alojamiento del sensor
- › Conexiones de acople rápido para las opciones eléctricas: no es necesario utilizar herramientas
- › Fácil extracción del filtro lavable
- › Resistencia eléctrica: sin relé y con hasta 2 kW de capacidad
- › Controlador electrónico con sonda de agua disponible en versiones estándar, avanzada y avanzada plus



UNIDADES INTERIORES				2 tubos								4 tubos							
				FWV01DT	FWV02DT	FWV03DT	FWV04DT	FWV06DT	FWV08DT	FWV10DT	FWV01DF	FWV02DF	FWV03DF	FWV04DF	FWV06DF	FWV08DF	FWV10DF		
Capacidad de refrigeración	Capacidad total	Alta	kW	1,54	2,09	2,93	4,33	4,77	6,71	8,02	1,46	1,90	2,87	4,33	4,67	6,64	7,88		
	Capacidad sensible	Alta	kW	1,20	1,51	2,11	3,15	3,65	4,91	5,96	1,14	1,51	2,07	3,15	3,57	4,85	5,85		
Capacidad de calefacción	2 tubos	Alta	kW	2,14	2,57	3,81	5,63	6,36	7,83	10,03	-								
	4 tubos	Alta	kW	-								1,90	2,10	3,08	5,05	5,30	7,91	9,30	
Consumo	Alto		An	37	53	56	98		137	175	37	53	56	98		137	175		
Dimensiones	Unidad	Al x An x Pr	mm	564x774x226		564x984x226		564x1.194x226		564x1.404x251		564x774x226		564x984x226		564x1.194x226		564x1.404x251	
Peso	Unidad		kg	19	20	25	30	31	41		20	21	26	32	33	44			
Intercambiador de calor	Volumen de agua		l	0,5	0,7	1	1,4		2,1		0,5	0,7	1	1,4		2,1			
Intercambiador de calor adicional (4 tubos)	Volumen de agua		l	-								0,2		0,3	0,4		0,6		
Caudal de agua	Refrigeración		l/h	265	359	504	745	820	1.154	1.343	251	327	494	745	803	1.142	1.355		
	Calefacción		l/h	265	359	504	745	820	1.154	1.343	196	182	286	396	465	694	816		
Caída de presión del agua	Refrigeración		kPa	13		11	12	14	12	19	13		11	12	14	12	19		
	Calefacción		kPa	9	11	9		10	9	16	7	8	5	10		8	9		
Ventilador	Tipo			Centrifugo, multipala, aspiración doble								Centrifugo, multipala, aspiración doble							
	Caudal de aire	Alto	m³/h	319	344	442	706	785	1.011	1.393	307	327	431	690	763	998	1.362		
Nivel de potencia sonora	Alto		dBa	45	50	47	52	56	58	64	45	50	47	52	56	58	64		
Conexiones de tubería	Drenaje	D.E.	mm	16								16							
Conexiones del agua	Intercambiador de calor estándar		pulgadas	1/2				3/4				1/2				3/4			
Alimentación eléctrica	Fase / Frecuencia / Tensión		Hz / V	1 / 50 / 230								1 / 50 / 230							
Corriente de entrada	Alta		A	0,17	0,24	0,25	0,44	0,43	0,60	0,76	0,17	0,24	0,25	0,44	0,43	0,60	0,76		

Figura 33. Ficha técnica fan coil.

2.3.4.3 FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN DEL CIRCUITO DE CLIMATIZACIÓN



NLX

Bombas verticales multicelulares de alta presión

INOX. AISI-316



Eje bomba acoplado a eje motor

Aplicaciones

Bombas verticales multicelulares de alta presión diseñadas para instalación "IN LINE". Bomba universal para aplicaciones civiles e industriales, equipos de presión para viviendas, instalaciones contra incendios, lavado a presión, irrigación, tratamientos de aguas y ósmosis inversa, alimentación de calderas, etc. Temperatura máxima del líquido bombeado: 120° C.

Construcción

Motores

Motores eléctricos de 2900 RPM, 50 Hz. Forma constructiva s/ tabla dimensiones. Clase de aislamiento F. Protección IP55. Monofásicos: 230V, trifásicos: 230/400V ó 400/690V.

Bajo demanda

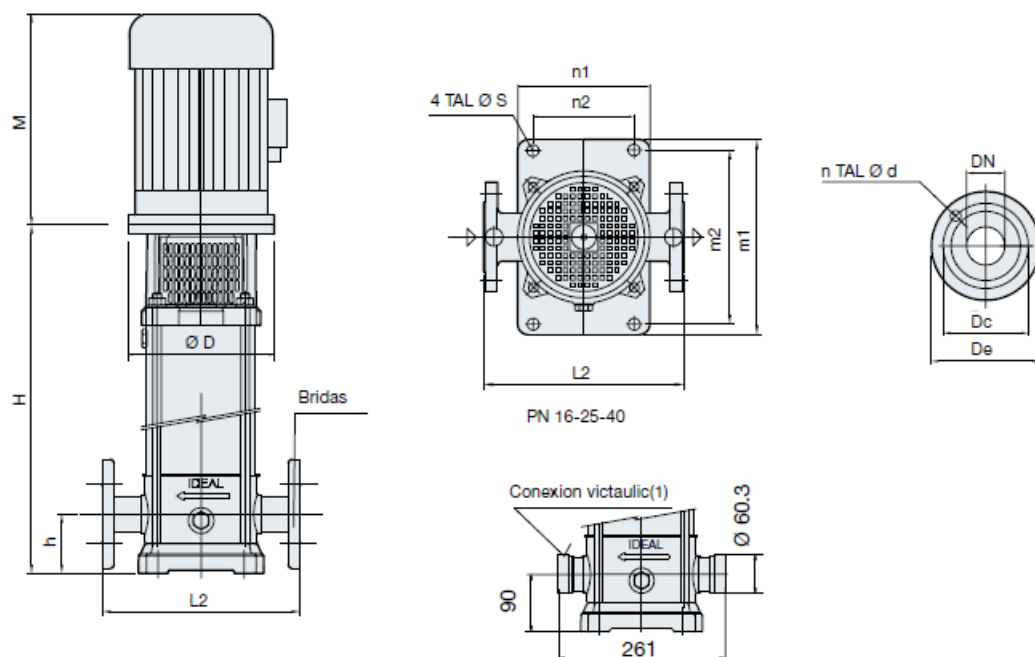
Se puede suministrar con variador de velocidad Variache, Varivip según potencia y tensión.

Denominación	NLX
	3-5-10-15-22-33-46-66-92-125
Difusor	AISI-316
Rodete	AISI-316
Junta	EPDM
Eje bomba	AISI-316
Cuerpos asp. - Imp.	AISI-316

Datos de servicio

Tipo	KW	HP	l/min	0	20	25	30	35	40	45	50	60	73	100	120	141
			m³/h	0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,6	4,4	6	7,2	8,5
NLX 3/6	0,55	0,75	m.c.a.	44,4	43,4	42,6	41,6	40,2	38,6	36,6	34,3	28,5	18,5			
NLX 3/7	0,75	1		52,5	51,8	51	50	48,7	47	45	42,5	36,1	24,6			
NLX 3/8	0,75	1		60	59,1	58,2	57	55,4	53,4	51	48,1	40,7	27,5			
NLX 3/10	1,1	1,5		75	73,8	72,7	71,3	69,3	66,9	63,8	60,2	51	34,5			
NLX 3/12	1,1	1,5		89,6	87,8	86,4	84,5	82,1	79,1	75,5	71,1	59,9	40,1			
NLX 3/13	1,5	2		98,1	96,7	95,4	93,5	91	87,8	83,9	79,2	67,2	45,6			
NLX 3/19	2,2	3		144,3	142,3	140,3	137,5	133,9	129,2	123,5	116,7	99,1	67,6			
NLX 3/21	2,2	3		159,3	156,9	154,6	151,4	147,3	142,1	135,7	128	108,5	73,6			
NLX 3/25	2,2	3		188,5	186,1	183,3	179,3	174,1	167,6	159,7	150,3	126,6	84,8			
NLX 3/27	3	4		204,4	201,7	198,8	194,7	189,4	182,7	174,4	164,5	139,4	94,4			
NLX 5/5	0,75	1		38					36,4	36	35,5	34,5	32,9	28,2	23,5	17,1
NLX 5/7	1,1	1,5		52,7					50,7	50,1	49,5	48,1	45,8	39,1	32,2	23,1
NLX 5/8	1,1	1,5		60,1					57,6	57	56,2	54,6	51,8	44,1	36,2	25,8
NLX 5/9	1,5	2		68					65,5	64,8	64	62,2	59,3	50,6	41,9	30,2
NLX 5/11	1,5	2		82,8					79,3	78,4	77,5	75,2	71,4	60,7	49,9	35,6

Dimensiones



Tipo	Potencia		Bomba															Motor				Peso
	KW	HP	H	m1	m2	n1	n2	ØS	DN	Dc	De	n	d	L2	h	kg	TIPO	M	D	KG		
NLX 3/6	0,55	0,75	338	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	9,7	71	B14	215	105	15,8	
NLX 3/7	0,75	1	368	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	10,9	80	B14	250	120	20	
NLX 3/8	0,75	1	388	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	11,3	80	B14	250	120	20,4	
NLX 3/10	1,1	1,5	428	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	12,1	80	B14	250	120	22,3	
NLX 3/12	1,1	1,5	468	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	13,3	80	B14	250	120	23,5	
NLX 3/13	1,5	2	498	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	14	90	B14	260	140	26	
NLX 3/19	2,2	3	618	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	16,4	90	B14	285	140	31,4	
NLX 3/21	2,2	3	658	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	17,2	90	B14	285	140	32,2	
NLX 3/25	2,2	3	738	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	18,9	90	B14	285	140	33,9	
NLX 3/27	3	4	788	210	180	150	100	13	25	85	115	4	14	250	75	20,7	100	B14	326	160	43	
NLX 5/5	0,75	1	353	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	10,5	80	B14	250	120	19,6	
NLX 5/7	1,1	1,5	403	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	11,5	80	B14	250	120	21,7	
NLX 5/8	1,1	1,5	428	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	12,1	80	B14	250	120	22,3	
NLX 5/9	1,5	2	463	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	12,7	90	B14	260	140	24,7	
NLX 5/11	1,5	2	513	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	13,6	90	B14	260	140	25,6	
NLX 5/13	2,2	3	563	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	14,6	90	B14	285	140	29,6	
NLX 5/16	2,2	3	638	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	16	90	B14	285	140	31	
NLX 5/18	3	4	698	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	18	100	B14	326	160	40,3	
NLX 5/23	4	5,5	823	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	20,4	112	B14	335	160	47,1	
NLX 5/25	4	5,5	873	210	180	150	100	13	32	100	140	4	18	250	75	21,3	112	B14	335	160	48	
NLX 10/4	1,5	2	431	245	215	185	130	13	40	110	150	4	18	280	80	17,6	90	B14	260	140	29,6	
NLX 10/5	2,2	3	463	245	215	185	130	13	40	110	150	4	18	280	80	18,5	90	B14	285	140	33,5	
NLX 10/6	2,2	3	495	245	215	185	130	13	40	110	150	4	18	280	80	19,7	90	B14	285	140	34,7	
NLX 10/7	3	4	537	245	215	185	130	13	40	110	150	4	18	280	80	21,5	100	B14	326	160	43,8	
NLX 10/9	4	5,5	601	245	215	185	130	13	40	110	150	4	18	280	80	23,3	112	B14	335	160	50	
NLX 10/10	4	5,5	633	245	215	185	130	13	40	110	150	4	18	280	80	24,3	112	B14	335	160	51	

Figura 34. Ficha técnica bomba de circulación circuito climatización.

2.3.4.4 FICHA TÉCNICA DEL VASO DE EXPANSIÓN



PRESSURE WAVE - LIKITECH

PRESSURE WAVE - LIKITECH



Vaso de expansión compuesto por un revestimiento de polipropileno virgen con una membrana de butilo de alto grado.
 Sanitariamente aprobado para agua de consumo humano según el Anexo I del Real Decreto 140/2003.
 Precarga del depósito: 1,9 bar.
 Presión máxima: 10 bar.
 Temperatura máxima: 90°C.



Documentos adjuntados:

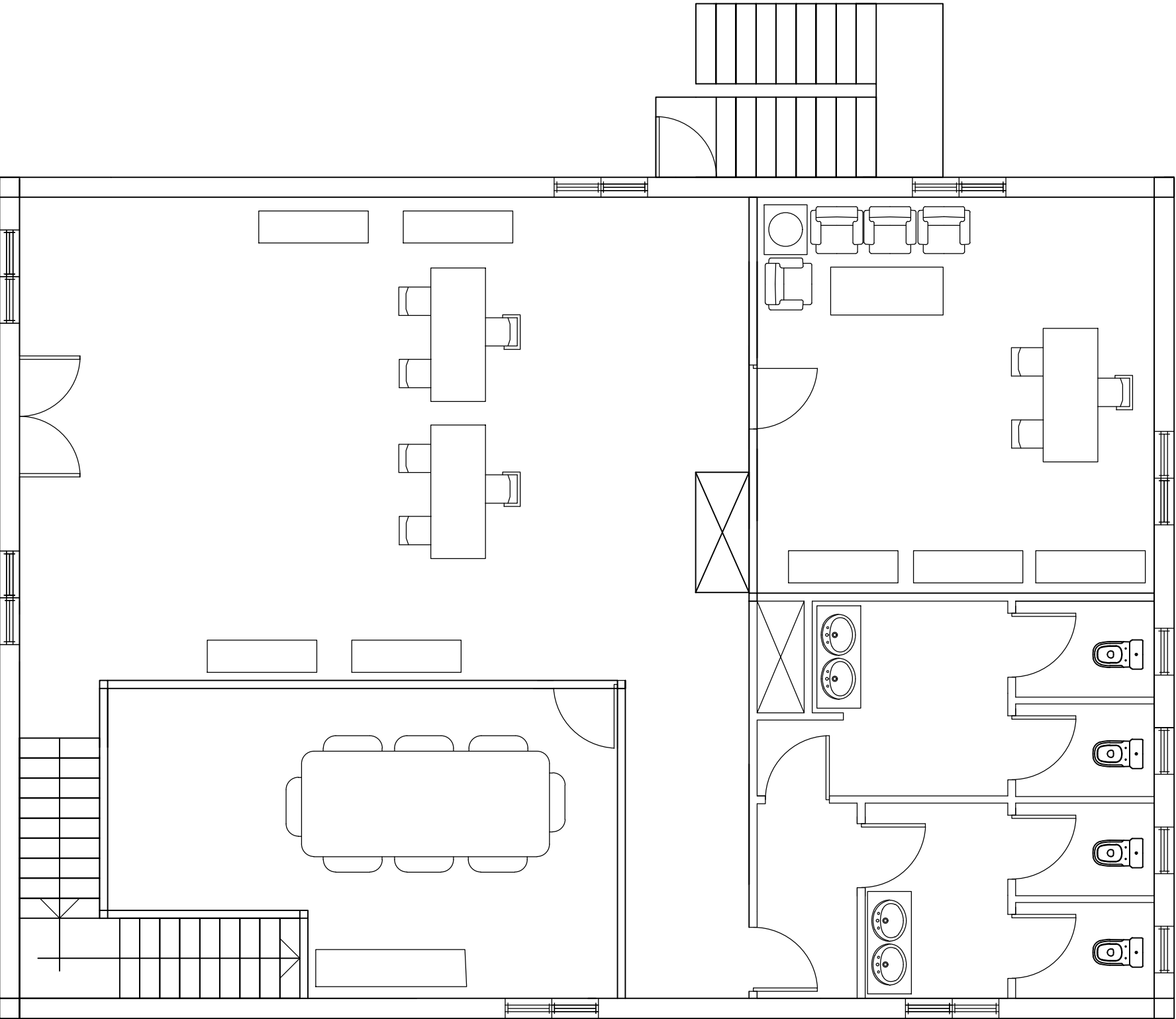
[Folleto](#)

Código	Descripción	Racor	Ø mm	Alto	m³	Capac.	Pres. máx.	Stock	Precio	Pedir
480403	VASO EXPANSIÓN A.C.S. PWB 2 Litros 1" PresureWave	1"	12,7	18,3	0,004	2 L.	10 bar	3,0	31,34	
480404	VASO EXPANSIÓN A.C.S. PWB 4 Litros 1" PresureWave	1"	16,2	25,8	0,008	4 L.	10 bar	7,0	48,67	
480410	VASO EXPANSIÓN A.C.S. PWB 8 Litros 1" PresureWave	1"	20,3	31	0,016	8 L.	10 bar	0,0	50,03	
480420	VASO EXPANSIÓN A.C.S. PWB 12 Litros 1" PresureWave	1"	24,4	36,6	0,023	12 L.	10 bar		55,60	
480421	VASO EXPANSIÓN A.C.S. PWB 18 Litros 1" PresureWave	1"	27,9	36,8	0,031	18 L.	10 bar	4,0	64,05	
480411	VASO EXPANSIÓN A.C.S. PEW 24 Litros 1" PresureWave	1"	28	36	0,042	24 L.	10 bar	0,0	77,07	

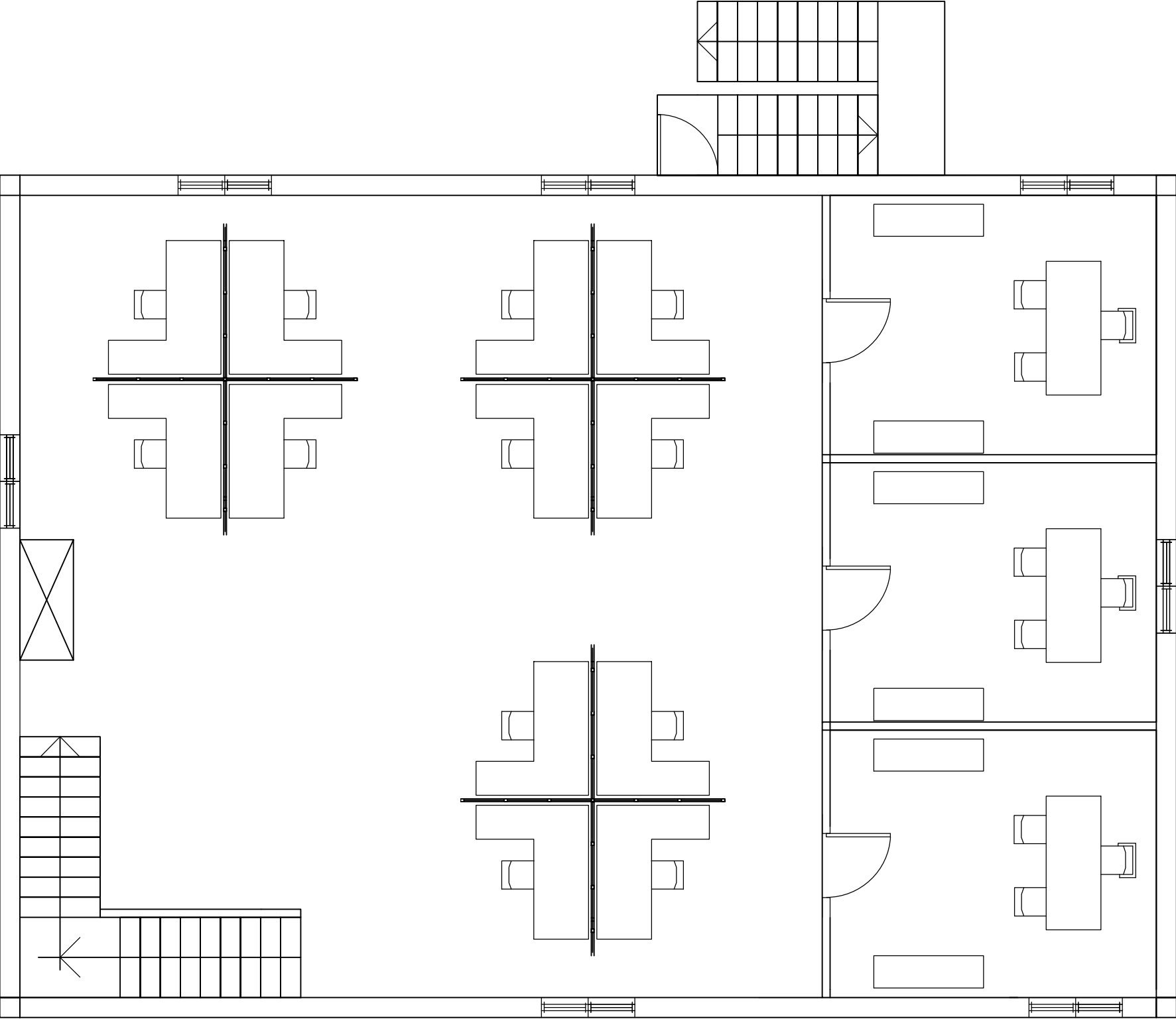
Figura 35. Ficha técnica vaso de expansión.

3. PLANOS

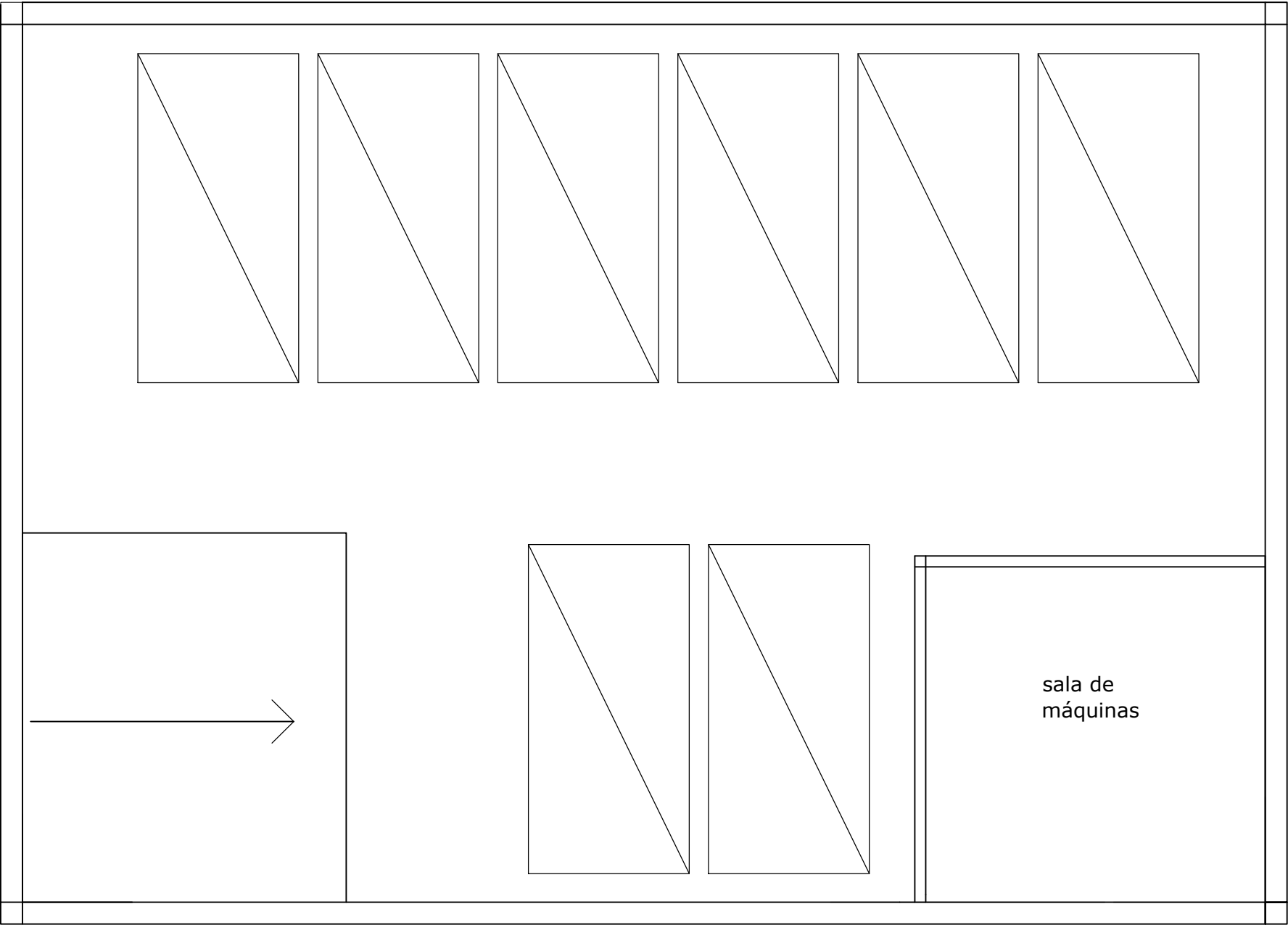
3.1 PLANOS DE DISTRIBUCIÓN



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR		
COMPROBADO		LUQUE		
		ÓRPEZ		
ESCALA:	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA PLANO DISTRIBUCIÓN. PLANTA BAJA			Nº PLANO 1
1:75				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

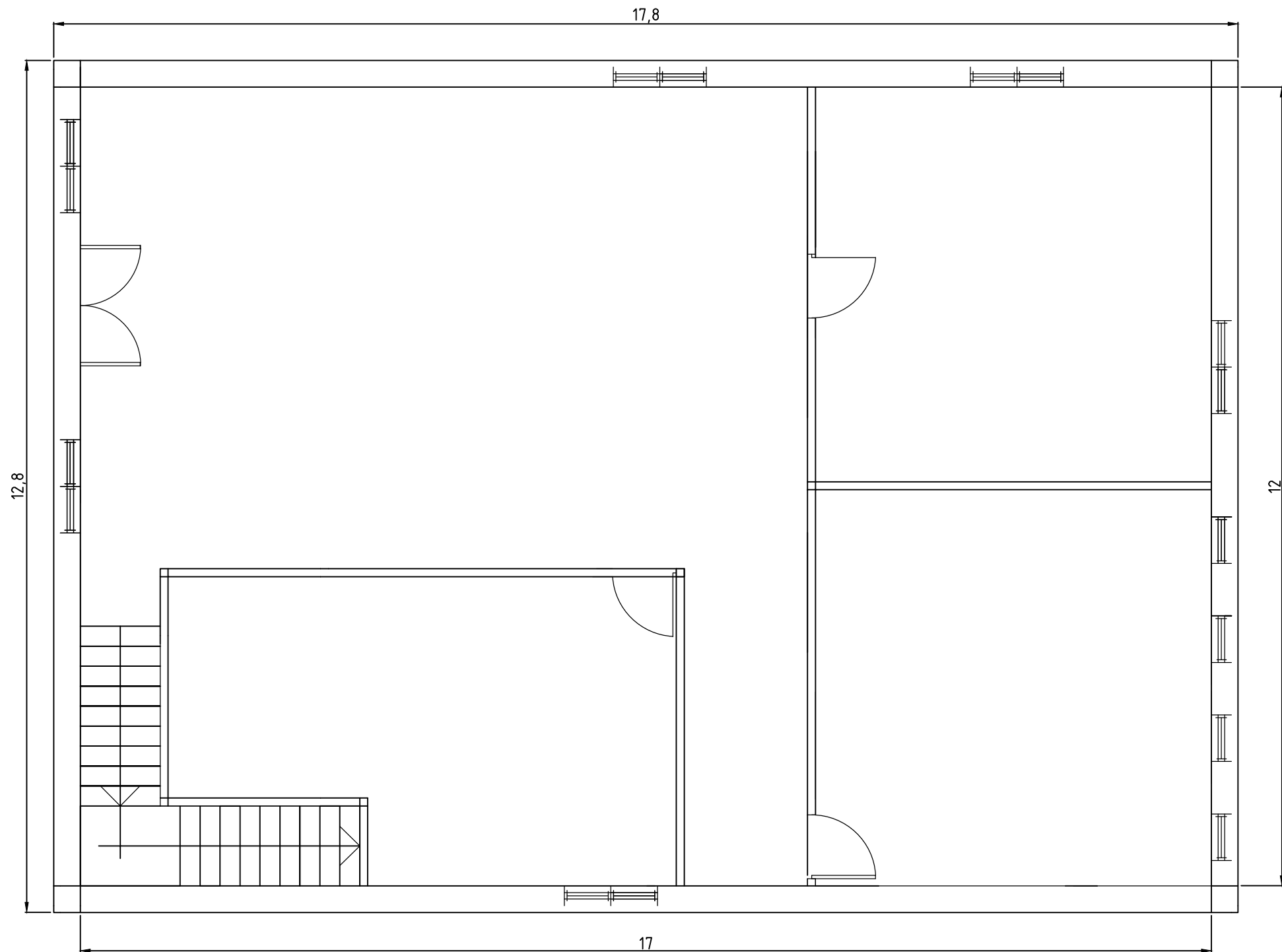


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR		
COMPROBADO		LUQUE		
		ÓRPEZ		
ESCALA:	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA PLANO DISTRIBUCIÓN. PLANTA PRIMERA			Nº PLANO 2
1:75				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



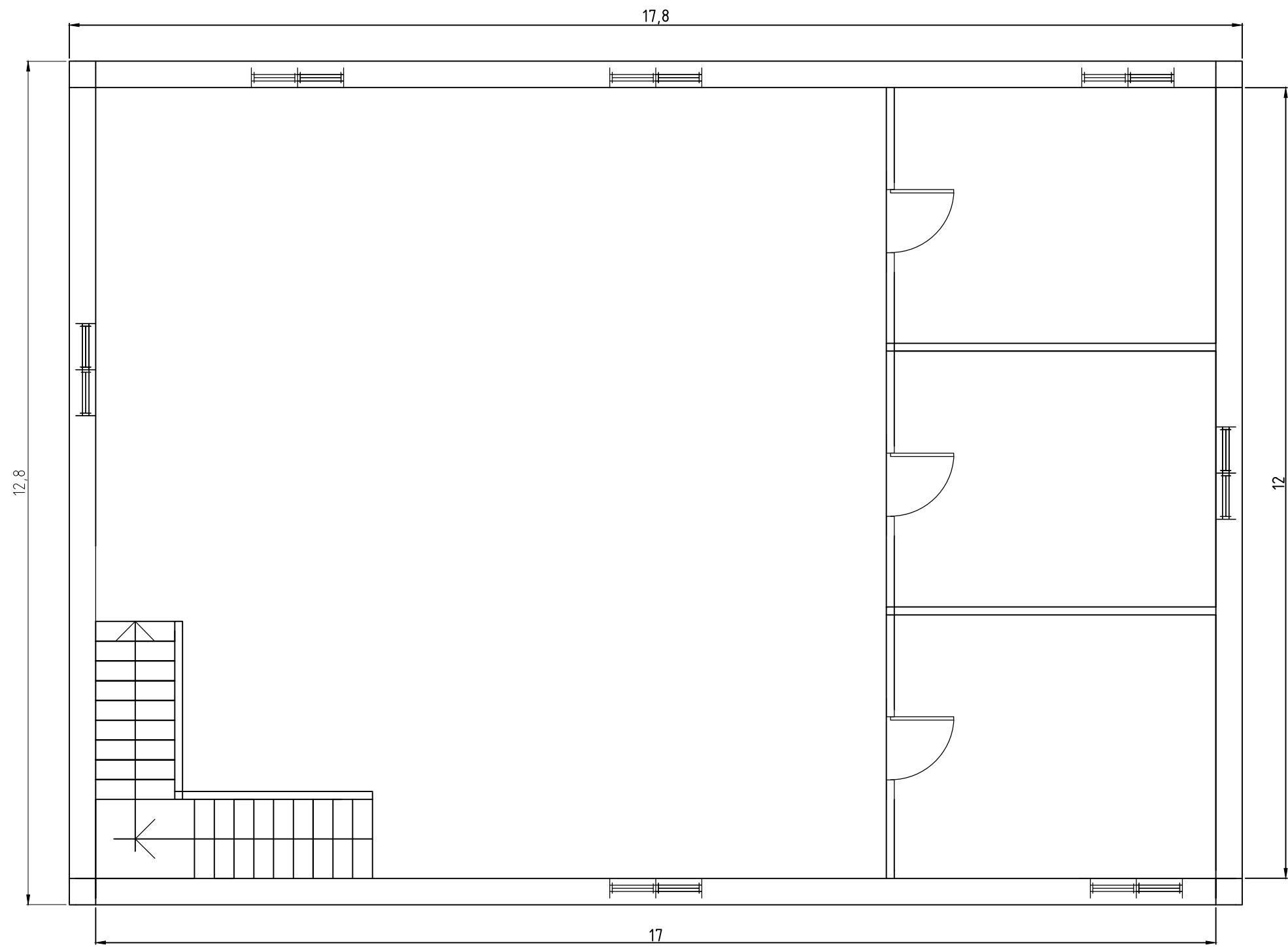
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR		
COMPROBADO		LUQUE		
		ÓRPEZ		
ESCALA:	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA PLANO DISTRIBUCIÓN. PARKING			Nº PLANO 3
1:75				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

3.2 PLANO DE DIMENSIONES DEL EDIFICIO



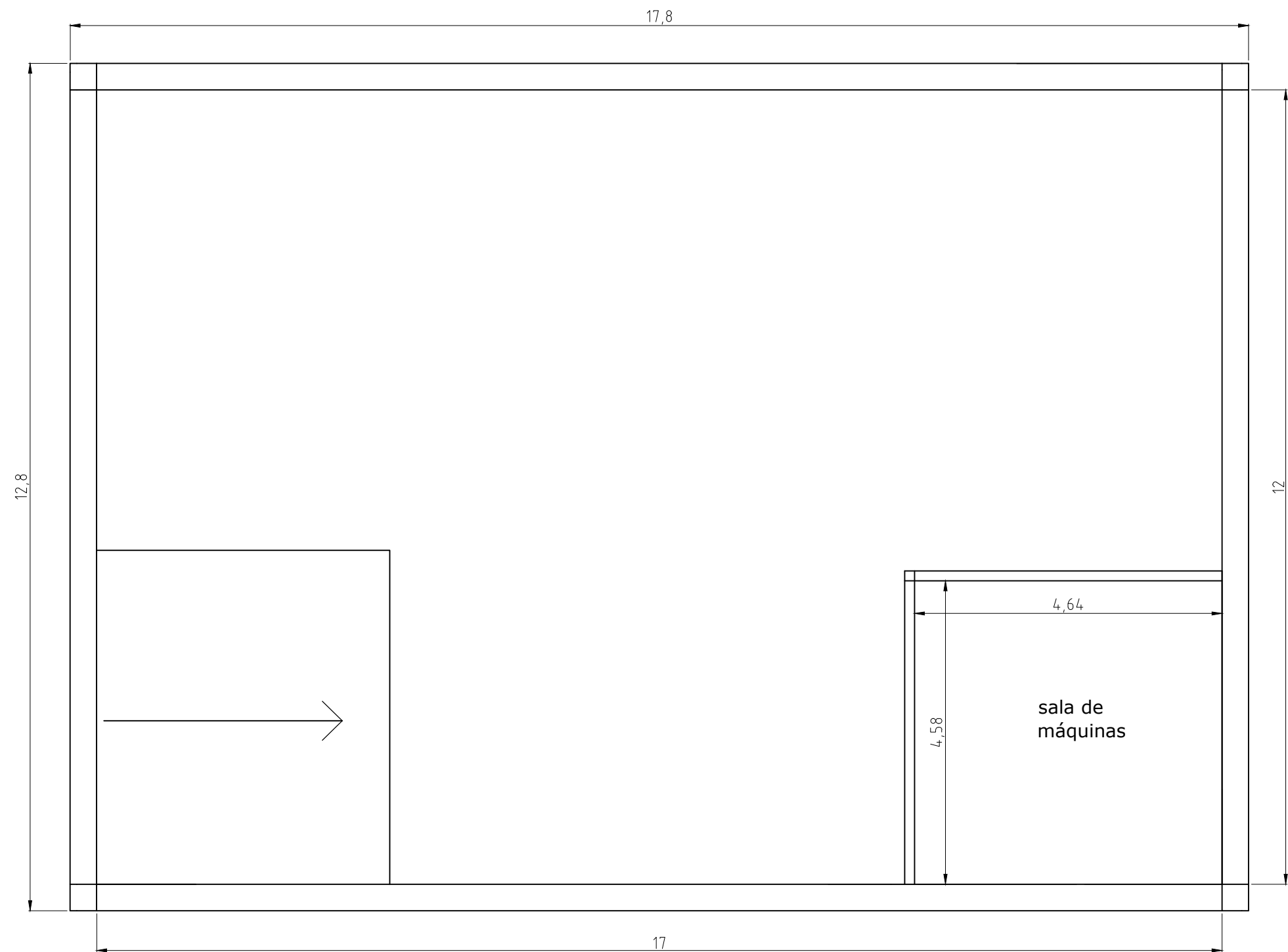
SUPERFICIE CONSTRUIDA= 227,84 m²
SUPERFICIE ÚTIL= 204 m²

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR			
COMPROBADO		LUQUE			
		ÓRPEZ			
ESCALA:	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA DIMENSIONES. PLANTA BAJA				Nº PLANO 4
1:75					SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:



SUPERFICIE CONSTRUIDA= 227,84 m2
SUPERFICIE ÚTIL= 204 m2

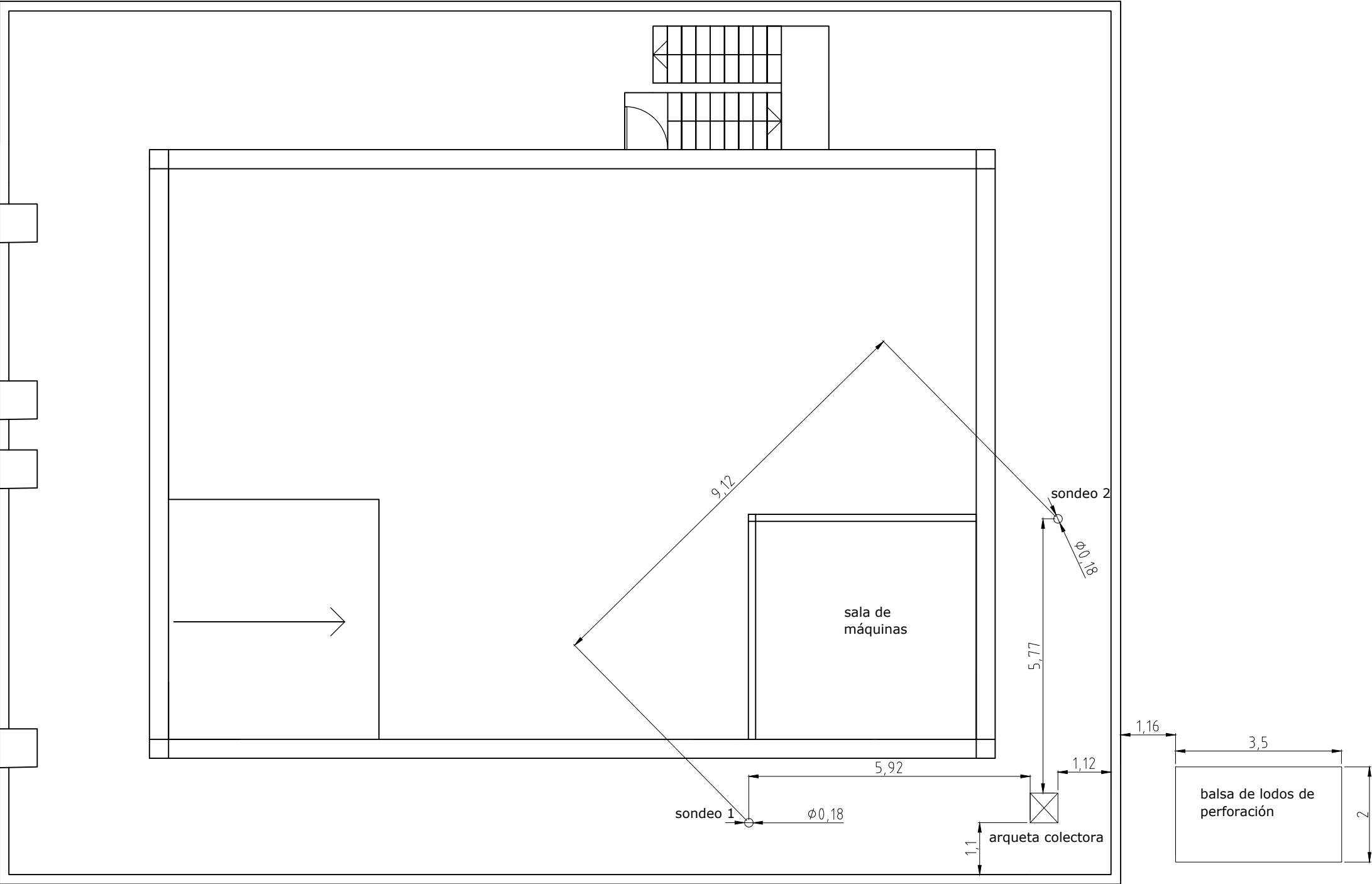
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR			
COMPROBADO		LUQUE			
		ÓRPEZ			
ESCALA:	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA DIMENSIONES. PLANTA PRIMERA				Nº PLANO 5
1:75					SUSTITUYE A:
					SUSTITUIDO POR:



SUPERFICIE CONSTRUIDA = 227,84 m²
SUPERFICIE ÚTIL = 204 m²
SUPERFICIE ÚTIL SALA MÁQUINAS = 21,25 m²

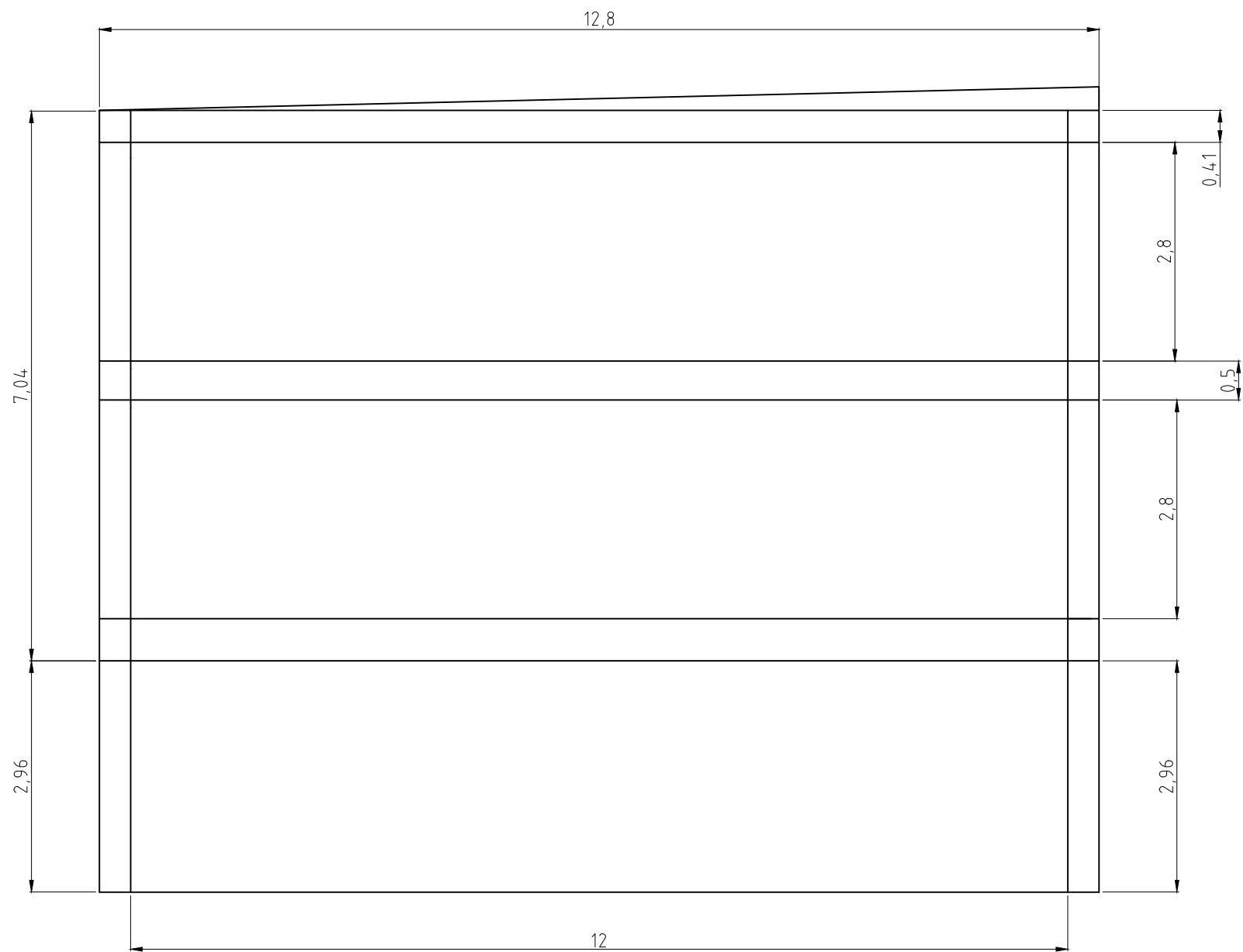
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR		
COMPROBADO		LUQUE		
		ÓRPEZ		
ESCALA:	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA DIMENSIONES. PARKING			Nº PLANO 6
1:75				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

3.3 PLANO DE SITUACIÓN DE LOS SONDEOS



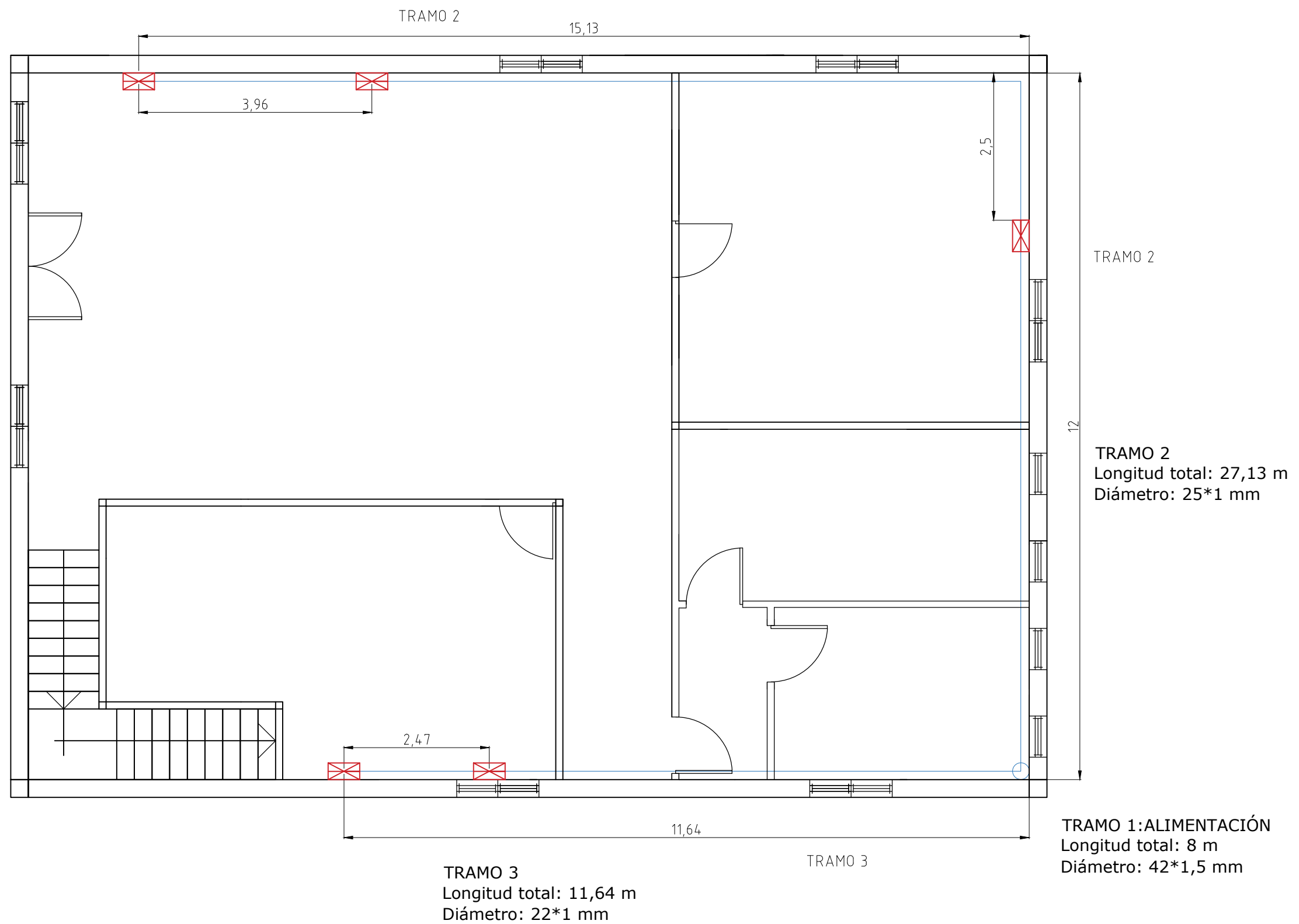
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR		
COMPROBADO		LUQUE		
		ÓRPEZ		
ESCALA:	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA PLANO SITUACIÓN SONDEOS			Nº PLANO 7
1:100				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

3.4 PLANO DE ALZADO DEL EDIFICIO

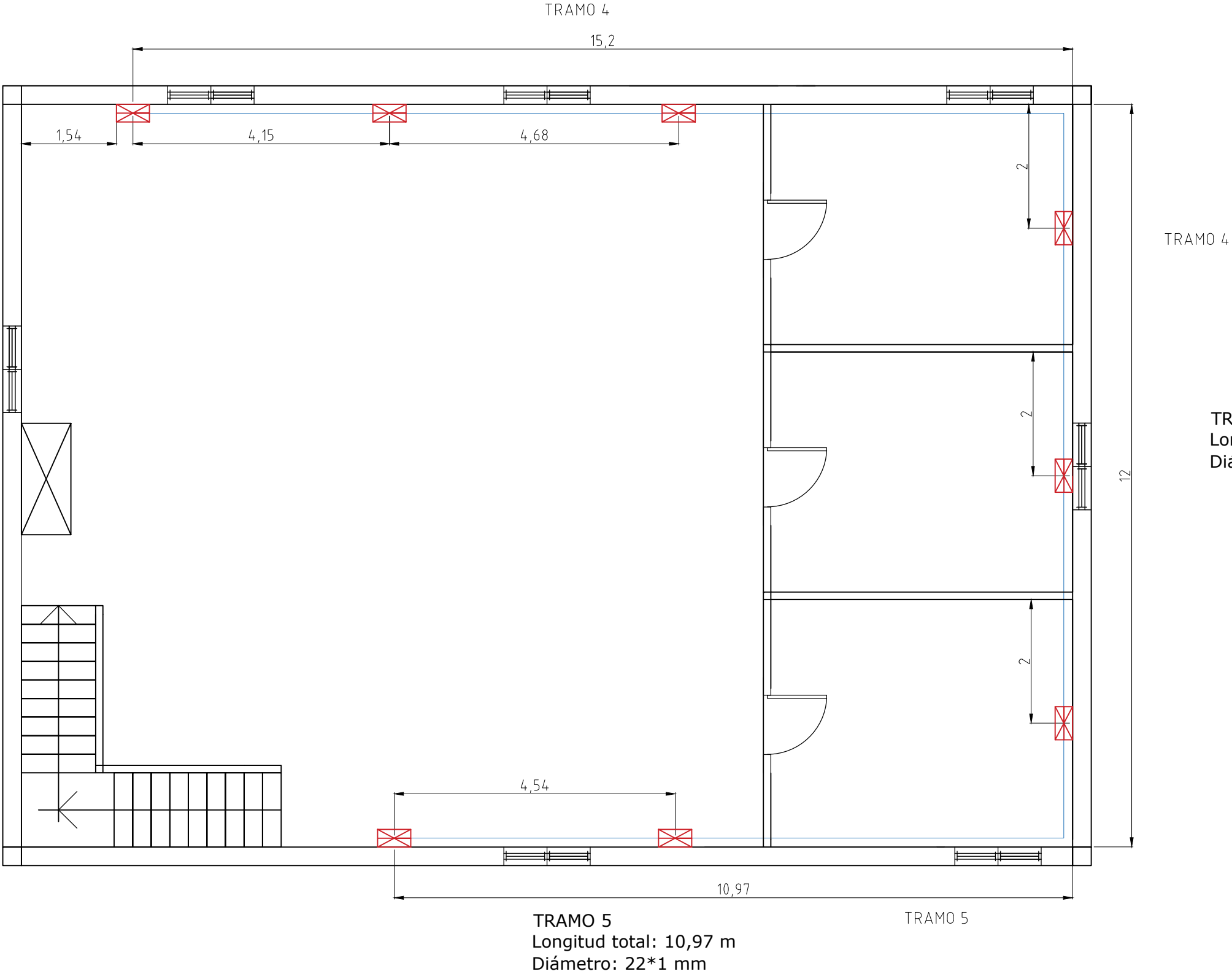


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR		
COMPROBADO		LUQUE		
		ÓRPEZ		
ESCALA: 1:75	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA PLANO ALZADO DEL EDIFICIO			Nº PLANO 8
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

3.5 PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE FAN-COILS Y TUBERÍAS



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR		
COMPROBADO		LUQUE		
		ÓRPEZ		
ESCALA: 1:75	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA DISTRIBUCIÓN DE FAN-COIL Y TUBERÍAS. PLANTA BAJA			Nº PLANO 9
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	22/8/2016	CÉSAR		
COMPROBADO		LUQUE		
		ÓRPEZ		
ESCALA:	CLIMATIZACIÓN DE UN BLOQUE DE OFICINAS MEDIANTE ENERGÍA GEOTÉRMICA DISTRIBUCIÓN DE FAN-COIL Y TUBERÍAS. PLANTA PRIMERA			Nº PLANO 10
1:75				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

La finalidad de este Pliego de Condiciones es llevar a cabo la estructuración de las diferentes condiciones técnicas, económicas, facultativas y de carácter legal que han de gobernar en la realización de las obras de este proyecto.

En el desarrollo total de la obra se acatará la normativa vigente.

La obra deberá realizarse en función a lo establecido en los documentos que forman parte de éste proyecto, fijándose en todo momentos en las condiciones fijadas en las órdenes e instrucciones dictadas por la dirección facultativa y en el contrato, ya sea por escrito o de forma oral.

En el momento en el que se decida realizar algún cambio en la obra, se hará saber a la Dirección Facultativa. En el caso de no existir autorización por la Dirección Facultativa, esa modificación en la obra no podrá llevarse a cabo.

Los trabajos que se realicen, se acatarán siguiendo lo aclarado en el siguiente apartado de condiciones técnicas de la obra y se utilizarán materiales que cumplan con lo especificado también en ese apartado.

La contrata está comprometida, además del resto de agentes que participan en la obra, al conocimiento de este Pliego de Condiciones y a su cumplimiento.

4.2. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS

4.2.1. AGENTES INTERVINIENTES

4.2.1.1. PROMOTOR

Según la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) [12], se puede definir promotor como *“Cualquier persona física o jurídica, pública o privada que, individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título”*

El papel que tiene un promotor dentro de este ámbito se puede resumir en los siguientes puntos:

- Mostrar la titularidad de un derecho que le capacite construir en él.
- Asignar a los trabajadores las distintas responsabilidades, por ejemplo: técnicos de proyectistas, directores de obra, directores de la ejecución material.
- Contratar al técnico que lleve a cabo el Estudio de Seguridad y Salud.
- Contratar al Coordinador en obra y en proyecto.
- Suministrar la información y documentación necesaria para la realización del trabajo, además de aprobar al director de obra los posteriores cambios del proyecto
- Tramitar y conseguir las licencias necesarias y autorizaciones administrativas.

- Suscribir el acta de recepción de la obra.

4.2.1.2. CONTRATISTA

Según la Real Academia Española, la palabra contratista puede definirse como “*Que realiza una obra o presta un servicio por contrata*”

En este caso, aquella persona a la que se le adjudique este cargo, presenta el compromiso de realizar las obras para este proyecto dentro del plazo acordado y con acato al proyecto que las define, al contrato firmado con el promotor, a la legislación que se aplique y a las especificaciones sugeridas por la Dirección Facultativa.

El papel que tiene un contratista dentro de este ámbito se puede resumir en los siguientes puntos:

- Debe tener la capacidad profesional de responder por el cumplimiento de su cometido como constructor.
- La obra debe llevarse acabo de tal forma que se alcance la calidad reclamada en el proyecto, además de cumplir los plazos acordados en el contrato.
- Selecciona al jefe de obra.
- Se encargará de firmar el acta de recepción y replanto de la obra.
- Suministrar los medios humanos y materiales a la obra.
- Legalizar las subcontrataciones para algunas partes o instalaciones de la obra.
- Entregar los datos que sean requeridos por el director de obra para que realice la documentación la obra que se está realizando.
- El contratista se encarga del total desarrollo del Estudio Básico de Seguridad y Salud.
- Suministro de todos los equipos materiales, servicios y mano de obra necesarios.
- Conexión de equipos de la instalación.
- Realización de pruebas y puesta en marcha.

Plazo de ejecución y obras

Si por algún motivo, el cual debe ser ajeno al contratista o una causa de peso, la obra no se inicia o termina en el plazo estimado, se concederá por parte de la Dirección Facultativa una prórroga. Para solicitar ésta prórroga, en el plazo de un mes a partir del día del incidente, el contratista debe dar todas las causas por escrito.

Aclarar, que el tiempo prorrogado se ajustará al perdido y si no se solicita en el tiempo establecido el contratista perderá el derecho a prórroga.

Medios humanos y materiales de obra

La Dirección Facultativa es la encargada de decidir en el acondicionamiento del personal de trabajo.

El Contratista está en la obligación de suministrar a la Dirección Facultativa dos muestras de los materiales de la obra acompañados con sus certificados y sellos de garantía en vigor, para que los examinen y sean aprobados para su posterior uso en la obra. Aquellos que no reúnan las características buscadas serán eliminados.

El transporte, descarga, manipulación y recolección de los materiales será una tarea del contratista.

Instalaciones y medios auxiliares

Dentro de este pequeño apartado se pretenden definir cuáles son las actividades que corren a cargo del Contratista:

1. Afrontar cualquier avería o accidente personal que tuviese lugar en la obra por mal estado de las instalaciones o insuficiencia.
2. El proyecto, conservación, obtención de los permisos, construcción o puesta en marcha, desmontaje, demolición, obras o medios auxiliares de obra para la ejecución de la obra.
3. Instalar una oficina con los enseres adecuados para la Dirección Facultativa. En ella se podrá encontrar la toda la documentación que se precise (copia del proyecto, libro de visitas de inspección de trabajo, copia de licencia de obras y Estudio básico de Seguridad y Salud).

Subcontratas

El contratista, bajo previa consulta del Promotor y la Dirección Facultativa, podrá contratar a otras unidades de obra bajo su responsabilidad.

Relación con los agentes intervinientes

Los pasos para la llevar a cabo la obra serán dispuestos por el Contratista, a excepción de que la Dirección Facultativa proponga otro orden por diversas razones. En este caso, no se recibirá ningún tipo de sanción.

Aquello que sea impuesto por la Dirección de obra, incluyendo decisiones económicas, deberá ser acatado por el Contratista. Si por alguna razón, el Contratista no está de acuerdo, podrá manifestar su queja por escrito.

Modificaciones en las unidades de obra

Las modificaciones en las unidades de obra que se llevan a cabo, son las que se citan a continuación:

- Sólo la Dirección Facultativa está capacitada para modificar unidades de obra respecto al proyecto.
- Si se da la situación en la que el Contratista lleve a cabo una modificación beneficiosa, sin estar bajo aprobación del Promotor y la Dirección Facultativa, sólo recibirá la parte económica acordada según lo contratado y proyectado.

- En el caso de que el Contratista haga modificaciones parciales, poniendo en riesgo lo descrito en el proyecto, podrá ser demolido y reconstruido si así lo acata la Dirección Facultativa.
- Debe ir acompañado por un escrito los nuevos materiales que se utilicen en la obra, que indiquen las modificaciones respecto al contrato.
- Cualquier cambio en las unidades de obra debe seguir estos pasos: dejarlo reflejado por escrito en el libro de órdenes, una previa autorización por la Dirección Facultativa y una posterior comprobación.

4.2.1.3. DIRECCIÓN FACULTATIVA

Proyectista

Según la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) [12], se puede definir proyectista como *“es uno de los agentes de la edificación contemplados. Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto”* [<http://www.coordinador-de-seguridad.com>].

Como se señala en la definición de proyectista, éste se encarga de la redacción del proyecto, pero en el caso en el que el proyecto se lleve a cabo o se complemente por la participación de varios proyectistas, a cada uno se le adjudica la titularidad de su proyecto.

Director de obra

El Director de Obra está formando parte de la Dirección Facultativa y dirige el desarrollo de la obra en todos los aspectos.

El papel que tiene el Director de Obra dentro de este ámbito se puede resumir en los siguientes puntos:

- Se encarga de resolver los posibles peligros en la obra y exponer en el Libro de órdenes y asistencia los pasos a seguir para una adecuada respuesta.
- Realiza cambios en el proyecto en el caso de que vengan exigidos por el desarrollo de la obra.
- Examinar la adecuación de la cimentación, el replanteo y de la estructura proyectadas a las características del terreno.
- Se encarga de preparar toda la documentación de la obra para entregarla al promotor.
- Firmar el acta de comienzo de obra y el certificado de fin de obra.
- Construir las certificaciones de las unidades de obra ejecutadas.

Director de Ejecución de la Obra

El Director de Ejecución de la Obra (DEO), *“es la figura creada por la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación) [12], en su objetivo de definir las responsabilidades de cada agente de la edificación”*.

El Director de Ejecución de la Obra tiene varias funciones dentro de la realización del proyecto, tales como: es participante de la Dirección Facultativa, es el responsable de la ejecución del material de la obra y de tener bajo control, en todos los aspectos la construcción y la calidad de la obra del proyecto.

El papel que tiene el Director de Ejecución de la Obra dentro de este ámbito se puede resumir en los siguientes puntos:

- Transcribir en el libro de Asistencias y Órdenes las instrucciones precisas.
- Conducir un buen uso del material de la obra según lo estipulado en el proyecto y con las órdenes impuestas por el Director de Obra.
- Verificar que en la obra se reciben los materiales de construcción acordados.
- Debe de ordenar los ensayos y pruebas precisas de los materiales de construcción que se reciben.
- Firmar el acta de comienzo de obra y el certificado de fin de obra.
- Participar con el resto de empleados cualificados para la elaboración de la documentación de la obra que está teniendo lugar, aportando los resultados del control realizado.

4.2.2 DOCUMENTACIÓN

Durante todo el periodo en el que la obra se esté llevando a cabo, debe estar disponible una copia del proyecto, la cual siempre debe estar actualizada, a disposición de todos los trabajadores.

En el caso de que el Contratista tenga alguna duda sobre el proyecto, deberá hacerlo saber a la Dirección Facultativa para poder resolver el problema. Hasta que no se solucione este asunto, no se podrá realizar esta parte del proyecto.

La presencia de incoherencias entre documentos del proyecto de obra (integrantes o entre documentos complementarios), serán resueltas por el Director de Obra, tomando esta decisión según su propio pensamiento.

Cuando la obra se finalice, el proyecto será entregado al Promotor para que tramite los correspondientes documentos administrativos. A esta documentación, el mismo Promotor, adjuntará el acta de recepción, la relación de los trabajadores que han intervenido en la construcción del proyecto, instrucciones de uso y mantenimiento y aquellos datos requeridos para el Libro del Edificio que se entregará a los dueños.

4.2.3 REPLANTEO Y ACTA DE REPLANTEO

Según el diccionario de la Real Academia Española, el replanteo se puede definir como *“Trazar en el terreno o sobre el plano de cimientos la planta de una obra ya estudiada y proyectada”*.

El replanteo será elaborado por el Constructor, siguiendo las pautas marcadas por la Dirección Facultativa.

El Acta de comprobación de Replanteo contendrá, la conformidad o disconformidad del replanteo, las referencias a las características geométricas de la obra, la autorización para ocupar el terreno y si las hay, omisiones errores o contradicciones que se han detectado en el proyecto.

El Contratista debe ir al acto de Comprobación del Replanteamiento que se lleva a cabo por la Dirección.

Una vez finalizado todo, al Contratista se le hará entrega de una copia del Acta de Comprobación de Replanteamiento.

4.3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

4.3.1 GENERALIDADES

En éste pliego se escribirán los requisitos técnicos que deberán cumplir los materiales, equipos e instalaciones.

De manera general se definirán los siguientes conceptos:

- Características y especificaciones de los materiales.
- Forma de realizar las instalaciones y el montaje.
- Pruebas y ensayos.
- Garantías exigidas.

En general la instalación cumplirá con el RD 1751/1998 Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios RITE [3], Reglamento de Aparatos a Presión RD 1244/1979 [13] e instrucciones técnicas complementarias y Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas [14].

4.3.2. AISLAMIENTO TÉRMICO

El aislamiento térmico de las tuberías de cobre se instalará después de la realización de las pruebas de estanqueidad correspondientes.

El aislamiento no quedará interrumpido en toda su longitud, aun habiendo elementos estructurales. Si fuese necesario atravesar algún muro, el hueco tendrá la longitud necesaria para que pase la tubería y el aislamiento. No se interrumpirá el aislamiento en ningún caso, incluido los soportes de las tuberías.

Tras la colocación del aislamiento los instrumentos de medida y válvulas quedarán visibles y accesibles.

El espesor del material aislante no será en ningún caso inferior a lo indicado.

Se colocarán distintos colores para las tuberías de ida y retorno.

No serán aceptados aislantes que presenten humedad.

4.3.2.1. MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS

El fabricante que proporcione el aislante deberá indicar las características del material.

El material aislante empleado cumplirá con las Normas UNE correspondientes.

La conductividad térmica del material aislante no superará la indicada.

4.3.3. FAN COILS

Las baterías de intercambio de los Fan coils soportarán, sin deformaciones y goteos, una presión hidráulica de 40 mca como mínimo.

Los distintos componentes del Fan coils estarán colocados y ensamblados para que no se produzcan deterioros u oxidaciones en las condiciones normales de funcionamiento.

Los cojinetes del ventilador serán autolubrificantes y no necesitarán mantenimiento posterior.

Se regulará la capacidad de climatización de los Fan coils en base al caudal del aire dado por las distintas velocidades del ventilador.

El equipo se conectará a la red de tierra del edificio.

Los Fan coils estarán alimentados por la red general por la que circulará el fluido necesario para su correcto funcionamiento, y a su vez estarán conectados a la red eléctrica.

Se colocarán los Fan coils a una distancia de 10 cm de la pared.

Los Fan coils cumplirán con las características de seguridad e higiene.

Se rechazará cualquier Fan coils que no cumpla con las condiciones establecidas en el apartado de Anexos, en la ficha técnica que nos proporciona el fabricante.

4.3.3.1. MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS DEL FAN COIL

Los fan coils estarán constituidos por:

- Estructuras de acero inoxidable.

- Batería de intercambio agua-aire.
- Filtro de aire.
- Ventilador.
- Mando de ventilador.
- Conexión de alimentación de electricidad.
- Conexión de alimentación de agua.
- Placa de características.
- Rejillas de aspiración y descarga.

4.3.4 VASO DE EXPANSIÓN

Los vasos de expansión se conectarán a la red de aspiración de la bomba del circuito de climatización.

Se conectará de manera que no pueda crearse bolsas de aire en el mismo.

Cumplirán el reglamento de recipientes a presión y llevarán consigo una placa de características especificando los valores nominales de funcionamiento como volumen total de agua, temperatura máxima y mínima de funcionamiento, presión mínima y máxima de servicio.

Se rechazará aquel vaso de expansión que no cumpla con las especificaciones establecidas en su ficha técnica, la cual se puede encontrar en el apartado de Anexos.

4.3.5. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Se le colocarán los elementos antivibratorios necesarios para no transmitir vibraciones a la estructura.

La bomba se montará en la sala de máquinas del edificio y la presión a la entrada será la suficiente para evitar el fenómeno de cavitación.

La sujeción de la bomba se realizará en el suelo preferentemente y no a las paredes.

Si las dimensiones de la tubería de entrada o salida son distintas a las de la bomba se realizará un acoplamiento cónico con un ángulo en el vértice no superior a 30 grados.

El fabricante suministrará la bomba con la siguiente información:

- Tipo y modelo.
- Curvas características de funcionamiento (motor, r.p.m. y tipo de impulsor).
- Dimensiones, peso y cotas de conexiones.
- Presión y temperatura máxima de trabajo.
- Corriente de alimentación.
- Instrucciones de montaje.

Se rechazará cualquier bomba que no cumpla con las características necesarias especificadas en la ficha técnica de la bomba, la cual se puede encontrar en el apartado de Anexos.

4.3.6 DRENAJES

Se colocará en la parte más alta del circuito (primera planta) un drenaje o purga para eliminar el aire que se pudiese acumular en el circuito hidráulico. Esta purga se colocará con una tubería no inferior a 15 mm de diámetro.

Además se instalarán purgas manuales en otras partes del circuito para evitar la formación de bolsas de aire en tuberías donde fueran previsibles su formación.

4.3.7 ACOMETIDAS DE AGUA A EQUIPOS Y REDES

En toda instalación de agua debe existir un circuito de alimentación que disponga de una válvula de recepción antes de la conexión a la instalación y se instalará un filtro

La tubería de alimentación de agua se conectará al depósito de expansión o a una tubería de retorno. No se realizará esta alimentación conectándola directamente a la red de aguas urbanas y es necesario separar ambos circuitos. Se instalará un equipo de tratamiento de agua de alimentación si no cumple con las limitaciones especificadas por los fabricantes de los equipos.

La alimentación automática de agua a la instalación solo se permitirá cuando se garantice el control de la estanqueidad.

En cualquier caso la alimentación de agua al sistema no se realizará con una conexión directa a la red de distribución urbana, siendo necesaria una separación física como el llenado a través del vaso de expansión.

Se diferenciarán todas las tuberías mediante colores y sentido de circulación del fluido.

4.3.8 PRUEBAS Y ENSAYOS

Una vez acabado el montaje de la instalación se realizarán diferentes pruebas finales como se indica en los siguientes apartados.

Las pruebas serán realizadas por el instalador en presencia de las personas que determine la Dirección Facultativa de Obra.

El instalador pondrá a disposición de la Dirección Facultativa de Obra los medios materiales y humanos para la realización de las pruebas de la instalación.

Todas las mediciones que se realicen en dichas pruebas se llevarán a cabo con aparatos homologados previamente comprobados por la Dirección Facultativa de Obra.

4.3.8.1. PRUEBAS PARCIALES

Durante la instalación se realizarán las pruebas y ensayos a elementos que puedan quedar ocultos y estos no se cubrirán hasta que se obtengan los resultados de las pruebas y estos sean satisfactorios.

Se harán pruebas a todos los elementos o equipos que determine el Director Facultativo de Obra.

4.3.8.2 PRUEBAS MECÁNICAS

Los equipos serán sometidos a las siguientes pruebas:

- Intercambiadores de calor para todos los equipos en los que se produzca un intercambio de energía térmica (baterías) se realizará una comprobación individual midiendo en estos los caudales, caída de presión y temperaturas y se comparará con las establecidas en el proyecto.
- Circuito hidráulico. Todos los equipos y conducciones se someterán a una prueba de estanquidad y se realizarán pruebas de circulación de agua con las bombas, se comprobará que los filtros de agua y presiones sean las indicadas en el proyecto.
- Motores. Para los motores eléctricos se comprobará que la potencia absorbida es igual a la establecida por la ficha técnica y que el funcionamiento de estos es el adecuado sin producir vibraciones, ruidos o algún funcionamiento anormal.
- Ventiladores. En los ventiladores de los Fan Coils se comprobará el caudal de aire así como la presión de aspiración y de carga. Se compararán estos resultados con los que proporciona el fabricante.

4.3.8.3 OTRAS PRUEBAS

Finalmente se comprobará que la instalación cumpla con las condiciones de salubridad, seguridad, eficiencia, fiabilidad y duración marcada por la reglamentación vigente.

Se prestará especial atención a que la instalación funcione correctamente de forma automática.

4.3.9 RECEPCIÓN

Cuando se hayan realizado las pruebas anteriormente mencionadas y sus resultados sean satisfactorios y además la instalación se haya terminado completamente de pintura, limpieza, remates etc, se presentará el certificado de la instalación según el modelo RITE ante la delegación provincial del ministerio correspondiente para potencias instaladas superiores de 10 KW en frío y 6 KW de calor.

Cumplido lo anterior el Director Facultativo entregará los siguientes documentos::

- Manual de instrucciones.
- Libro de mantenimiento.

- Resultado de las pruebas.
- Registro del usuario del ministerio.
- Copia del certificado de la instalación
- Proyecto en el que se describirá la instalación relacionando todos los equipos empleados y los planos definitivos.

4.3.9.1. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN

Se determinarán, si las hubiese las deficiencias energéticas de los equipos. Los equipos montados en fábricas no deberán someterse a otras pruebas específicas si ya han sido sometidos a éstas en las mismas. Para los equipos de importación la prueba de estanqueidad requerida en el Reglamento de Seguridad para planta e instalaciones frigoríficas se justificará con una certificación de una entidad conocida en el país de origen o legalizada por el representante español de ese país o en su caso por un laboratorio de ensayos nacional reconocido en España.

Los equipos poseerán la documentación técnica y especificada para cada uno de ellos.

Las partes móviles de los equipos estarán protegidas contra la corrosión así como la carcasa y tendrán la robustez necesaria para soportar, sin deformaciones, los esfuerzos en un funcionamiento normal. Además las partes móviles no interferirán con ningún otro elemento y estarán protegidas para evitar daños personales y estarán firmemente unidas sin posibilidad de desprenderse por efecto de la vibración.

Las partes sometidas a presión deberán resistir como mínimo las presiones tal cual se establece en el reglamento de seguridad para equipos e instalaciones frigoríficas.

Los motores y las transmisiones de la bomba de calor estarán protegidas contra accidentes fortuitos del personal y serán fácilmente accesibles e inspeccionables, siendo las uniones mecánicas observables en todo momento.

Todos los elementos del equipo de climatización serán probados antes de su puesta en marcha a una presión ligeramente superior a la de trabajo.

4.3.9.2. ELEMENTOS DE BOMBEO

Los elementos de bombeo se encontraran con la documentación técnica exigible.

Los materiales que formen el equipo serán actos de acuerdo con el líquido que circulará con ellos en cuanto a temperatura, corrosividad y abrasividad.

La bomba será fácilmente desmontable y accesible, teniendo las protecciones necesarias para evitar daños personales.

Se comprobará el funcionamiento de la bomba y si los resultados variaran más del 7% de lo especificado en su ficha técnica se rechazará el equipo.

4.4 PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS

4.4.1 FIANZAS Y SEGUROS.

En el momento que se produzca la firma del contrato, el Contratista es el encargado de exponer las fianzas y seguros obligatorios ante la Ley.

Corre bajo responsabilidad del Contratista, que la obra dure el plazo acordado hasta su recepción.

4.4.2 PLAZO DE EJECUCIÓN Y SANCIÓN POR RETRASO

Si por algún motivo la obra no está finalizada para la fecha establecida, el Contratista está en el derecho de bajar el precio establecido en el contrato de las fianzas o similares.

Cada día de retraso en la finalización de la obra, irá acompañado de una indemnización.

Además el Contratista no presenta la potestad de aplazar los trabajos de la obra o trabajar a un ritmo inferior que el impuesto en el Proyecto.

4.4.3 PRECIOS

Precios contradictorios

Los precios contradictorios se producen a consecuencia de la introducción de unidades o cambios de calidad en el Proyecto, ya sea por decisión del Promotor o de la Dirección Facultativa.

Cuando tenga lugar una situación en la que se produzcan precios contradictorios, se deberá levantar actas, que serán firmadas por triplicado por la Dirección Facultativa, el Contratista y el Propietario.

Revisión de precios

Dentro de este apartado del Pliego de condiciones económicas, se hace un pequeño resumen de los pasos a seguir para la realización de los precios.

- Los precios contratados no se podrán revisar excepto en obras muy largas.
- Si tiene una situación en la que ocurra un aumento de precios, el Contratista solicitará una revisión al Promotor y a la Dirección Facultativa.
- Si se acepta un aumento de precio, debe justificarse la causa y debe anotarle la fecha en la que se produce esta subida de precio.
- Si ocurre el caso contrario, una bajada de precios, se debe acordar el nuevo precio unitario y se anotará la fecha en la que empiezan a entrar en vigor.

Composición de los precios unitarios

Para determinar y así saber cuál será el presupuesto total necesario para la realización de la obra, se necesita determinar el valor total de las distintas unidades que componen la obra. Este valor total buscado se obtiene realizando la suma de los costes indirectos, costes directos, gastos generales y el beneficio industrial.

A continuación, se expresa de una forma más general, los conceptos de costes directos e indirectos.

Costes directos

Los costes directos se asocian con el producto de una forma muy clara, sin necesidad de ningún tipo de reparto. Se producen cuando las empresas establecen mecanismo de control para conocer con exactitud la cantidad de coste que va al producto, servicio y o sección. Dentro de los más habituales encontramos:

1. Materias primas: Son los materiales que se consumen para fabricar el producto, siendo en nuestro caso el proyecto. Pueden extraerse directamente de la naturaleza o elaborados previamente por otra empresa.
2. Mano de Obra Directa (MOD): Son las personas relacionadas directamente con el producto debido a que se encargan de su elaboración. Las horas empleadas se pueden medir a través de un sistema informático donde todo quede registrado.
3. Gastos de amortización y conservación de las instalaciones, maquinaria, sistemas y equipos.

Costes indirectos

Los costes indirectos, también llamados costes no directos pueden dividirse en dos grupos:

- Semidirectos: no pueden ser aplicados directamente a un producto, pero si llevarse directamente a un centro de coste.
- Indirectos: no dependen ni del producto ni del centro (empresa que realiza el proyecto).

Los costes indirectos se clasifican en los siguientes grupos:

1. Costes Indirectos de Producción (CIP): corresponden a gastos de aprovisionamiento y fabricación. El caso más común de este tipo de coste indirecto es la Mano de Obra Indirecta. Por otro lado, también hay que incluir en este apartado los tiempos que se han perdido o en los que no se ha llevado a cabo el proyecto por algún problema.
2. Costes Indirectos Generales (CIG): corresponden a gastos comerciales, administrativos, financieros etc.

Además se deben de tener en cuenta los siguientes conceptos para poder llevar a cabo la composición de los precios unitarios.

- *Beneficio Industrial*

Corresponde al 6% sobre la suma de las anteriores partidas.

- *Precio de Ejecución Material*

Se define como el resultado de la suma de los costes directos, indirectos a excepción del beneficio industrial y los costes indirectos generales.

- *Precio contrata*

Se define como el resultado de sumar los costes directos, los costes indirectos y el Beneficio Industrial.

4.4.4 MEDICIONES Y VALORACIONES

El contratista junto con la Dirección Facultativa, deberá realizar la medición de las unidades de obra y aplicar los precios que se exponen en el contrato.

A la hora de realizar las mediciones finales y parciales, la Dirección Facultativa y el Contratista deben realizar y firmar las actas correspondientes.

Para calcular las valoraciones de las unidades de obra se debe multiplicar el número de unidades de obra por el precio unitario.

La medición y valoración que lleva a cabo el Contratista deben ser aprobadas por la Dirección Facultativa. Si la Dirección Facultativa cree conveniente realizar algún cambio, se deben anotar estas observaciones y una vez hecho esto, dará su certificación firmada al Promotor por un lado y al Contratista.

El Contratista está en todo derecho de desaprobar la decisión tomada por la Dirección Facultativa, siempre que se lo comunique bajo el protocolo establecido.

Unidades de administración

La finalización de los trabajos se hará basándose en una serie de documentos que deben ser presentados por el promotor, tales como:

- Nóminas de los jornales donde se resuman las horas de trabajo de los operarios según la legislación.
- Facturas originales de transporte de materiales o escombros.
- Recibos de licencias.
- Impuestos.
- Facturas originales de los materiales.

Aquellas partes del proyecto de obra llevadas a cabo por la administración, deben realizarse bajo el consentimiento de la Dirección Facultativa y el Promotor.

Queda bajo responsabilidad del Contratista, realizar de forma diaria un parte de jornales y materiales, los cuales deben pasar por un control y ser aceptados por la Dirección Facultativa.

Abono de ensayos y pruebas

Los gastos que corresponden al análisis y a ensayos impuestos por la Dirección Facultativa pueden ser asumidos por el Contratista o por el Promotor, en función de cuál sea el importe. En el caso de que el importe sea el 1% del presupuesto del proyecto, el

gasto será asumido por el Contratista. Por otro lado, si se supera este porcentaje anterior, será asumido por el Promotor.

4.4.5 CERTIFICACIÓN Y ABONO

Las obras se abonarán a los precios establecidos en el presupuesto contratado.

Las obras que queden incompletas no se abonarán o se abonarán en función a lo que quede por terminar, según ya decida la Dirección Facultativa.

Aquellas unidades de obra que no se encuentren terminadas no recibirán su correspondiente certificado hasta que la Dirección Facultativa lo vea conveniente.

Estos documentos, llamados certificados de las unidades de obra, se entregarán al Propietario.

El encargado de pagar al Contratista, en aquellos plazos acordados será el Promotor.

4.5. PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES

La Contrata junto con todos los agentes intervinientes en la obra deben tener conocimiento de este pliego de condiciones y acatar todos sus puntos.

El Contratista tiene sobre él una serie de obligaciones o responsabilidades que se citan a continuación:

- Labor policial de la obra y del solar.
- Solicitar los permisos y licencias necesarias.
- Alambrar el solar siguiendo las ordenanzas municipales.

Los motivos que pueden ser motivo para la cancelación del contrato son:

- Incapacidad o muerte de Contratista.
- Bancarrota del Contratista.
- La obra no se ponga en marcha pasado un mes de la fecha acordada.
- Cambios en el proyecto que tengan como consecuencia una alteración del 50% del presupuesto.
- Abandono de la obra de forma injustificada por un plazo mayor a dos meses.
- No cumplir la normativa de Seguridad y Salud vigente en el momento de la realización de la obra.
- No poner fin a la realización de la obra en la fecha acordada.
- Violar el proyecto, el contrato o ciertas determinaciones impuestas por la Dirección Facultativa.

En el transcurso de la obra, se tendrá a disposición la normativa vigente, a tener en cuenta sobre todo aquellas de obligado cumplimiento como las que se citan a continuación.

Código Técnico de la Edificación

- Real Decreto 2429/2006

Normas generales del sector

- Ley 38 / 1999 de 5 de Noviembre Ley de Ordenación de la Edificación. LOE.
- Real Decreto 462 / 1971 de 11 de Marzo. Normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación.

Materiales

- Real Decreto 1797 / 2003 de 26 de diciembre RC-03. Instrucción para la recepción de cemento.
- Orden 1986 de 15 de septiembre Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Saneamiento de Poblaciones.
- Orden 1990 de 4 de Julio RB-90, Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de bloques de hormigón.

Estructurales

- Real Decreto 642 / 2002 de 5 de julio EFHE. Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de forjados unidireccionales de Hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.
- Real Decreto 997 / 2002 de 27 de Septiembre Aprueba la norma de construcción sismo resistente: parte general y edificación (NCSR-02).
- Real Decreto 2661 / 1998 de 11 de Diciembre EHE. Instrucción de hormigón estructural.

Seguridad y salud

- Ley 31 / 1995 de 8 de Noviembre Prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1495 / 1986 de 26 de Mayo Reglamento de seguridad en las máquinas.
- Orden 1971 de 9 de marzo Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ordenanza General.
- Orden 1970 de 28 de Agosto Ordenanza laboral de la construcción, vidrio y cerámica.
- Real Decreto 487 / 1997 de 14 de Abril Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 486 / 1997 de 14 de Abril Establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485 / 1997 de 14 de Abril Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 665 / 1997 de 12 de mayo Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos.
- Real Decreto 664 / 1997 de 12 de mayo Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.
- Real Decreto 1627 / 1997 de 24 de Octubre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

- Real Decreto 773 / 1997 de 30 de Mayo Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los EPI.
- Real Decreto 488 / 1997 de 14 de Abril Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativos al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 171 / 2004 de 30 de enero de Prevención de riesgos laborales en materia de coordinación de empresas.
- Real Decreto 614 / 2001 de 8 de junio Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1316 / 1989 de 27 de octubre Protección de los trabajadores contra riesgos relacionados con la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real Decreto 54 / 2003 de 12 diciembre Reforma del marco normativo de prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1627 / 1997 de 24 de Octubre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

Instalaciones

- Real Decreto 1314 / 1997 de 1 de Agosto Reglamento de aparatos de elevación y su manutención.
- Real Decreto 2291 / 1985 de 8 de Noviembre Reglamento de aparatos de elevación y manutención de los mismos.
- Real Decreto 919 / 2006 de 28 de Julio. Reglamento de instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales.
- Real Decreto 1027 /2007 de 20 de Julio RITE. Reglamento de instalaciones térmicas.
- Real Decreto 836/2003 de 27 de junio. Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención referente a grúas torre para obra u otras aplicaciones.
- Orden 1977 de 23 de mayo Reglamento de Aparatos Elevadores para obras.
- Real Decreto 494 / 1988 de 20 de Mayo. Reglamento de aparatos que utilizan gas como combustible.
- Real Decreto 1427 / 1997 de 15 de Septiembre Instalaciones petrolíferas para uso propio.
- Real Decreto-Ley 1 / 1998 de 27 de Febrero Infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicaciones.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 401 / 2003 de 4 de Abril Reglamento regulador de infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de los edificios y de la actividad de instalación de equipos y sistemas de telecomunicaciones.
- Real Decreto 842 / 2002 de 2 de agosto REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones complementarias.
- Real Decreto 1942 / 1993 de 5 de noviembre Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Administrativas

- Real Decreto L. 2 / 2000 de 16 de junio Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Resolución 1971 de 7 de Diciembre Correos. Instalación de casilleros domiciliarios.

Hacer un pequeño apunte antes de concluir con este punto, Pliego de Condiciones Legales, y es que aquellas normas que se han citado anteriormente, si sufren alguna modificación posterior, se debe seguir lo modificado.

5. PRESUPUESTO

El presente presupuesto indica las mediciones, los precios unitarios y el presupuesto general de la instalación de geotermia y de la instalación de climatización para la correcta climatización del edificio.

Se tendrá en cuenta la aplicación de las subvenciones que corresponden a este tipo de proyectos. Actualmente con el fin de incentivar la realización de reformas que favorezcan el ahorro energético, la mejora de la eficiencia energética, el aprovechamiento de energías renovables y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono para alcanzar los objetivos establecidos en la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética y en el Plan de Acción 2014-2020, se pone en marcha un programa específico de ayudas y financiación desarrollado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo a través del instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). El tipo de ayuda que puede beneficiarse con este proyecto es:

- Sustitución de energía convencional por energía geotérmica en las instalaciones térmicas. Esta ayuda base será del 30% del coste total.

5.1 MEDICIONES

Capítulo 1. Instalación geotérmica		
ID	Descripción	Cantidad
1.1	Bomba de calor geotérmica de la marca Buderus Logatherm, modelo WPS 16R, con una potencia frigorífica de 15,4 KW y una potencia de calefacción de 16 KW	1 ud
1.2	Realización de sondeos verticales por medios mecánicos hasta una profundidad máxima de 55 metros, con un diámetro mínimo de 180 mm	2 uds
1.3	Conexión entre la bomba de calor y los sondeos geotérmicos	2 uds
1.4	Metros de tubería de Polietileno reticulado con un diámetro nominal de 25*3,5 mm para la fabricación de las sondas geotérmicas en doble U	220 m
1.5	Peso de 25 kg colocado en el pie de la sonda para facilitar su introducción	2 uds
1.6	Distanciador separador de sondas para su correcta colocación en el sondeo, colocados cada 2 metros.	55 uds
1.7	Metros cúbicos de material para relleno de sondeos	1,93 m3
1.8	Metros cúbicos de fluido caloportador puro	45 l
1.9	Arqueta RAUGEO para conexión de las sondas geotérmicas	1 ud

Tabla 43. Mediciones de la instalación geotérmica

Capítulo 2. Instalación de climatización		
ID	Descripción	Cantidad
2.1	Fan coil de la marca Daikin, modelo FWV01DT, con una potencia frigorífica de 1,54 KW y una potencia calorífica de 2,14 KW	13 uds
2.2	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 42*1,5 mm	8 m
2.3	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 25*1,5 mm	27 m
2.4	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 22*1 mm	22,6 m
2.5	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 35*1,5 mm	27,3 m
2.6	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 18*1 mm	13 m
2.7	Longitud de aislante para tuberías de cobre con espesor de 30 mm	8 m
2.8	Longitud de aislante para tuberías de cobre con espesor de 25 mm	90 m
2.9	Bomba circuladora para circuito hidráulico de la marca IDEAL, modelo NLX 3/10, con un caudal de 4,4 m3/h y una altura de 34,5 mca	1 ud
2.10	Vaso de expansión para circuito hidráulico de la marca Likitech, el modelo 480403 con un volumen de 2 litros	1 ud
2.11	Termostato TFDE2T	8 ud

Tabla 44. Mediciones de la instalación de climatización

5.2 PRECIOS UNITARIOS

Capítulo 1. Instalación geotérmica				
ID	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unidad
1.1	Bomba de calor geotérmica de la marca Buderus Logaterm, modelo WPS 16R, con una potencia frigorífica de 15,4 KW y una potencia de calefacción de 16 KW	1 uds	uds	5.990,00 €
1.2	Realización de sondeos verticales por medios mecánicos hasta una profundidad máxima de 55 metros, con un diámetro mínimo de 180 mm	2 uds	uds	3.000,00 €
1.3	Conexión entre la bomba de calor y los sondeos geotérmicos	2 uds	uds	100,00 €
1.4	Metros de tubería de Polietileno reticulado con un diámetro nominal de 25*3,5 mm para la fabricación de las sondas geotérmicas en doble U	220 m	metros	1,80 €
1.5	Peso de 25 kg colocado en el pie de la sonda para facilitar su introducción	2 uds	uds	145,00 €
1.6	Distanciador separador de sondas para su correcta colocación en el sondeo, colocados cada 2 metros.	55 uds	uds	0,70 €
1.7	Metros cúbicos de material para relleno de sondeos	1,93 m3	metros cúbicos	350,00 €
1.8	Metros cúbicos de fluido caloportador puro	45 l	litros	2,75 €
1.9	Arqueta RAUGEO para conexión de las sondas geotérmicas	1 ud	uds	2.250,00 €

Tabla 45. Precios unitarios de la instalación geotérmica.

Capítulo 2. Instalación de climatización				
ID	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unidad
2.1	Fan coil de la marca Daikin, modelo FWV01DT, con una potencia frigorífica de 1,54 KW y una potencia calorífica de 2,14 KW	13 uds	uds	415,00 €
2.2	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 42*1,5 mm	8 m	metros	27,90 €
2.3	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 25*1,5 mm	27 m	metros	13,90 €
2.4	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 22*1 mm	22,6 m	metros	9,50 €
2.5	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 35*1,5 mm	27,3 m	metros	19,20 €
2.6	Longitud de tubería de cobre con un diámetro de 18*1 mm	13 m	metros	7,80 €
2.7	Longitud de aislante para tuberías de cobre con espesor de 30 mm	8 m	metros	2,55 €
2.8	Longitud de aislante para tuberías de cobre con espesor de 25 mm	90 m	metros	1,90 €
2.9	Bomba circuladora para circuito hidráulico de la marca IDEAL, modelo NLX 3/10, con un caudal de 4,4 m3/h y una altura de 34,5 mca	1 ud	uds	2.072,00 €
2.10	Vaso de expansión para circuito hidráulico de la marca Likitech, el modelo 480403 con un volumen de 2 litros	1 ud	uds	31,30 €
2.11	Termostato TFDE2T	8 ud	uds	62,00 €

Tabla 46. Precios unitarios de la instalación de climatización.

5.3 PRESUPUESTO GENERAL

Capítulo 1. Instalación geotérmica				
ID	Descripción	Cantidad	Precio Ud	Total
1.1	Suministro e instalación bomba de calor geotérmica de la marca Buderus Logatherm, modelo WPS 16R, con una potencia frigorífica de 15,4 KW y una potencia de calefacción de 16 KW, totalmente conexionado y probado.	1 uds	5.990,00 €	5.990,00 €
1.2	Realización de sondeos verticales por medios mecánicos hasta una profundidad máxima de 55 metros, con un diámetro mínimo de 180 mm, realizado según las especificaciones indicadas	2 uds	3.000,00 €	6.000,00 €
1.3	Suministro y colocación de circuito para la conexión entre la bomba de calor y los sondeos geotérmicos	2 uds	100,00 €	200,00 €
1.4	Suministro e instalación de tubería de Polietileno reticulado con un diámetro nominal de 25*3,5 mm para la fabricación de las sondas geotérmicas en doble U	220 m	1,80 €	396,00 €
1.5	Suministro y colocación de peso de 25 kg colocado en el pie de la sonda para facilitar su introducción	2 uds	145,00 €	290,00 €
1.6	Suministro y colocación de distanciadores separadores de sondas para su correcta colocación en el sondeo, colocados cada 2 metros.	55 uds	0,70 €	38,50 €
1.7	Suministro e inyección de material para relleno de sondeos	1,93 m3	350,00 €	675,50 €
1.8	Suministro y colocación de fluido caloportador puro	45 l	2,75 €	123,75 €
1.9	Suministro y colocación de arqueta RAUGEO para conexión de las sondas geotérmicas	1 ud	2.250,00 €	2.250,00 €
TOTAL CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA				15.960,75 €

Tabla 47. Presupuesto general de la instalación geotérmica.

Capítulo 2. Instalación de climatización				
ID	Descripción	Cantidad	Precio Ud	Total
2.1	Suministro y colocación de Fan coil de la marca Daikin, modelo FWV01DT, con una potencia frigorífica de 1,54 KW y una potencia calorífica de 2,14 KW, totalmente conexionado y probado	13 uds	415,00 €	5.395,00 €
2.2	Suministro e instalación de tubería de cobre con un diámetro de 42*1,5 mm	8 m	27,90 €	223,20 €
2.3	Suministro e instalación de tubería de cobre con un diámetro de 25*1,5 mm	27 m	13,90 €	375,30 €
2.4	Suministro e instalación de tubería de cobre con un diámetro de 22*1 mm	22,6 m	9,50 €	214,70 €
2.5	Suministro e instalación de tubería de cobre con un diámetro de 35*1,5 mm	27,3 m	19,20 €	524,16 €
2.6	Suministro e instalación de tubería de cobre con un diámetro de 18*1 mm	13 m	7,80 €	101,40 €
2.7	Suministro e instalación de aislante para tuberías de cobre con espesor de 30 mm	8 m	2,55 €	20,40 €
2.8	Suministro e instalación de aislante para tuberías de cobre con espesor de 25 mm	90 m	1,90 €	171,00 €
2.9	Suministro e instalación de bomba circuladora para circuito hidráulico de la marca IDEAL, modelo NLX 3/10, con un caudal de 4,4 m3/h y una altura de 34,5 mca	1 ud	2.072,00 €	2.072,00 €
2.10	Suministro e instalación de vaso de expansión para circuito hidráulico de la marca Likitech, el modelo 480403 con un volumen de 2 litros	1 ud	31,30 €	31,30 €
2.11	Suministro e instalación de termostato TFDE2T	8 ud	62,00 €	496,00 €
TOTAL CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN CLIMATIZACIÓN				9.624,46 €

Tabla 48. Presupuesto general de la instalación de climatización.

5.4 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Total instalación geotérmica +	15.960,75 €
Total instalación climatización +	9.624,46 €
Beneficio industrial (6 %) +	1.535,11 €
IVA (21 %) +	5.372,89 €
Subvenciones (30 %) -	7.675,56 €
TOTAL PRESUPUESTO	24.817,65 €

Tabla 49. Resumen del presupuesto.

El presupuesto total del proyecto asciende a la cantidad de veinticuatro mil ochocientos diecisiete euros y sesenta y cinco céntimos de euro.

Se excluye en este presupuesto:

- Permisos y licencias.

6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1 INTRODUCCIÓN

El método que se utilizará para valorar el impacto ambiental será el método Conesa. Este método fue creado en el año 1997 y está basado en el método de las matrices causa-efecto. Involucrando los métodos de matriz de Leopold y el método Instituto Batelle-Columbus.

Este método se justifica por proveer una alta certeza en la identificación de impactos, una valoración que limita en gran medida la subjetividad al considerar por separado los aspectos de manifestación no cuantitativa de los impactos para determinar la importancia y, la cuantificación de los efectos producidos con el uso de indicadores numéricos y su posterior transformación a unidades conmensurables para determinar la magnitud, la interpretación de los resultados es objetiva y fácil de comunicar.

6.2 ANÁLISIS GENERAL DEL PROYECTO

En el presente estudio de impacto ambiental se realizarán dos tipos de estudios:

- Estudio de impacto ambiental referido al funcionamiento de la instalación.
- Estudio de impacto ambiental referido a la ejecución de la instalación.

En primer lugar, en referencia al estudio de impacto ambiental cuando la instalación se encuentra en funcionamiento se centra en las emisiones de CO₂ producidas y el impacto visual debido a las instalaciones creadas.

Respecto al impacto visual después de la ejecución de la instalación se destaca que, este tipo de instalación no producirá ningún impacto visual dado que los sondeos geotérmicos son subterráneos y una vez finalizada la ejecución de la instalación, todo quedará como se encontraba antes de esta. Solo la bomba de calor acoplada al intercambiador geotérmico subterráneo quedará en el exterior y se encontrará situada en una sala de máquinas situada en el parking habilitada para coger este tipo de maquinaria.

Respecto a las emisiones de CO₂ producidas a la atmósfera, cabe destacar que se trata de una instalación basada en energías renovables y los sondeos geotérmicos que conforman la instalación no producirán emisiones de CO₂. Solo se podría producir alguna emisión de CO₂ si se produjese alguna fuga en la bomba de calor asociada al intercambiador geotérmico.

En segundo lugar, en referencia al estudio de impacto ambiental cuando se realiza la ejecución de la instalación requiere de un estudio más detallado el cuál se realiza a continuación. Primero se definirán las acciones que puedan dar lugar a un impacto ambiental así como las alternativas ante estas acciones y después se definirán los impactos ambientales que se puedan producir durante la ejecución de la instalación.

6.3 IMPORTANCIA DEL IMPACTO

Para calcular el valor del impacto ambiental se seguirá el método Conesa simplificado, el cuál se realiza según los siguientes apartados:

6.3.1 ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL

La fórmula para calcular el valor de la importancia del impacto ambiental es la siguiente:

$$I = \mp[3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

(Ec.41)

Siendo,

- **Naturaleza:** Hace referencia al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que se van a realizar.
- **Intensidad:** Es el grado de incidencia de la acción. Varía de 1 a 12, siendo 12 la destrucción total del factor y 1 una mínima afección.
- **Extensión:** Área de influencia del impacto, es decir, % de área respecto al entorno en que se manifiesta el impacto.
- **Momento:** Es el tiempo entre la aparición de la acción que produce el impacto ambiental y el comienzo de las afectaciones sobre el entorno.
- **Reversibilidad:** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción por medios naturales del factor afectado por la acción.
- **Persistencia:** Hace referencia al tiempo que permanecerá el efecto desde su aparición.
- **Recuperabilidad:** Se refiere a la posibilidad de reconstrucción por medios humanos del factor afectado por la acción.
- **Acumulación:** Hace referencia al incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste la acción que lo produce.

- **Sinergia:** La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
- **Efecto:** Se refiere a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.
- **Periodicidad:** Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, sea de manera cíclica, irregular o constante en el tiempo.

6.3.2 VALORES DE LOS PARÁMETROS QUE FORMAN LA ECUACIÓN

Los valores de los parámetros de la ecuación anterior son los siguientes:

NATURALEZA - Impacto beneficioso + - Impacto perjudicial -	INTENSIDAD (IN) (Grado de destrucción) - Baja o mínima 1 - Media 2 - Alta 4 - Muy alta 8 - Total 12
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia) - Puntual 1 - Parcial 2 - Extenso 4 - Total 8 - Crítico (+4)	MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación) - Largo plazo 1 - Medio plazo 2 - Corto plazo 3 - Inmediato 4 - Crítico (+4)
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto) - Fugaz o efímero 1 - Temporal 2 - Pertinaz 3 - Permanente 4	REVERSIBILIDAD (RV) (Reconstrucción por medios naturales) - Corto plazo 1 - Medio plazo 2 - Largo plazo 3 - Irreversible 4
SINERGIA (SI) (Potenciación de la manifestación) - Sin sinergismo o simple 1 - Sinergismo moderado 2 - Muy sinérgico 4	ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo) - Simple 1 - Acumulativo 4
EFFECTO (EF) (Relación causa-efecto) - Indirecto o secundario 1 - Directo o primario 4	PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación) -Irregular (aperiódico y esporádico) 1 -Periódico o de regularidad intermitente 2 -Continuo 4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstruir por medio humanos) - Recuperable de manera inmediata 1 - Recuperable a corto plazo 2 - Recuperable a medio plazo 3 - Recuperable a largo plazo 4 - Mitigable 4 - Irrecuperable 8	CÁLCULO DE LA IMPORTANCIA • Toma valores entre 13 y 100 de modo que: ➤ Irrelevantes (o compatibles) cuando presentan valores menores a 25. ➤ Moderados cuando presentan valores entre 25 y 50. ➤ Severos cuando presentan valores entre 50 y 75. ➤ Críticos cuando su valor es mayor de 75.

Figura 36. Valores de los parámetros del impacto ambiental

6.3.3 EXPRESIÓN DE RESULTADOS

El valor de la importancia del impacto obtenido en la ecuación anterior toma valores entre 13 y 100 se expresa como:

- Irrelevantes o compatibles: Valores inferiores a 25.
- Moderados: Valores entre 25 y 50.
- Severos: Valores entre 50 y 75.
- Críticos: Valores superiores a 75.

6.4 IMPACTO AMBIENTAL DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN

6.4.1 INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL

ACCIONES

- Edificaciones y sondeos
- Circulación de vehículos y maquinaria pesada.
- Consumo de electricidad.
- Consumo de agua.
- Generación de empleo.
- Producción de residuos.

EFFECTOS

- Alteraciones sobre el medio físico.
- Ruidos y vibraciones
- Impacto visual.
- Incidencia sobre el medio socioeconómico.
- Almacenamiento de residuos sólidos
- Posible atracción de roedores, insectos, et a los residuos

ALTERNATIVAS

- Ordenación y limitación del tráfico.
- Eliminación diaria de residuos de desecho.

6.4.2 IMPACTOS

En este apartado se describirán los impactos previsibles para la ejecución de la instalación geotérmica:

- Edificaciones y sondeos: Impactos en el medio visual y el terreno al realizar los sondeos.
- Circulación de vehículos y maquinaria pesada: Causan ruido, vibraciones, contaminación, generación de polvo.
- Consumo electricidad: Puesta de cables, contaminación electromagnética
- Consumo de agua: Disminución de los recursos hídricos.
- Generación de empleo: Creación de empleo, disminución del paro.
- Producción de residuos: Producción de polvo, residuos de embalaje. Atracción de insectos, roedores, etc.

6.4.3 MATRIZ DE IMPACTOS

La siguiente matriz de impactos relaciona los impactos producidos con los elementos del medio que se van a ver afectados por dicho impacto:

MEDIO AMBIENTE			ACCIONES CAUSANTES DE IMPACTO AMBIENTAL					
SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	Edificaciones	Consumo agua	Consumo electricidad	Circulación de vehículos	Generación de empleo	Producción de residuos
Medio físico	Medio inerte	Aire	x			x		
		Suelo	x			x		x
		Agua		x				
	M biótico	Flora y fauna				x		x
	M perceptual	Paisaje	x			x		x
Medio socio económico		Agricultura	x					x
		Sector construcción	x				x	
		Sector industrial	x		x		x	

Tabla 50. Matriz de impactos

6.4.3.1 VALORES ESTABLECIDOS PARA LAS ITERACIONES

En este apartado se muestran los valores de los parámetros que conforman la ecuación para el cálculo de la importancia del impacto ambiental, para cada impacto que se va a producir.

- EDIFICACIÓN

Parámetros	Impacto
	Edificación-Aire
Naturaleza	Negativo
Intensidad	2
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	1
Persistencia	1
Recuperabilidad	4
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	25

Parámetros	Impacto
	Edificación-Suelo
Naturaleza	Negativo
Intensidad	4
Extensión	2
Momento	4
Reversibilidad	4
Persistencia	1
Recuperabilidad	8
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	4
TOTAL	43

Parámetros	Impacto
	Edificación-Paisaje
Naturaleza	Negativo
Intensidad	1
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	1
Persistencia	1
Recuperabilidad	1
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	19

Parámetros	Impacto
	Edificación-Agricultura
Naturaleza	Negativo
Intensidad	1
Extensión	2
Momento	3
Reversibilidad	4
Persistencia	2
Recuperabilidad	2
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	1
Periodicidad	2
TOTAL	23

Parámetros	Impacto
	Edificación-S.Industrial
Naturaleza	Positivo
Intensidad	2
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	1
Persistencia	1
Recuperabilidad	1
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	22

Parámetros	Impacto
	Edificación-S.Construcción
Naturaleza	Positivo
Intensidad	4
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	1
Persistencia	2
Recuperabilidad	1
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	29

- CONSUMO DE AGUA

Parámetros	Impacto
	Consumo agua-agua
Naturaleza	Negativo
Intensidad	2
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	2
Persistencia	2
Recuperabilidad	4
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	27

- CONSUMO DE ELECTRICIDAD

Parámetros	Impacto
	Consumo electricidad-S.Industrial
Naturaleza	Positivo
Intensidad	1
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	1
Persistencia	2
Recuperabilidad	2
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	1
Periodicidad	2
TOTAL	19

- CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS

Parámetros	Impacto
	Circulación vehículos-Aire
Naturaleza	Negativo
Intensidad	4
Extensión	4
Momento	4
Reversibilidad	2
Persistencia	2
Recuperabilidad	4
Acumulación	4
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	42

Parámetros	Impacto
	Circulación vehículos-Suelo
Naturaleza	Negativo
Intensidad	2
Extensión	4
Momento	4
Reversibilidad	3
Persistencia	3
Recuperabilidad	2
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	33

Parámetros	Impacto
	Circulación vehículos- Flora y fauna
Naturaleza	Negativo
Intensidad	8
Extensión	2
Momento	4
Reversibilidad	2
Persistencia	2
Recuperabilidad	2
Acumulación	4
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	2
TOTAL	49

Parámetros	Impacto
	Circulación vehículos- Paisaje
Naturaleza	Negativo
Intensidad	1
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	1
Persistencia	2
Recuperabilidad	1
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	2
TOTAL	21

- GENERACIÓN DE EMPLEO

Parámetros	Impacto
	Generación de empleo- S.Construcción
Naturaleza	Positivo
Intensidad	2
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	1
Persistencia	2
Recuperabilidad	1
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	23

Parámetros	Impacto
	Generación de empleo- S. Industrial
Naturaleza	Positivo
Intensidad	1
Extensión	1
Momento	4
Reversibilidad	1
Persistencia	2
Recuperabilidad	1
Acumulación	1
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	1
TOTAL	20

- PRODUCCIÓN DE RESIDUOS

Parámetros	Impacto
	Producción residuos-Suelo
Naturaleza	Negativo
Intensidad	2
Extensión	2
Momento	3
Reversibilidad	3
Persistencia	2
Recuperabilidad	4
Acumulación	4
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	4
TOTAL	35

Parámetros	Impacto
	Producción residuos-Flora y fauna
Naturaleza	Negativo
Intensidad	4
Extensión	2
Momento	4
Reversibilidad	3
Persistencia	4
Recuperabilidad	4
Acumulación	4
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	4
TOTAL	44

Parámetros	Impacto
	Producción residuos-Paisaje
Naturaleza	Negativo
Intensidad	4
Extensión	2
Momento	2
Reversibilidad	3
Persistencia	4
Recuperabilidad	2
Acumulación	4
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	2
TOTAL	38

Parámetros	Impacto
	Producción residuos-Agricultura
Naturaleza	Negativo
Intensidad	4
Extensión	2
Momento	4
Reversibilidad	3
Persistencia	4
Recuperabilidad	4
Acumulación	4
Sinergia	1
Efecto	4
Periodicidad	2
TOTAL	42

6.4.3.2 RESULTADOS OBTENIDOS

En la siguiente tabla se resumen la importancia de impacto obtenida para cada acción que genera impacto ambiental:

MEDIO AMBIENTE			ACCIONES CAUSANTES DE IMPACTO AMBIENTAL					
SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	Edificaciones	Consumo agua	Consumo electricidad	Circulación de vehículos	Generación de empleo	Producción de residuos
Medio físico	Medio inerte	Aire	25			42		
		Suelo	43			33		35
		Agua		27				
	M biótico	Flora y fauna				49		44
	M perceptual	Paisaje	19			21		38
Medio socio económico		Agricultura	23					42
		Sector construcción	29				23	
		Sector industrial	22		19		20	

Tabla 51. Resultados del impacto ambiental

6.4.3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este apartado se clasifican los impactos producidos según con lo establecido en el método Conesa simplificado.

La clasificación es la siguiente:

- Irrelevantes o compatibles: Valores inferiores a 25.
 1. Edificaciones / Paisaje.
 2. Edificaciones / Agricultura.
 3. Edificaciones / Sector industrial.
 4. Consumo electricidad / Sector industrial.
 5. Circulación de vehículos / Paisaje.
 6. Generación de empleo / Sector construcción.
 7. Generación de empleo / Sector industrial.

- Moderados: Valores entre 25 y 50.
 1. Edificaciones / Aire.
 2. Edificaciones / Suelo.
 3. Edificaciones / Sector construcción.
 4. Consumo agua / Agua
 5. Circulación de vehículos / Aire
 6. Circulación de vehículos / Suelo
 7. Circulación de vehículos / Flora y fauna
 8. Producción de residuos / Suelo
 9. Producción de residuos / Flora y fauna
 10. Producción de residuos / Paisaje
 11. Producción de residuos / Agricultura

- Severos: Valores entre 50 y 75.

Ninguno

- Críticos: Valores superiores a 75.

Ninguno

7. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

7.1. DISPOSICIONES GENERALES

Con la realización del siguiente Estudio de Seguridad y Salud, se pretende implantar las previsiones de riesgo de accidente profesionales y las normas de Seguridad e Higiene, que deben tenerse en cuenta durante el desarrollo de las obras, así como la determinación de las reglamentarias instalaciones destinadas a la higiene y bienestar de los trabajadores.

El presente Estudio de Seguridad y Salud se ejecuta bajo el cumplimiento del Real Decreto 1627/1997 que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a las obras de construcción.

Se desarrolla el siguiente estudio para el presente proyecto “Climatización de un bloque de oficinas mediante energía geotérmica” debido a los siguientes puntos de interés:

- El presupuesto asciende a una cantidad total de 24.817,65 Euros
- La duración prevista es de 6 días, empleándose 5 trabajadores.

7.2 OBJETO DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Dicho estudio de Seguridad y Salud se realiza acorde según el proyecto, aclarando que siempre se podrá realizar cualquier modificación bajo la autorización de la dirección facultativa de obra.

Dentro de este estudio, se encuentran las normas de Seguridad y Salud aplicables a la obra. Se contempla, además, la manera de reconocer los riesgos laborales para su prevención, indicando las medidas necesarias para ello. Respecto a los riesgos que no puedan eliminarse en función a lo señalado, el estudio presente enumera las medidas de protectoras y preventivas a controlar y así reducir dichos riesgos.

7.3 IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

7.3.1 TIPO DE OBRA

La finalidad de esta obra es el desarrollo de la climatización de un bloque de oficinas a través de energía geotérmica.

7.3.2. LOCALIZACIÓN Y SITUACIÓN DEL TERRENO

- Dirección: Polígono Industrial Cañada de la Fuente, Intersección Calle Matriceros con Calle Vilches, sn.
- Población: Martos.
- Provincia: Jaén.

7.3.3 ACCESOS Y COMUNICACIONES

Desde la planta baja del bloque de oficinas se puede acceder al edificio. Está compuesto por dos plantas comunicadas por escaleras y un parking al cual se puede acceder desde el exterior por la entrada principal del edificio, donde se instalará la sala de máquinas.

7.3.4 SERVICIOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN AFECTADOS POR LA OBRA

- Red de agua potable.
- Red subterránea de electricidad.
- Red aérea de electricidad.

7.4 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y PROTECCIONES

7.4.1 TRABAJOS DE EJECUCIÓN

7.4.1.1 REALIZACIÓN DE SONDEOS

- 1) Descripción del trabajo: Reúne los trabajos llevados a cabo para la realización de los sondeos.
- 2) Riesgos más frecuentes:
 - Perforación del sondeo
 - Derivados trabajos realizados en zonas húmedas y encharcadas.
 - Problemas de dermatitis en la piel por contacto con el cemento.
 - Explosión.
 - Inmovilización por tuberías pesadas y golpes a terceras personas.
 - Interferencias con otras conducciones.
 - Maquinaria
 - Quemaduras por un mal aislamiento de cuadros eléctricos, maniobras incorrectas o el uso incorrecto de herramientas.
 - Punteo de mecanismos de protección.
 - Incendio provocado por una instalación errónea.
 - Conexión directa sin clavijas macho-hembra.

3) Protecciones colectivas y personales.

- Perforación del sondeo
 - Refuerzo de paredes de excavación.
 - Botas de seguridad y trajes de agua.
 - Guantes y cascos.
 - Cinturones de sujeción y seguridad.
 - Señales indicativas.
 - Control de gases nocivos.
 - Prevenir la presencia de trabajadores en zanjas durante el transporte de tubos, sobre todo en casos donde se necesite una grúa.
 - Barandillas a 90 cm de altura en zanjas de tuberías.
 - No soldar con plomo en zonas cerradas.
 - Obligatorio el uso de equipo de protección de soldadura.
- Maquinaria
 - Casco de seguridad.
 - Interruptores diferenciales.
 - Cinturón de seguridad, portaherramientas, guantes de seguridad y notas dieléctricas.
 - Tomas de tierra.
 - Botas de seguridad.

7.4.1.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

- 1) Descripción del trabajo: Se reúnen los trabajos llevados a cabo en la instalación eléctrica interior.
- 2) Riesgos más frecuentes:
 - Caída de algún trabajador por un mal uso de escaleras.
 - Corte en alguna extremidad superior o inferior.
 - Electrocuciiones.
- 3) Protecciones personales:
 - Casco aislante homologado.
 - Herramientas protegidas mediante un material aislante normalizado contra descargas eléctricas.
 - Mono de trabajo.
- 4) Protecciones colectivas:
 - El área de trabajo debe permanecer en todo momento ordenada, limpia e iluminada correctamente.
 - Las zonas de trabajo se señalizaran convenientemente.

- Un personal cualificado siempre realizará el montaje de aparatos eléctricos, previniéndose así los riesgos debidos a montajes erróneos.
- Las escaleras estarán equipadas con tirantes para acotar su apertura. En cambio, si son de mano, las escaleras serán de madera con elementos antideslizantes en su base.

7.4.1.3 INSTALACIONES DE CONDUCCIÓN DE AGUAS

- 1) Descripción del trabajo: Se reúnen los trabajos correspondientes a la fontanería.
- 2) Riesgos más frecuentes:
 - Cortes en extremidades.
 - Quemaduras por llama y heridas en extremidades superiores e inferiores.
 - Golpes contra objetos.
 - En los trabajos de soldadura pueden darse explosiones e incendios.
- 3) Protecciones colectivas:
 - La instalación de plataformas, andamios y escaleras deberán estar en las condiciones idóneas, teniendo por seguridad barandillas y rodapiés resistentes.
- 4) Protecciones personales:
 - Utilización de guantes, gafas, mandiles de cuero y bota de seguridad.
 - Casco homologado de seguridad.
 - Mono de trabajo.

7.4.1.4. TRABAJOS EN ALTURA

- 1) Descripción del trabajo: Se reúnen los trabajos realizados en la colocación de fan coils y colocación de circuito hidráulico.
- 2) Riesgos más frecuentes:
 - Caídas del personal por un mal uso de los medios adecuados de protección.
 - Caídas de materiales.
 - Desplome de una superficie de apoyo.

- Quemaduras.
- Golpes contra elementos instalados previamente.
- A consecuencia de trabajos de soldadura, se pueden provocar explosiones e incendios.

3) Protecciones colectivas:

- Para poder prevenir los riesgos que puedan ser causados por la ignorancia, el personal debe ser conocedor del sistema a poner en práctica.
- A la hora de proteger las plataformas, andamios y pasarelas, se colocarán barandillas fuertes, de 90 cm de altura. Además, estarán acondicionadas con un reborde de protección, un pasamanos y una protección que impidan el paso del personal de trabajo.

4) Protecciones personales:

- Mono de trabajo perfectamente colocado.
- Empleo de mandiles de cuero, guantes, gafas y botas con polanias para los soldadores.
- Casco aislante homologado.
- Herramientas recubiertas con material aislante contra la energía eléctrica.
- Calzado homologado.

7.4.2 MEDIOS AUXILIARES

1) Descripción medios auxiliares:

- Andamios: Andamios metálicos tabulares, andamios de borriquetes o caballetes.
- Escaleras: Escaleras de mano metálicas o de madera.

2) Riesgos más frecuentes:

- Andamios metálicos tubulares: Caídas al vacío, al mismo nivel o de objetos, inmovilización durante el montaje.
- Andamios de borriquetes: Vuelco por falta de anclajes, caídas del personal.
- Escaleras de mano: Caídas a niveles inferiores y golpes con la escalera por un mal uso.

3) Protecciones colectivas:

- En función de cómo sea la distribución se colocarán los andamios tubulares.
- La anchura mínima de las plataformas de trabajo será de 60 cm.
- Un rodapié de 15 cm limitará lateral, delantera y posteriormente a las plataformas de trabajo.
- Las plataformas de trabajo dispondrán sobre la vertical del rodapié posterior una barandilla sólida de 90 cm de altura.

- Abrazadera y pasadores clavados inmovilizarán las plataformas de trabajo.
- Los andamios tubulares presentaran bases nivelables, garantizando así una mayor estabilidad.
- Los andamios tubulares estarán apoyado en tablones de reparto de carga en zonas donde tenga lugar el apoyo directo con el terreno.
- La comunicación vertical del andamio tubular se resuelve mediante el uso de escaleras prefabricadas.
- Las plataformas de apoyo de los tonillos sin fin, se clavarán sobre los tablones de repartos con clavos de acero.
- Para trabajar sobre plataformas dispuestas sobre andamios tubulares, antes deben haber sido acercados con barandillas sólidas de 90cm.
- Los andamios tubulares se montarán hacia la cara exterior (aquella en la que no se trabaja).
- No está permitido el uso de borriquetes en las plataformas de trabajo de los andamios tubulares.
- La distancia a la que deben ponerse los andamios tubulares debe ser superior o igual a 30 cm de la zona de trabajo.

4) Protecciones personales:

- Calzado con su correspondiente suela antideslizante.
- Casco de seguridad y mono de trabajo homologado.

7.4.3 MAQUINARIA

MAQUINARIA DE PERFORACIÓN

1) Riesgos más frecuentes:

- Atrapamientos, atropello de personas y vuelco de la propia maquinaria.
- Caídas al subir o bajar a la zona de mandos.
- Desplome de carga.

2) Protecciones personales para el conductor y su ayudante si estuviese presente:

- En el momento que se abandone la cabina en el interior de la obra y exista peligro alguno de golpe en la cabeza se deberá llevar casco, en este caso de polietileno.
- Guantes de cuero, ropa de trabajo homologada, calzado para una correcta conducción de la maquinaria y botas de seguridad.

SIERRA CIRCULAR, ATORNILLADORAS.

1) Riesgos más frecuentes:

- Cortes y amputaciones en extremidades.
- Rotura de disco, descargas eléctricas y proyección de partículas.

2) Protecciones colectivas:

- Cuchillo divisor de corte
- Carcasa de cubrimiento del disco.
- En un lugar libre de circulación se debe acotar una zona para la maquinaria.
- Junto al puesto de trabajo debe haber un extintor manual de incendios.
- Empujador de la pieza de cortar y guía.

3) Protecciones personales:

- Calzado de seguridad con plantilla anticlavo.
- Caso homologado de seguridad.
- Gafas de protección contra las partículas.
- Guantes de acero.

COMPRESOR

1) Riesgos más frecuentes:

- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Cuerpos extraños en ojos.
- Explosiones y ruido.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.

2) Protecciones colectivas.

- Revisión y/o sustitución de mangueras, uniones y manómetros antes de la puesta en marcha
- Conducción de los humos al exterior en lugares cerrados.
- Realizar una previa ventilación.
- Pulsar periódicamente el agua de condensación acumulada en el compresor.
- Filtro contra expulsión de CO₂ en el tubo de escape.

3) Protecciones personales.

- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.
- No usar el aire a presión para la limpieza de personas o de vestimentas.
- Vestimenta homologada.
- Botas de seguridad.
- Gafas de protección homologadas.

GRUPO DE SOLDADURA

1) Riesgos más frecuentes:

- Quemaduras en extremidades superiores e inferiores.
- Proyecciones de objetos.
- Atmosfera con falta de oxígeno, atmósferas tóxicas e irritantes.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Incendios.

- Inhalación de sustancias tóxicas.
- 2) Protecciones colectivas:
- Extintores de incendios cercanos.
 - Revisar periódicamente el estado del cable de alimentación.
 - Los cables deben encontrarse perfectamente aislados.
- 3) Protecciones personales:
- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado.
 - Gafas de protección antipartículas homologadas.
 - Careta de soldador homologado con visor de características filtrantes.
 - Botas y guantes de soldador.
 - Chaqueta de cuero.
 - Botas de seguridad.
 - Mono de trabajo homologado.

CURVADORA DE TUBOS

- 1) Riesgos más frecuentes:
- Quemaduras físicas y químicas.
 - Proyecciones de objetos y/o fragmentos.
 - Pisada sobre objetos punzantes.
 - Cuerpos extraños en ojos.
 - Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
 - Ruido.
- 2) Protecciones personales:
- Guantes homologados.
 - Gafas de protección homologadas.
 - Botas de seguridad.
 - Cascos adecuados para evitar la contaminación acústica.

7.4.4 HERRAMIENTAS MANUALES

En este apartado del Estudio de Seguridad y Salud se incluyen las herramientas que se citan a continuación:

- Martillo
- Disco radial
- Bolsa porta herramientas
- Brochas, pinceles, rodillos
- Cizalla cortacables
- Cortadora de tubos
- Cuerda de servicio
- Destornilladores, berbiqués

- Lijas, cepillos, gubias, escofinas, formones
- Marcador con punta de diamante
- Nivel, regla, escuadra
- Pelacables
- Pico, pala, azada, picola
- Rastrillo, cordeles, gafas, nivel, reglas
- Sierra de arco
- Tenazas, matillos, alicates, tijeras

1) Riesgos más frecuentes:

- Contactos eléctricos.
- Proyección de partículas.
- Sobreesfuerzos.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Caídas en altura.
- Ruidos.
- Producción de polvo.
- Explosiones e incendios.
- Cortes en extremidades.

2) Protecciones colectivas:

- Las zonas de trabajo deben estar limpias y ordenadas.
- Deben encontrarse en buen uso las mangueras de alimentación a herramientas.
- Zonas de trabajo ocupadas estrictamente por personal autorizado.

3) Protecciones personales:

- Casco de seguridad homologado.
- Protecciones auditivas y oculares.
- Cinturón de seguridad al realizar trabajos en altura.
- Guantes de acero.
- Botas de seguridad.

7.4.5 TIPOS DE ENERGÍA

En este apartado del Estudio de Seguridad y Salud se incluyen los tipos de energía que se citan a continuación:

- Agua.
- Aire comprimido.
- Electricidad.

1) Riesgos más comunes de estos tipos de energía:

- Inundaciones.

- Proyección de objetos y/o pequeñas partículas.
- Contaminación acústica.
- Quemaduras físicas y químicas.
- Contacto eléctrico directo e indirecto.
- Incendios.
- Exposición a fuentes luminosas muy peligrosas.

2) Protecciones colectivas:

- Bomba de achique de agua.
- Extintores cercanos a los puestos de energía.
- Recubrimiento adecuado para evitar escapes.
- En el caso concreto de aire comprimido, trabajar a una distancia prudente.

3) Protecciones personales:

- Casco homologado.
- Orden y limpieza.
- Guantes antielectricidad.
- Mono de trabajo adecuado en cada caso.
- Botas de seguridad.

7.4.6 MATERIALES

En este apartado del Estudio de Seguridad y Salud se incluyen los materiales que se citan a continuación en orden alfabético:

- Agua.
- Alambre de atar.
- Áridos ligeros.
- Cables, mangueras eléctricas y accesorios.
- Cinta adhesiva.
- Cemento.
- Cajetines, regletas, anclajes y prensacables.
- Disolventes, desengrasantes y desoxidantes.
- Escombros.
- Espárragos.
- Espumas y materiales para aislamiento térmico.
- Estopas y teflones.
- Ferralla de distintos diámetros.
- Grapas, abrazaderas y tornillería.
- Guías, sopandas y herrajes.
- Hormigón.
- Juntas.
- Radiadores, convectores, bombas de calor, calderas y accesorios.
- Rasillas y losetas de impermeabilización.
- Siliconas, masillas y cementos químicos.
- Soportes, mástiles y torretas.

- Tierras.
- Tornillería.
- Trapos.
- Tuberías de cobre y accesorios.
- Tuberías de distintos materiales como: Cobre, hierro, PVC, fibrocemento, hormigón.
- Tubos de conducción.

1) Riesgos más frecuentes:

- Inundación e incendios.
- Golpes y/o cortes con objetos y/o maquinaria.
- Caída de objetos y maquinaria.
- Caídas del personal a distinto e igual nivel.
- Sobreesfuerzos.
- Proyecciones de partículas, objetos y/o fragmentos.
- Ambiente pulverulento.
- Irritaciones y daños en la piel dando lugar a dermatitis.
- Quemaduras en extremidades superiores e inferiores.
- Contacto respiratorio con sustancias tóxicas.
- Atmosferas tóxicas e irritantes.
- Contacto con objetos punzantes al caminar.
- Explosiones.

2) Protecciones colectivas:

- Zona de trabajo previamente ordenada y limpia.
- Bomba de achique de agua.
- Salidas de emergencia para inundaciones e incendios.

3) Protecciones personales:

- Guantes de protección frente a agentes químicos y la abrasión.
- Calzado con protección contra golpes.
- Gafas de seguridad para evitar choque o contacto con partículas sólidas.
- Mascarilla facial.
- Equipo de respiración autónomo, revisado y cargado previamente.
- Impermeables, trajes de agua homologados.
- Guantes dieléctricos.
- Botas de agua.
- Cinturón de protección lumbar.
- Cascos auditivos.

7.5 DESCRIPCIÓN DE LAS PROTECCIONES PERSONALES

- Cascos de seguridad no metálicos.
- Protectores auditivos y oculares para los soldadores.
- Guantes con aislante eléctrico.
- Calzado de seguridad.
- Cinturones de seguridad para la prevención de caídas y sujeción
- Oculares de protección contra partículas.
- Plantillas de protección frente a riesgos de perforación.
- Botas impermeables a la humedad y al agua.
- Gafas de protección contra los impactos.
- Mascarillas.
- Anticristales y cubrefiltros para pantallas de soldador.

7.6. INSTRUCCIONES GRÁFICAS SOBRE SEGURIDAD EN LA OBRA

7.6.1. SEÑALES DE ADVERTENCIA

A continuación, en la siguiente tabla se hace una descripción muy general de las características principales en las que se basan las señales de advertencia.

Característica general	Descripción
Forma	Triangular
Color de fondo	Amarillo
Color de contraste	Negro
Color del símbolo	Negro

Tabla 52. Características señales de advertencia.

En la siguiente imagen, se puede apreciar algunas de las señales de advertencia donde se ve que coinciden con la descripción previa en la Tabla.



Figura 37. Señales de advertencia

7.6.2 SEÑALES DE OBLIGACIÓN

A continuación, en la siguiente tabla se hace una descripción muy general de las características principales en las que se basan las señales de obligación.

Característica general	Descripción
Forma	Redonda
Color de fondo	Azul
Color del símbolo	Blanco

Tabla 53. Características señales de obligación.

En la siguiente imagen, se puede apreciar algunas de las señales de advertencia donde se ve que coinciden con la descripción previa en la Tabla.



Figura 38. Señales de obligación

7.6.3 SEÑALES DE PROHIBICIÓN

A continuación, en la siguiente tabla se hace una descripción muy general de las características principales en las que se basan las señales de prohibición

Característica general	Descripción
Forma	Redonda
Color de fondo	Blanco
Color de contraste	Rojo
Color del símbolo	Negro

Tabla 54. Características señales de prohibición.

En la siguiente imagen, se puede apreciar algunas de las señales de advertencia donde se ve que coinciden con la descripción previa en la Tabla.



Figura 39. Señales de prohibición.

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Guía técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado. Instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE). Junio, 2012.
- [2] Código técnico de la Edificación (CTE).
- [3] Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE).
- [4] UNE 100001:2001. Climatización. Condiciones climáticas para proyectos.
- [5] UNE 100014 IN. Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo.
- [6] UNE EN ISO 10456:2012. Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño.
- [7] UNE EN ISO 15875-5:2004. Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PE-X).
- [8] Agencia estatal de meteorología AEMET. Gobierno de España.
- [9] Instituto geológico y minero de España (IGME). Año 2004.
- [10] Guía técnica de instalaciones de climatización por agua. Instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE). Junio, 2012.
- [11] UNE EN 1057:2007+A1:2010. Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas, en aplicaciones sanitarias y de calefacción.
- [12] Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).
- [13] Reglamento de aparatos a presión. Real Decreto 1244/1279.
- [14] Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas. Real Decreto 3099/1977.

PAGINAS WEBS

www.aemet.es

www.aenor.es

www.rae.es

<https://prezi.com/zzzo4helj2fe/metodo-conesa/>

www.rehau.com/es-es/profesionales/geotermia

www.bombasideal.com

www.buderus.es/productos/energias-renovables/bombas-de-calor/logatherm-wpl.html

www.likitech.com

www.daikin.es