

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELECTROMECAÁNICA



**“DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL
SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR
SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA”**

Proyecto de grado para obtener el Título de Ingeniero Mecánico

POR: HENRY ERIK CHOQUE COPA

TUTOR: ING. LINARES CABALLERO ENZO MIGUEL

LA PAZ-BOLIVIA



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

RESUMEN

En el presente proyecto se aplica un sistema de climatización por suelo radiante empleando energía solar para una vivienda unifamiliar en La Paz.

Se llevó a cabo un minucioso análisis que comprendió la tipología y dimensiones de las viviendas, así como su ubicación, elementos esenciales para calcular la demanda térmica de la vivienda y determinar la potencia requerida para la instalación. Gracias a este enfoque, fue posible diseñar una solución eficiente y seleccionar la configuración óptima para cada espacio.

Tras obtener la demanda térmica, se procedió a analizar exhaustivamente cómo aprovechar de la mejor manera posible la energía solar térmica. Esto implicó evaluar diversas configuraciones y realizar cálculos precisos para garantizar un aprovechamiento eficaz y sostenible de esta fuente de energía renovable. Al integrar los resultados obtenidos de estos análisis, se pudo ofrecer una solución adecuada y adaptada a las necesidades específicas del proyecto, asegurando la máxima eficiencia y confort en el uso de la energía solar térmica.

ABSTRACT

In this project, a radiant floor air conditioning system using solar energy is applied to a single-family home in La Paz.

A thorough analysis was carried out that included the typology and dimensions of the homes, as well as their location, essential elements to calculate the thermal demand of the home and determine the power required for the installation. Thanks to this approach, it was possible to design an efficient solution and select the optimal configuration for each space.

After obtaining the thermal demand, we proceeded to exhaustively analyze how to best use solar thermal energy. This involved evaluating various configurations and carrying out precise calculations to ensure effective and sustainable use of this renewable energy source. By integrating the results obtained from these analyses, it was possible to offer an adequate solution adapted to the specific needs of the project, ensuring maximum efficiency and comfort in the use of solar thermal energy.

AGRADECIMIENTOS

Primero y, ante todo, deseo expresar mi profundo agradecimiento a Dios, cuya guía, fortaleza y sabiduría han sido la luz que ilumina cada paso de este viaje académico.

A mi tutor, Ing. Enzo Linares Caballero, le agradezco sinceramente por su orientación experta y su apoyo constante a lo largo de este proceso de investigación. Su dedicación ha sido una inspiración.

A mis queridos hermanos, Beatriz y Franz, les agradezco por ser mi constante fuente de ánimo y motivación. Gracias por ser compañeros de vida y por compartir este logro conmino.

Quiero dedicar un agradecimiento especial a mi querida abuela, Justina Mamani, cuyo apoyo constante ha sido mi mayor fortaleza.

Un agradecimiento especial se dirige al Ing. Miguel Sánchez, cuya enseñanza experta y apoyo incondicional fueron pilares fundamentales en la realización de este proyecto. Sus consejos de vida han sido un regalo invaluable, iluminando no solo mi trayectoria académica, sino también mi camino personal. Gracias por compartir no solo tu conocimiento profesional, sino también tu perspectiva sabia.

A la Facultad de Ingeniería, a la carrera de Ingeniería Mecánica y Electromecánica por a ver moldeado tanto a nivel personal y como profesional. A lo largo de mi travesía académica, ha sido un oasis de inspiración y crecimiento. Este entorno educativo no solo impartió sabiduría académica, sino que también cultivó un terreno fértil para el desarrollo personal y profesional, dejando una huella perdurable en mi camino.

A mis amigos Juan Chalco, Carlos Miranda, Carol Reyes, Cinthya Amy, Ivanoj Guzmán, Guadalupe Pereira, quienes me brindaron apoyo incondicional y aliento, ¡gracias por estar siempre allí!

Gracias a todos los que, de una forma u otra, han contribuido a hacer posible este logro.

Con gratitud,

Henry Erik Choque Copa

ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. OBJETIVO	2
1.3.3. Objetivo general	2
1.3.4. Objetivos específicos.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	3
1.4.1. Justificación Social	3
1.4.2. Justificación Económica	3
1.4.3. Justificación Técnica.....	3
1.4.4. Justificación Tecnológica	4
1.4.5. Justificación Ambiental	4
1.5. LÍMITES Y ALCANCES	4
1.5.1. Limitaciones de la solución propuesta.....	4
1.5.2. Alcances del Trabajo de Titulación	5
CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO	6
2.1. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL ESCENARIO ENERGÉTICO ACTUAL	6
2.1.1. La energía solar térmica	7
2.2. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN	9
2.2.1. Calefacción por aire caliente	9
2.2.2. Calefacción por vapor	10
2.2.3. Calefacción por agua caliente.....	10
2.2.4. Calefacción por suelo radiante	11
2.2.5. Elección de la mejor alternativa de solución	12
2.2.6. Elección de la alternativa de calefacción	13
2.3. AGUA CALIENTE SANITARIA	13
2.4. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS	13
2.4.1. Por el principio de circulación: Circulación natural o circulación forzada	14
2.4.2. Por el sistema de transferencia de calor: Directa o Indirecta	15
2.4.3. Funcionamiento de los sistemas solares térmicos	16
2.5. COMPONENTES EN SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS	17
2.5.1. Colectores Solares Térmicos	17
2.5.2. Acumuladores solares	20
2.5.3. Circuito Hidráulico	22
2.6. SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE	30
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	32
3.1. MÉTODO INGENIERIL	32
3.1.1. Modalidad de investigación	32
3.1.2. Investigación aplicada	32
3.1.3. Investigación documental	32
3.1.4. Investigación de campo.....	32
3.1.5. Recolección de la información	33
CAPÍTULO IV INGENIERÍA DEL PROYECTO	34
4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO	34
4.1.1. Descripción y características de la vivienda	34
4.1.2. Características Geográficas y Ambientales del Sitio	34
4.1.3. Edificación de la residencia unifamiliar.....	36
4.1.4. Condiciones exteriores de cálculo	38
4.1.5. Condiciones interiores de cálculo.....	40
4.2. IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS	40
4.2.1. Sistema de Agua Caliente Sanitaria	40
4.2.2. Sistema de calefacción.....	41
4.3. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS	42

4.3.1. Transmisión de Calor.....	42
4.3.2. Transferencia de calor por convección	43
4.4. CÁLCULOS Y ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES	48
4.4.1. Cálculo de cargas térmicas	49
4.4.2. Carga de calefacción debida a cerramientos exteriores.....	50
4.4.3. Coeficientes de transmisión térmica	54
4.4.4. Suplemento por interrupción de servicio (<i>Z_d</i>) orientación.....	55
4.4.5. Cálculo de calefacción debido a infiltraciones	58
4.4.6. Carga térmica de ventilación.....	60
4.4.7. Demanda térmica total	62
4.5. DISEÑO DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE	62
4.5.1. Clasificación de las áreas a calefaccionar.....	62
4.6. Cálculo de la Emisión de Calor por Área del ambiente	64
4.6.1. Cálculo de la Temperatura Superficial	67
4.6.2. Cálculo de la temperatura del agua en los tubos emisores	69
4.6.3. Cálculo del caudal de agua	78
4.7. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE COLECTORA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).....	79
4.7.1. Cálculo del consumo energético.....	79
4.7.2. Cálculo de la energía aprovechable	86
4.7.3. Energía total incidente	90
4.7.4. Cálculo de la energía útil y la superficie necesaria	91
4.7.5. Intensidad radiante.....	92
4.7.6. Determinación del rendimiento del colector	93
4.7.7. Cálculo de la energía útil y superficie necesaria.....	95
4.7.8. Cálculo d número de colectores necesarios.....	98
4.8. Dimensionado de componentes	99
4.8.1. Cálculo del volumen de acumulación	99
4.8.2. Caudal de circuito primario	99
4.8.3. Cálculo de diámetros de las tuberías.....	100
4.9. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE COLECTORA PARA SUELO RADIANTE	104
4.9.1. Energía necesaria para calentar el fluido caloportador.....	105
4.9.2. Número de colectores para suelo radiante	107
4.9.3. Cálculo del volumen de acumulación para suelo radiante	107
4.9.4. Cálculo de la distancia entre colectores	108
4.10. Cálculo de aislamiento.....	109
4.11. Cálculo de la bomba de circulación.....	109
4.11.1. Especificación de Componentes	111
CAPÍTULO V MONTAJE	119
5.1. CONDICIONES DE MONTAJE	119
5.1.1. Instalación de la hoja de polietileno	119
5.1.2. Montaje Banda Perimetral	120
5.1.3. Instalación de los elementos base de calefacción.....	121
5.1.4. Instalación de colectores.....	122
5.1.5. Llenado de la instalación y prueba de estanqueidad	124
5.1.6. Aplicación del mortero de cemento	124
5.1.7. Montantes y tubería de distribución	125
5.1.8. Regulación de temperatura ambiente.....	126
5.2. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN	127
5.2.1. Equilibrado de los circuitos	127
5.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	128
5.3.1. Vigilancia	129
5.3.2. Mantenimiento preventivo	129
5.3.3. Mantenimiento correctivo	130
5.3.4. Mantenimiento de la instalación solar térmica	131
5.3.5. Seguridad de la instalación.....	132
5.3.6. Mantenimiento de la bomba de circulación	133
5.3.7. Mantenimiento del vaso de expansión.....	133

5.3.8. Mantenimiento de las válvulas.....	134
5.4. FRECUENCIA MINIMA DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	134
CAPÍTULO VI COSTOS.....	136
6.1. IDENTIFICACIÓN DE COSTOS.....	136
6.2. PRECIO TOTAL.....	144
6.3. CONCLUSIONES.....	145
6.4. RECOMENDACIONES.....	147
BIBLIOGRAFIA.....	148
ANEXOS.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Avances de la energía solar térmica.	3
Figura 2.1: Avances de la energía solar térmica.	7
Figura 2.2: Variedades de Sistemas Térmicos Solares	8
Figura 2.3: Calefacción por aire caliente.	9
Figura 2.4: Calefacción mediante vapor.	10
Figura 2.5: Instalación de calefacción por agua caliente.	11
Figura 2.6: Distribución vertical de temperaturas para diferentes sistemas de calefacción.....	11
Figura 2.7: Funcionamiento de una instalación solar térmica para ACS.....	13
Figura 2.8: Diferencia entre Sistemas Térmicos de Circulación Natural y Forzada	15
Figura 2.9: Categorización basada en las variedades de circulación y en los métodos de intercambio.	15
Figura 2.10: Esquema general de una instalación solar térmica.	17
Figura 2.11: Configuración típica de un colector solar plano de parilla y serpentina.	18
Figura 2.12: Efecto invernadero en el colector solar.	18
Figura 2.13: Captador de tubos de vacío con “tubo de calor”(Heat-pipe).	19
Figura 2.14: Captador de tubos de vacío con “tubo en U” y con “tubos concéntricos.	20
Figura 2.15: Disposición del acumulador Vertical Horizontal.....	21
Figura 2.16: Acumuladores con intercambiadores de serpentin y de doble envolvente.	22
Figura 2.17: Intercambiador de calor incorporado.	23
Figura 2.18: Intercambiador de calor de placas.	24
Figura 2.19: Bomba de circulación.	24
Figura 2.20: Ejemplo de vaso de expansión o bomba de circulación.	25
Figura 2.21: Válvula de esfera o Bola.	25
Figura 2.22: Válvula de seguridad, esquema instalado y símbolo hidráulicamente utilizado	26
Figura 2.23: Válvula de seguridad, esquema instalado y símbolo hidráulicamente utilizado	27
Figura 2.24: Válvula de equilibrado, instalado con mando accesible y símbolo habitualmente utilizado.	27
Figura 2.25: Ejemplo de válvula de llenado automático.	28
Figura 2.26: Purgador manual de aire en salida de aire con escapes conducidos.	28
Figura 2.27: Termómetro, manómetro, caudalímetro y símbolos respectivamente.....	29
Figura 4.1: Ubicación de la vivienda unifamiliar, zona Llojeta.	34
Figura 4.2: Plano del segundo nivel	35
Figura 4.3: Plano arquitectónico del tercer nivel.....	36
Figura 4.4: Diagrama de temperatura promedio en la ciudad de La Paz.....	39
Figura 4.5: Calefacción por suelo radiante.	41
Figura 4.6: Transferencia Térmica por Conducción a través de una Pared.	42
Figura 4.7: Transferencia de Calor por Convección desde una Superficie Caliente al Aire.	43
Figura 4.8: Cuando un objeto y sus alrededores tiene la misma temperatura, la energía radiante emitida es la misma que la absorbida	44
Figura 4.9: Transferencia de calor conjunta con convección y conducción.....	46
Figura 4.10: Análisis de Pérdidas Térmicas.....	48
Figura 4.11: Cargas de calefacción, pérdidas por cerramiento y pérdidas por ventilación.....	50
Figura 4.12: Cerramientos exteriores.....	50
Figura 4.13: Componentes de los muros exteriores.	51
Figura 4.14: Componentes de los muros interiores.....	52
Figura 4.15: Componentes de medianería.	53
Figura 4.16: Componentes del techo y piso.	53
Figura 4.17: Calefacción debido a la Infiltración.....	59
Figura 4.18: Transmisión de Calor de un suelo radiante.....	65
Figura 4.19: Transmisión de calor por el suelo.	69
Figura 4.20: Promedio de Temperatura del Agua de la Tubería.	70
Figura 4.21: Materiales de suelo radiante	71
Figura 4.22: Información geográficos de la vivienda unifamiliar.....	89
Figura 4.22: Variación de la distancia entre colectores.	108
Figura 4.23: Perdida de carga por colectores.	110

Figura 5.1: Proceso de Instalación de la Lámina de Polietileno y Superposición en las Áreas de Unión.	120
Figura 5.2: Instalación de la banda perimetral en sistema de suelo radiante.	121
Figura 5.3: Esquema de Instalación: Capa de Aislamiento y Fijación de Tubos de Calefacción.....	122
Figura 5.4: Ubicación Óptima de Colectores en Instalaciones de Suelo Radiante.	122
Figura 5.5: Distribución de Colectores en Paredes para Eficiencia en Calefacción por Suelo Radiante.	123
Figura 5.6: Materiales Especiales para Conducción Eficiente en Sistemas de Calefacción por Suelo Radiante.	123
Figura 5.7: Materiales Especiales para Conducción Eficiente en Sistemas de Calefacción por Suelo Radiante.	124
Figura 5.8: Proceso de Aplicación de Mortero para Calefacción: Logrando una Capa Óptima.	125
Figura 5.9: Termostato para el colector de retorno.	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Comparación de sistemas de calefacción.	12
Tabla 4.1: Datos específicos del a vivienda.	34
Tabla 4.2: Disposición de áreas del primer nivel.	35
Tabla 4.3: Disposición de áreas del segundo nivel.	35
Tabla 4.4: Disposición de áreas del tercer nivel.	36
Tabla 4.5: Especificaciones de las Paredes Internas	37
Tabla 4.6: Especificaciones de las Paredes Externas.....	37
Tabla 4.7: Especificaciones del techo.....	37
Tabla 4.8: Especificaciones del suelo.	38
Tabla 4.9: Especificaciones de las ventanas.	38
Tabla 4.10: Especificaciones de las puertas.....	38
Tabla 4.11: Temperatura diaria del mes de Julio.....	39
Tabla 4.12: Temperatura mínima y media absoluta.	39
Tabla 4.13: Propiedades térmicas de los materiales.	51
Tabla 4.14: Propiedades térmicas de los materiales.	52
Tabla 4.15: Propiedades térmicas de los materiales.	54
Tabla 4.16: Coeficientes de transmisión térmica.	54
Tabla 4.17: Suplemento por interrupción de servicio.....	55
Tabla 4.18: Coeficientes por orientación solar.....	56
Tabla 4.19: Suplementos por orientación.	56
Tabla 4.20: Calefacción de cada planta.	56
Tabla 4.21: Coeficientes de renovaciones de aire por infiltración.	59
Tabla 4.22: Ventilación y renovación de aire.	60
Tabla 4.23: Carga térmica debido a ventilación planta 2.	61
Tabla 4.24: Carga térmica debido a ventilación planta 3.	62
Tabla 4.25: Cargas Térmicas Totales.....	62
Tabla 4.26: Temperaturas superficiales.	63
Tabla 4.27: Áreas de estudio en la vivienda unifamiliar.	64
Tabla 4.28: Cantidad de calor por área panelable total.....	64
Tabla 4.29: Distancia del colector al ambiente a calefactar.....	65
Tabla 4.30: Distancia de colectores a los diferentes ambientes.	66
Tabla 4.31: Longitud de tubería de suelo radiante.....	66
Tabla 4.32: Longitud total de suelo radiante.....	66
Tabla 4.33: Número de circuitos planta primer nivel.	67
Tabla 4.34: Número de circuitos planta segundo nivel.....	67
Tabla 4.35: Numero de circuitos por colector.	67
Tabla 4.36: Temperaturas superficiales de cada ambiente.	69
Tabla 4.37: Conductividad y espesor de materiales.	71
Tabla 4.38: Temperatura media del agua, impulsión.	78
Tabla 4.39: Volumen del fujo del agua.....	79
Tabla 4.40: Porcentaje de ocupación mensual en la vivienda Unifamiliar.	80
Tabla 4.41: Demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a 60°C.....	81
Tabla 4.42: Consumo unitario máximo de ACS a 45°C.....	81
Tabla 4.43: Número de personas por vivienda.....	81
Tabla 4.44: Consumo de agua mensual.....	82
Tabla 4.45: Temperatura media del agua en la red, en °C, en la ciudad de La Paz.	82
Tabla 4.46: Variación Térmica Correspondiente a Cada Mes del año.	83
Tabla 4.47: Estimación Mensual de Energía para Calentar Agua a 45°C Utilizando Temperaturas de la Red.....	84
Tabla 4.48: Estimación Mensual de Energía para Calentar Agua a 45°C Utilizando Temperaturas de la Red.....	84
Tabla 4.49: Radiación solar emitida en MJ en la ciudad de La Paz.	85
Tabla 4.50: Radiación Global de la zona a climatizar.	85
Tabla 4.51: Contribución solar mínima en % caso genera.	85
Tabla 4.52: Demandas Energéticas Mensuales a lo Largo del Año.....	86

Tabla 4.53: Irradiación incidente sobre un metro cuadrado de superficie kWh/m ² /mes.	87
Tabla 4.54: Irradiación aprovechable.....	88
Tabla 4.55: Factores de Corrección para Irradiación Solar Mensual.	88
Tabla 4.55: Tabla de valores del coeficiente k.....	89
Tabla 4.56: Corrección del coeficiente k debida a la inclinación de colectores.	89
Tabla 4.57: Energía total que incide sobre los colectores solares.....	91
Tabla 4.58: Promedio Horas de Sol Efectivas en Superficie Inclinada.....	91
Tabla 4.59: Número medio de horas diarias de sol.	92
Tabla 4.60: Radiación que incide sobre la superficie de colectores.	93
Tabla 4.61: Temperatura media durante las horas de sol, en °C.	94
Tabla 4.62: Especificaciones del colector.	94
Tabla 4.63: Rendimiento de los colectores solares.	95
Tabla 4.64: Energía solar efectiva utilizable.	96
Tabla 4.65: Disponibilidad total de la energía.	97
Tabla 4.66: Energía disponible.....	97
Tabla 4.67: Cantidad real en m ² de superficie útil.	98
Tabla 4.68: Diámetros normalizados para tuberías de cobre.	101
Tabla 4.69: Requerimientos de Aislamiento Térmico (mm) para Tuberías y Accesorios que Conducen Fluidos Calientes en el Interior de Edificaciones.....	102
Tabla 4.70: Requerimientos de Aislamiento Térmico (mm) para Tuberías y Accesorios que Conducen Fluidos Calientes en el Exterior de Edificaciones.	103
Tabla 4.71: Especificaciones de aislamiento.	104
Tabla 4.72: Flujo másico del agua diario para el cálculo de número de colectores.	105
Tabla 4.73: Energía necesaria al mes.	106
Tabla 4.74: Contribución de la energía solar en cada mes del año.	106
Tabla 4.75: Energía disponible en cada mes del año.	107
Tabla 4.76: Especificación de aislamiento.....	109
Tabla 4.77: Especificación Colector plano.	111
Tabla 4.78: Especificación de la bomba.	111
Tabla 4.79: Especificaciones del vaso de expansión.	112
Tabla 4.80: Especificación del manómetro.	113
Tabla 4.81: Especificaciones de los purgadores automáticos.	113
Tabla 4.82: Especificación válvula de bola.	114
Tabla 4.83: Especificación de válvula de retención.	114
Tabla 4.84: Especificación del tubo aislante.....	115
Tabla 4.85: Especificaciones válvula de.....	115
Tabla 4.86: Especificación del colector de suelo radiante.	116
Tabla 4.87: Especificación válvula de retención.	117
Tabla 4.88: Especificación de caja de colectores.	118
Tabla 5.1: Tipos de mantenimiento a realizar.	128
Tabla 5.2: Frecuencia de mantenimiento preventivo.....	134
Tabla 5.3: Mantenimiento preventivo de colectores solares.....	134
Tabla 5.4: Mantenimiento preventivo del intercambiador de calor.	135
Tabla 5.5: Mantenimiento preventivo del sistema hidráulico.	135
Tabla 5.6: Mantenimiento del sistema de control.....	135
Tabla 6.1: Presupuesto parcial del contrapiso de cemento de losa radiante.	136
Tabla 6.2: Costo unitario, de contrapiso de cemento sobre losa radiante.	137
Tabla 6.3: Costo unitario, cinta perimetral aislante.....	138
Tabla 6.4: Costo unitario, elementos base de calefacción.....	139
Tabla 6.5: Costo unitario de tubería de suelo radiante.	140
Tabla 6.6: Costo unitario de la Instalación de caja de colectores.....	141
Tabla 6.7: Costo unitario de la instalación de colectores planos.	142
Tabla 6.8: Costo unitario de la instalación de termostatos.....	143
Tabla 6.9: Costo total.	144
Tabla 6.10: Balance energético y de costos de gas natural y energía solar térmica.	146

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este proyecto es establecer un método claro y preciso para diseñar e instalar sistemas de calefacción y sistemas de producción de agua caliente sanitaria (A.C.S.) utilizando energía solar. Para lograr esto, se analizarán los parámetros que influyen y determinan el funcionamiento de dicho sistema. Además, se busca desarrollar un procedimiento general para calcular el tamaño adecuado del sistema y determinar cuál es la tipología más adecuada entre las opciones consideradas. El enfoque también se extenderá a las instalaciones de calefacción, para asegurar una visión completa de todo el proyecto.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) en su informe del año 2022, el consumo de Gas natural (Gas domiciliario) en la ciudad de La Paz, específicamente en la zona bajo Llojeta, es muy elevado. De hecho, en esta zona, el 100% del total de Gas natural es consumido. Esto implica que prácticamente el 100% de esta área utiliza Gas Natural para calentar agua y para la calefacción de sus viviendas¹.

“En la ciudad de La Paz, el 70% de las viviendas que disponen de gas natural (conocido como gas domiciliario) lo utilizan para el calentamiento de agua sanitaria, mientras que el otro 30% utiliza energía eléctrica para este propósito”, para el calentamiento del agua para uso sanitario se utilizan principalmente dos métodos: por resistencia eléctrica y por combustión de gas. Los sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario por Gas Natural, dependen de la variación de los precios del mencionado combustible que existentes en Bolivia, estos por otra parte son recursos limitados, y que tienen un costo elevado, una vez que se sobrepasa los 50 metros cúbicos de Gas Natural consumidos tiene un costo por mes de 67 Bs “Los sistemas de agua caliente sanitaria por resistencia eléctrica llegan a consumir 103 kwh en promedio cada mes, esto tiene un costo de facturación de 110 bs”²

¹ Instituto Nacional de Estadística. (2023, 21 marzo). Servicios básicos - INE. INE. <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/servicios-basicos-cuadros-estadisticos/>

² DELAPAZ. Delapaz.bo. (s/f)

Para poder realizar la calefacción en la actualidad se utilizan calderas, radiadores y estufas eléctricas, principalmente estos funcionan con Gas Natural y energía eléctrica, este recurso usado es altamente costoso y limitado como ya se mencionó anteriormente.

Por otro lado, los radiadores y calderas a gas emiten gases tóxicos que tienen un efecto negativo para la salud y un efecto invernadero en el medio ambiente.

Los radiadores presentan diversos problemas que afectan su eficiencia y seguridad. En primer lugar, su diseño tiende a calentar únicamente la parte superior o inferior de un ambiente, lo que puede generar una distribución desigual del calor. Además, existe el riesgo de fugas de gas o líquido, lo que compromete la integridad del sistema y representa un peligro potencial para los ocupantes. Con el paso del tiempo, los radiadores también pueden desarrollar ruidos anómalos, indicativos de posibles fallas en su funcionamiento. Por último, su instalación puede afectar la arquitectura de los espacios, ocupando espacio y alterando el diseño original de los ambientes donde se colocan.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por lo expuesto en párrafos anteriores se plantea el siguiente problema:

¿será posible disminuir consumo y los costos elevados de gas natural y energía eléctrica diseñando una instalación solar térmica para suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante?

1.3. OBJETIVO

Con la finalidad de realizar el presente proyecto se han planteado los siguientes objetivos de trabajo.

1.3.3. Objetivo general

Diseñar una instalación para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante en una vivienda de dos pisos en la zona de Llojeta en la ciudad de La Paz

1.3.4. Objetivos específicos

- Establecer los parámetros de diseño para la instalación solar térmica.
- Dimensionar el sistema de colectores solares.
- Diseñar el sistema para la calefacción por suelo radiante.
- Diseñar el sistema de suministro de agua caliente sanitaria.
- Realizar un análisis de costos.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Justificación Social

Las razones sociales para los cuales se desarrolló el presente proyecto son las siguientes

- Contribuir con la mejora del confort para las personas.
- Minimizar la contaminación del medio ambiente y prevenir enfermedades en las personas a causa del efecto invernadero.

1.4.2. Justificación Económica

El presente proyecto utiliza la energía solar sabiendo que la radiación solar es elevada en la zona Llojeta, y bien se sabe que esta no tiene costo alguno y que es ilimitada. Por otro parte se quiere evitar la utilización de otras fuentes de energía como la del gas natural que tiene un costo de consumo en Bolivia 5,37 \$us como indica la figura 1.1.

País	Residencial	Comercial	Industrial y Petroquímico	Centrales Eléctricas	GNC-Vehicular	Media ponderada
Estado Plurinacional de Bolivia	5,37	5,31	1,7	1,7	10	3,4
Brasil	54	36	13	4,1	14,5	11,4
Chile	33					
Colombia	8	8,5	4,5	3,8	20,5	6,7
Ecuador						
Perú	7,31	8,93	5	3,0	3,11	3,5
República Bolivariana de Venezuela	1,46	1,46	0,49	0,49	0,37	0,5
Uruguay	25,9	20,1	7,3			14,4
Desvío estándar/pro media	111%	104%	84%	51%	57%	82%

Figura 1.1: Avances de la energía solar térmica.

Fuente: www.elac.com

1.4.3. Justificación Técnica

El presente proyecto plantea el diseño de una instalación solar térmica que se integrará a la arquitectura, buscando la eficiencia energética mediante el uso de energía solar

1.4.4. Justificación Tecnológica

El presente proyecto tiene un soporte académico, basado en las materias vigentes en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica, aplicando conocimientos técnicos y herramientas de las siguientes asignaturas:

- Refrigeración y aire acondicionado
- Transferencia de calor
- Mecánica de Fluidos
- Hidráulica
- Tecnología de Gas Natural
- Diseño Mecánico
- Ingeniería Térmica

1.4.5. Justificación Ambiental

El presente proyecto de diseño de una instalación solar térmica tiene como objetivo minimizar el impacto ambiental generado por gases como el CO₂, los cuales causan un profundo impacto medioambiental. Por ejemplo, contribuyen a la degradación del suelo, la desertificación de las zonas más áridas del planeta y el aumento de la temperatura global. Este aumento de la temperatura provoca una subida del nivel del mar, lo que podría llevar a la desaparición de islas y ciudades costeras

1.5. LÍMITES Y ALCANCES

1.5.1. Limitaciones de la solución propuesta

- El presente proyecto tiene como base de investigación la zona Llojeta todo cálculo, de la eficiencia de la radiación realizado, es única y exclusivamente para esta zona.
- El sistema de calefacción solo será realizado en 3 dormitorios, 3 salas de estar y 1 estudio 2 comedores.
- El agua caliente sanitaria se utilizará en 1 cocina y 1 baño.
- La dependencia de este proyecto está limitada al sol ya que si hay un día nublado no habrá energía solar por lo cual la calefacción se verá limitada.

1.5.2. Alcances del Trabajo de Titulación

- Se usará la energía solar térmica existente en la zona de Bajo Llojeta.
- Se empleará en menor medida el gas natural para el caldero que operará en días nublados
- Se obtendrá el confort necesario para la vivienda unifamiliar en Bajo Llojeta



CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL ESCENARIO ENERGÉTICO ACTUAL

En la búsqueda de soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente, el uso de energías renovables ha cobrado una relevancia sin precedentes en la sociedad contemporánea. En un contexto marcado por los desafíos del cambio climático, la degradación ambiental y la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles, las energías renovables se presentan como una alternativa prometedora y esencial para garantizar un futuro energético más limpio y sostenible^{3,4}.

Las energías renovables, tales como la solar, eólica, hidráulica, geotérmica y biomasa, se caracterizan por su capacidad para ser explotadas de manera continua, sin agotar las fuentes que las generan. A diferencia de los combustibles fósiles, cuya extracción y quema liberan emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyen al calentamiento global, las energías renovables son limpias y no producen emisiones significativas de contaminantes⁵.

Este creciente interés en el uso de energías renovables se debe a varios factores clave. En primer lugar, la preocupación por los impactos del cambio climático ha impulsado la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y frenar el calentamiento global. Las energías renovables ofrecen una vía para reducir drásticamente las emisiones y mitigar los efectos del cambio climático⁶.

Además, el agotamiento progresivo de los recursos fósiles y la volatilidad de sus precios han puesto de manifiesto la importancia de buscar fuentes energéticas más sostenibles y estables. Las energías renovables, al depender de recursos naturales abundantes y disponibles, pueden ofrecer una mayor seguridad y autonomía energética para los países y comunidades.

Otro aspecto destacado es el crecimiento y desarrollo tecnológico en el campo de las energías renovables. Los avances en la eficiencia y la reducción de costos de las

³ *La importancia de las energías renovables ACCIONA BUSINESS AS UNUSUAL*. (s. f.).

⁴Admin, 2019.

⁵Energías renovables: ¿Qué son y para qué sirven?, 2023

⁶United Nations, s. f.

tecnologías renovables han hecho que su adopción sea cada vez más atractiva y competitiva en comparación con las fuentes de energía convencionales⁷.

Es importante resaltar la significativa relevancia que posee la energía solar térmica como una fuente de energía sostenible y limpia, especialmente en el contexto actual de creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de adoptar prácticas más respetuosas con el medio ambiente. Esta tecnología renovable se destaca por su capacidad para proporcionar una solución eficiente y amigable con el entorno, al abastecer tanto la producción de agua caliente sanitaria como la calefacción en diversas aplicaciones residenciales. Al aprovechar el inagotable poder del sol, la energía solar térmica se erige como una valiosa aliada en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a la vez que contribuye a la independencia energética y la preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras⁸⁹.



Figura 2.1: Avances de la energía solar térmica.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1. La energía solar térmica

Los Sistemas Solares Térmicos (SST) aprovechan la radiación solar para calentar líquidos que se usan en diversas aplicaciones. Esta fuente de energía, siempre disponible y gratuita, presenta ventajas notables. Los SST logran una conversión altamente eficiente de la radiación solar en energía útil, superando el 50%. Este rendimiento es uno de los más altos en el contexto de las energías renovables. Además, estos sistemas no emiten gases de efecto invernadero y pueden reemplazar o complementar tecnologías basadas en combustibles fósiles.

⁷ United Nations, s. f.

⁸ Geoinnova, A. (2022). La importancia de la energía solar a día de hoy.

⁹ United Nations. (s. f.). ¿Qué son las energías renovables? Naciones Unidas.

Cada sistema solar térmico consta de dos componentes esenciales: el colector, encargado de transformar la energía solar en calor, y el tanque acumulador, diseñado para retener el fluido caliente y utilizarlo posteriormente en aplicaciones como el suministro de agua caliente, la climatización y procesos industriales. La figura 2.2 proporciona una síntesis de los diversos tipos de sistemas solares térmicos disponibles. La configuración de estos componentes principales se adapta de manera específica a cada caso y aplicación, dependiendo del tipo y clasificación del sistema (ya sea de circulación natural o forzada, abierto o cerrado, directo o indirecto). Esta flexibilidad permite alimentar una o varias aplicaciones mediante estos sistemas¹⁰.

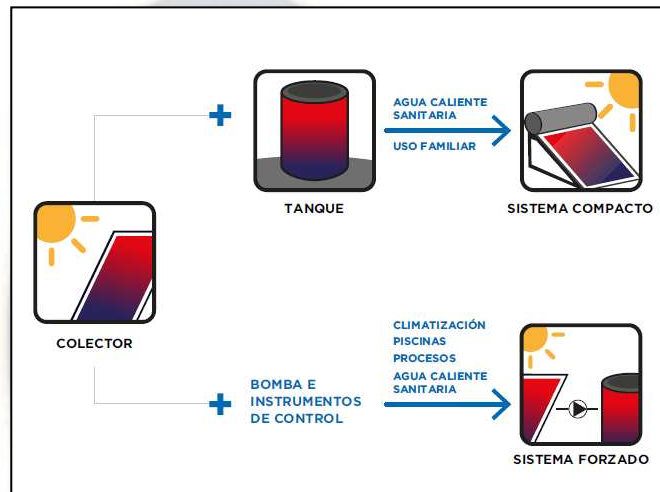


Figura 2.2: Variedades de Sistemas Térmicos Solares

Fuente: Navntoft, C., & Cristófalo, M. P. (2018). *Introducción a la energía Solar térmica* (1.a ed.).

¹⁰ Navntoft, C., & Cristófalo, M. P. (2018). *Introducción a la energía Solar térmica* (1.ª ed.).

2.2. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

2.2.1. Calefacción por aire caliente

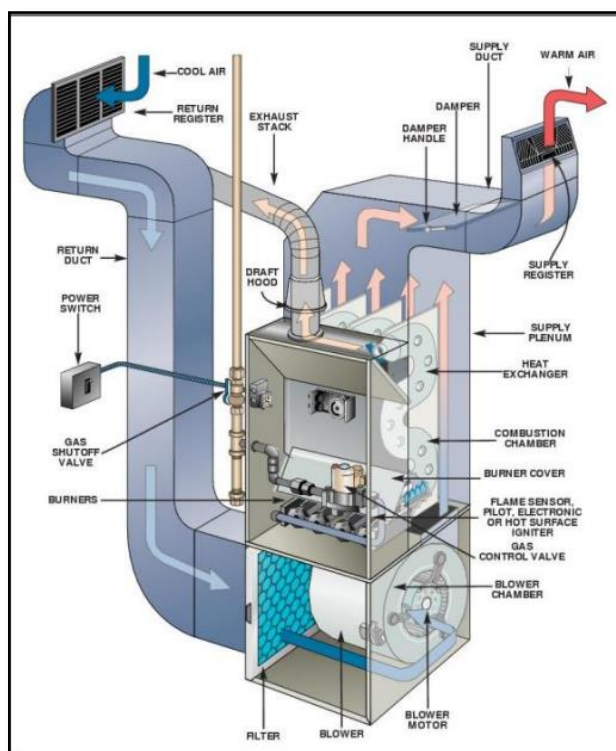


Figura 2.3: Calefacción por aire caliente.

Fuente: Quadri, Nestor (1993) Instalaciones de aire acondicionado y calefacción. Edit. Alsina, Buenos Aires.

Las unidades de calefacción central, alimentadas por diversas fuentes como gas natural, diésel, propano, carbón o leña, son comunes en Bolivia. Actualmente, el gas natural es la opción preferida debido a su limpieza y menor costo.

El funcionamiento de una unidad de calefacción central por aire forzado implica la activación a través de un termostato cuando la temperatura ambiente desciende. Un quemador de la cámara de combustión calienta el aire, que se distribuye a través de ductos a habitaciones y se evacúan los gases por una chimenea. El sistema puede incluir filtración de aire, recirculación y mezcla con aire fresco. Algunos sistemas también ofrecen refrigeración en verano, denominándose Sistema de Calefacción y Aire Acondicionado, y pueden incorporar sistemas de humidificación para mantener condiciones confortables de humedad.

2.2.2. Calefacción por vapor

Aunque su uso es limitado, el sistema de calefacción mediante vapor de agua es aplicable en instalaciones colectivas o centralizadas de tamaño pequeño o mediano. Este sistema utiliza vapor de agua a baja presión como fluido caloportador, similar a las instalaciones de calefacción por Agua Caliente. La diferencia radica en los dispositivos emisores, donde el vapor de agua cede su calor latente al cambiar de estado y luego se condensa, retornando a la caldera en estado líquido.

El vapor generado se envía a un distribuidor principal que lo reparte entre diferentes columnas. El distribuidor debe tener una pendiente negativa para arrastrar posibles condensaciones hacia sifones que recogen el agua y la envían al circuito de retorno. Los ramales de entrada de los emisores también deben tener una ligera pendiente para permitir la circulación del vapor condensado.

Dado que el vapor de agua es más ligero que el aire, se utiliza un des aireador en el circuito de retorno para expulsar posibles bolsas de aire. Además, se instalan válvulas especiales para prevenir la salida de vapor de los emisores, evitando así una reducción significativa en su rendimiento térmico

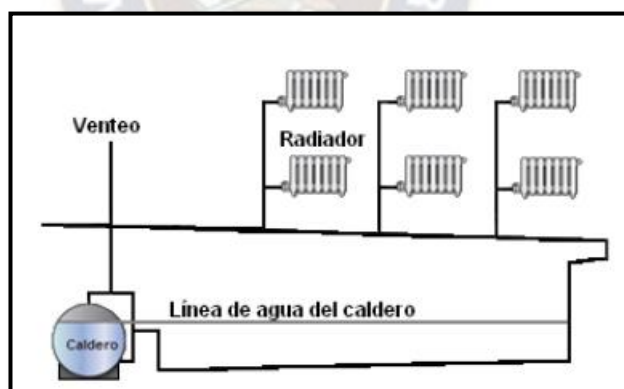


Figura 2.4: Calefacción mediante vapor.

Fuente: Quadri, Nestor (1993) Instalaciones de aire acondicionado y calefacción. Edit. Alsina, Buenos Aires.

2.2.3. Calefacción por agua caliente

Un radiador se define como un dispositivo intercambiador de calor que no contiene partes móviles ni llamas, diseñado para proporcionar calor a un elemento o entorno específico. La cantidad de calor emitido por un radiador depende de la diferencia de temperaturas entre su superficie y el entorno circundante, así como de la cantidad de superficie en contacto con dicho entorno. Un mayor intercambio de calor se produce

con una mayor superficie de intercambio y una mayor diferencia de temperatura. Sin embargo, las desventajas incluyen un consumo elevado de energía eléctrica o gas, así como un enfriamiento rápido debido a su menor inercia térmica.

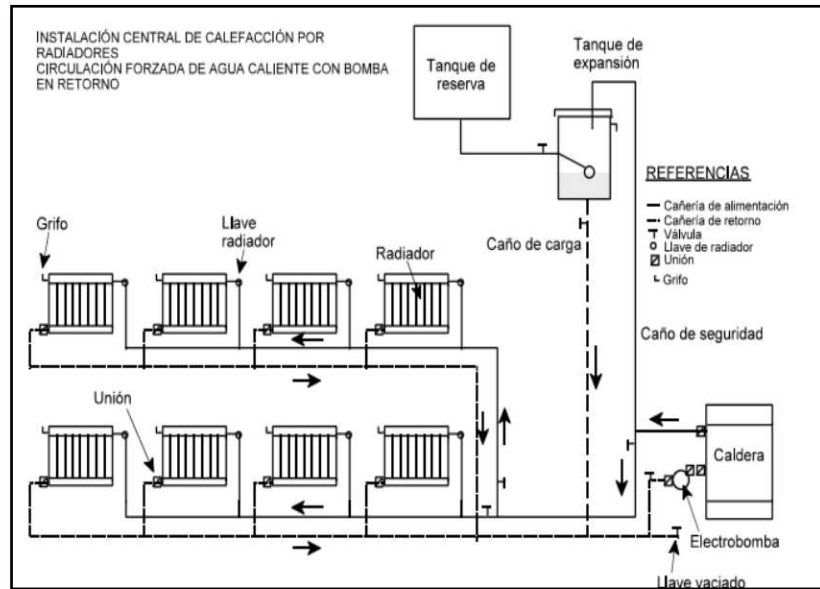


Figura 2.5: Instalación de calefacción por agua caliente.

Fuente: Quadri, Nestor (1993) Instalaciones de aire acondicionado y calefacción. Edit. Alsina, Buenos Aires.

2.2.4. Calefacción por suelo radiante

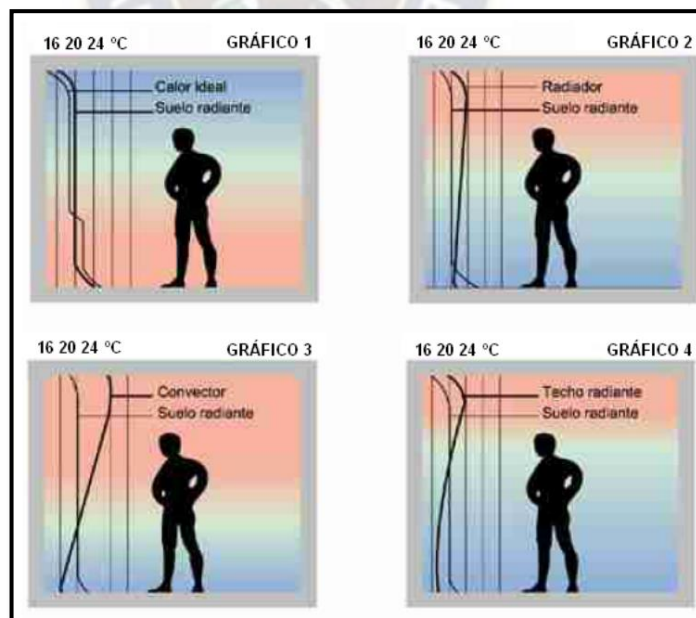


Figura 2.6: Distribución vertical de temperaturas para diferentes sistemas de calefacción.

Fuente: Elaboración propia.

La transmisión de calor se realiza a través de tres formas: conducción, convección y radiación, y estas se combinan en el suelo radiante. El sistema consiste en tuberías empotradas en cemento por las cuales circula agua caliente. Las tuberías calientan el

cemento por conducción, y posteriormente se producen fenómenos de convección y radiación al calentarse la masa de cemento. En este proceso, la transmisión de calor predominante es la radiación.

El suelo radiante, también conocido como panel radiante, es una placa de hormigón con un serpentín de tuberías donde circula agua caliente. Este panel está ubicado entre dos placas, una superior constituida por el piso y otra inferior por un aislante térmico. La temperatura del agua se mantiene entre 30 y 55°C, y el calor se transmite por conducción al conjunto, luego al piso y finalmente al ambiente a través de convección y radiación.

La regulación de la temperatura se realiza mediante llaves de regulación en cada serpentín, permitiendo al usuario ajustar la temperatura según sus necesidades. Además, el sistema incluye tuberías de distribución y una placa de aislamiento térmico en la cara inferior del hormigón para mejorar la inercia térmica del sistema.

2.2.5. Elección de la mejor alternativa de solución

Tabla 2.1: Comparación de sistemas de calefacción.

Características	Calefacción por Radiadores	Calefacción por Aire Caliente	Calefacción por Vapor	Calefacción por Suelo Radiante
Ventajas				
Eficiencia energética	Alta	Variable	Variable	Alta
Distribución del calor	Uniforme	Variable	Variable	Uniforme
Inercia térmica	Moderada	Baja	Alta	Alta
Confort térmico	Buena	Variable	Variable	Excelente
Estética	Requiere espacio en paredes	Adecuada	Puede ser obstruida	No visible, diseño flexible
Adaptabilidad a zonas frías	Muy adecuado	Adecuado	Adecuado	Muy adecuado
Desventajas				
Costos de instalación	Moderados a altos	Variables	Variables	Moderados a altos
Consumo de energía	Variable	Alto	Variable	Bajo (si se utiliza eficientemente)
Mantenimiento	Bajo	Moderado	Moderado	Bajo
Tiempo de respuesta	Moderado a lento	Rápido	Moderado	Lento
Control de zonas	Posible, con sistemas zonificados	Puede ser difícil	Limitado	Excelente

Fuente: Elaboración propia.

2.2.6. Elección de la alternativa de calefacción

Como se evidencia en la Tabla 2.1, la alternativa de calefacción que presenta mayores ventajas es el sistema de **suelo radiante**. En consecuencia, se seleccionará este método para el diseño del presente proyecto

2.3. AGUA CALIENTE SANITARIA

El gasto de energía destinado al suministro de agua caliente sanitaria constituye aproximadamente el 15 al 25% del consumo total de energía en una residencia. Se puede reducir el costo energético asociado con el agua caliente al elegir cuidadosamente la fuente de energía y el tipo de calentador de agua, implementar un diseño de sistema adecuado y, sobre todo, al disminuir el consumo de agua caliente.

2.4. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

Es posible categorizar los Sistemas Solares Térmicos basándose en el método de circulación, el mecanismo de transferencia de calor, la presión operativa y su estructura de diseño.

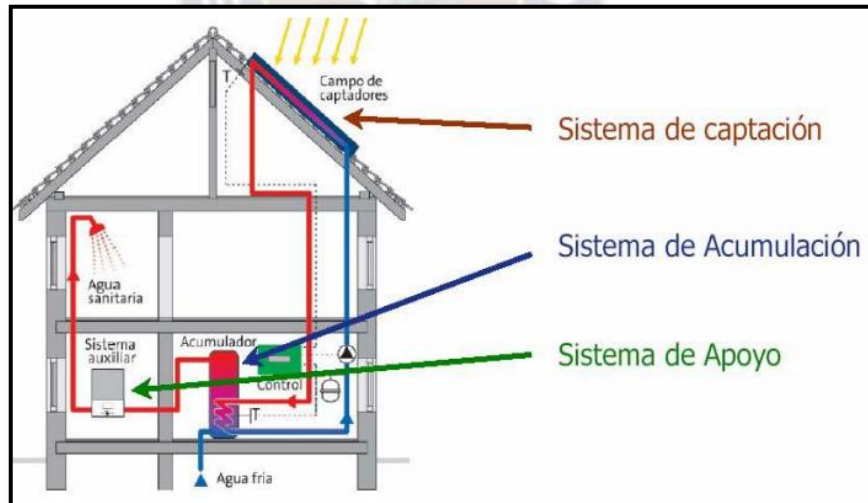


Figura 2.7: Funcionamiento de una instalación solar térmica para ACS.
Fuente: Introducción a la energía solar térmica.

El colector solar térmico es un dispositivo encargado de convertir la radiación solar en energía térmica, generando un aumento de temperatura en un fluido caloportador. Sus componentes fundamentales incluyen la cubierta, generalmente fabricada de vidrio, y el absorbedor, que consiste en una placa plana, típicamente metálica. Esta placa se calienta al recibir la radiación solar que atraviesa la cubierta.

2.4.1. Por el principio de circulación: Circulación natural o circulación forzada

En los sistemas de tipo termo sifónico (natural), el movimiento del agua caliente se logra gracias a la fuerza de gravedad. La energía solar calienta el agua en el colector, lo que reduce su densidad y permite que ascienda hacia el tanque de almacenamiento. Al mismo tiempo, el agua más fría y densa fluye hacia abajo, manteniendo así un flujo constante. Este proceso de convección o termosifón persiste mientras la radiación solar continúa calentando el colector.

Los sistemas de circulación forzada emplean una bomba y un controlador para mover el fluido caloportador a través del colector. Habitualmente, los colectores se sitúan en los tejados de edificaciones, mientras que el tanque se localiza en una sala técnica en otro nivel. El fluido fluye desde el colector al tanque impulsado por una bomba. En esta modalidad, el circuito que calienta el fluido en el colector es cerrado. El colector se emplea para calentar el fluido caloportador, que a su vez transfiere calor al agua de uso a través de una serpentina ubicada dentro de un depósito de acumulación. Un conjunto de sensores de temperatura, conectados a un controlador solar, activa el circuito de calentamiento mediante una bomba. El controlador solar es capaz de supervisar y administrar el funcionamiento del sistema. En la mayoría de los casos, la bomba entra en funcionamiento cuando la diferencia de temperatura entre el fluido del colector y el agua en el depósito supera los 6°C, lo que indica que hay suficiente calor en el colector para ser transferido. Dependiendo de cómo esté configurado el depósito y mediante la gestión selectiva de las bombas correspondientes, un mismo sistema puede proveer de manera alternante agua caliente para uso sanitario, calefacción y calentamiento de piscinas. Las distinciones entre los sistemas de circulación forzada y los sistemas de circulación natural se exponen en la figura 2.8.

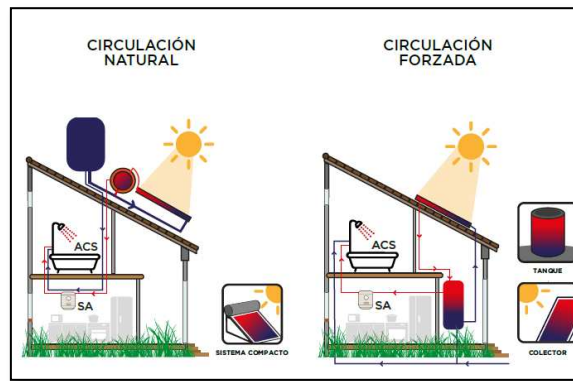


Figura 2.8: Diferencia entre Sistemas Térmicos de Circulación Natural y Forzada.

Fuente: Navntoft, C., & Cristófalo, M. P. (2018). Introducción a la energía Solar térmica (1.a ed.).

2.4.2. Por el sistema de transferencia de calor: Directa o Indirecta

En los sistemas de circulación natural, se distinguen dos tipos: los directos e indirectos. Los directos utilizan el mismo fluido en el colector y el acumulador, que es el agua de consumo. En contraste, los sistemas indirectos emplean un fluido distinto en el colector, que transporta el calor a través de un intercambiador hasta el agua de consumo en el acumulador. Este fluido de transferencia de calor tiene propiedades anticongelantes para su uso en climas fríos. El circuito del fluido anticongelante se llama "primario", mientras que el circuito del agua de consumo se llama "secundario".

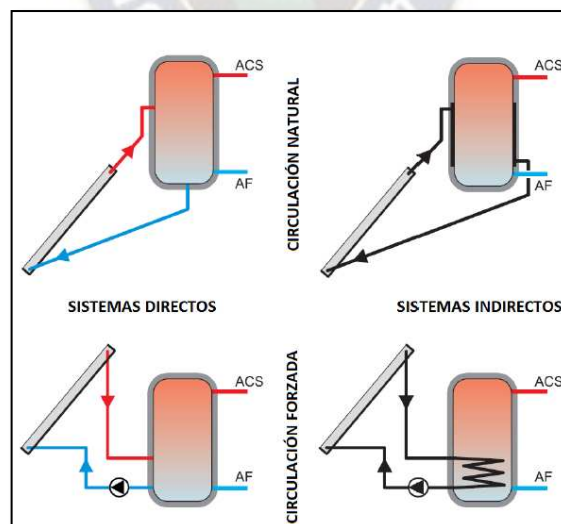


Figura 2.9: Categorización basada en las variedades de circulación y en los métodos de intercambio.

Fuente: Navntoft, C., & Cristófalo, M. P. (2018). Introducción a la energía Solar térmica (1.a ed.).

2.4.3. Funcionamiento de los sistemas solares térmicos

Dentro del esquema elemental de operación de una instalación de energía solar térmica diseñada para la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), ilustrado en la figura, se pueden identificar los siguientes componentes:

- **Sistema de captación:**

Convierte la radiación solar que llega en forma de energía térmica, elevando la temperatura de un fluido en proceso.

- **Sistema de acumulación**

Guarda el agua caliente hasta que sea necesario utilizarla.

- **Sistema de intercambio**

Lleva a cabo la transmisión de calor entre el fluido que está en funcionamiento dentro del circuito primario y el fluido presente en el circuito secundario (agua utilizada para el consumo).

- **Sistema de apoyo (auxiliar o de respaldo)**

Suplementa la contribución solar al proporcionar la energía requerida para satisfacer el consumo proyectado. En ciertos aspectos, este sistema no está contemplado dentro del Sistema Solar Térmico (SST).

- **Circuito primario**

Posibilita el flujo del fluido a través de los dispositivos recolectores que capturan la energía térmica y la conducen hacia el intercambiador

- **Circuito secundario**

Lleva agua apta para el consumo y abarca desde el punto de entrada del agua fría, pasando por los sistemas de almacenamiento y respaldo, hasta la red de distribución que provee a los lugares de utilización¹¹.

¹¹ De Energía, C. M. (2010). *Sistemas Solares Térmicos II: guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria*.

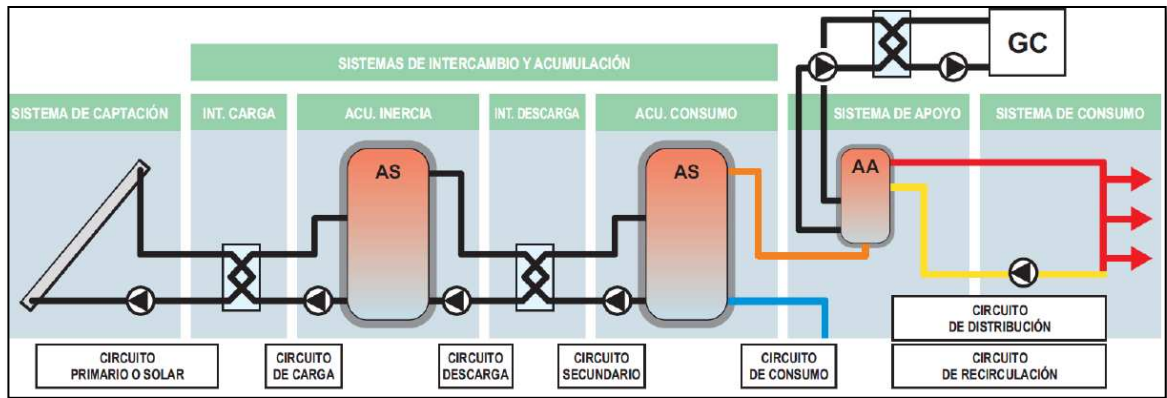


Figura 2.10: Esquema general de una instalación solar térmica.

Fuente: Asociación solar de la Industria Térmica (ASIT). (2022). Guía Técnica de Energía Solar Térmica.

2.5.COMONENTES EN SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

2.5.1. Colectores Solares Térmicos

El captador solar térmico constituye el aparato que convierte la radiación solar en energía térmica, transfiriendo esta energía a un fluido portador de calor y elevando su temperatura. Es el componente central del sistema de captación y la característica más distintiva de las instalaciones solares térmicas. Aparte de su eficaz producción de calor, el captador debe ser diseñado para enfrentar condiciones ambientales como lluvia, nieve, granizo, polvo, entre otros, y para soportar temperaturas tanto elevadas como reducidas¹².

Tipos de Captadores Solares Térmicos

a) Colectores Solares Planos

Los componentes fundamentales del captador incluyen la cubierta, generalmente de vidrio, y el absorbedor, que consiste en una placa plana, típicamente metálica. El absorbedor se calienta al recibir la radiación solar que pasa a través de la cubierta.

¹² De Energía, C. M. (2010). *Sistemas Solares Térmicos II: guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria*.

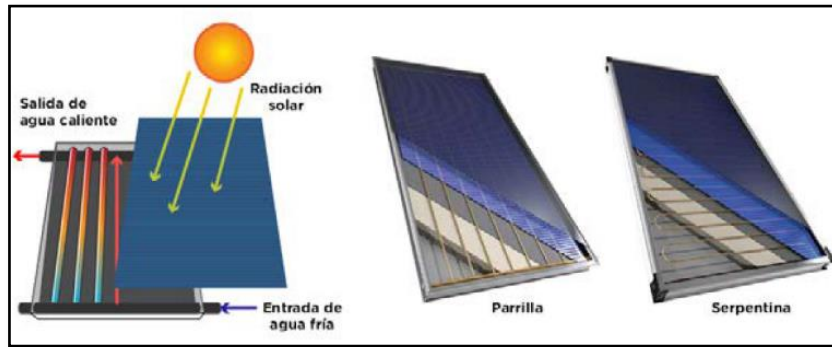


Figura 2.11: Configuración típica de un colector solar plano de parrilla y serpentina.
Fuente: Ballesteros Ruiz & Soria Verdugo, 2012.

La operación del colector solar de tipo plano se fundamenta en el principio conocido como el 'efecto invernadero', y está relacionado con las características de transmisión de la cubierta.

- La radiación solar que llega, en longitudes de onda cortas ($0,3-3 \mu\text{m}$), se refleja en parte, una pequeña cantidad es absorbida por la cubierta y la mayor parte atraviesa alcanzando el absorbedor. Allí, se transforma en calor, aumentando su temperatura.
- Cuando el absorbedor se calienta, emite radiación en longitudes de onda más largas ($3-30 \mu\text{m}$), pero esta radiación no puede escapar al exterior debido a que la cubierta bloquea esta radiación al ser opaca ante ella

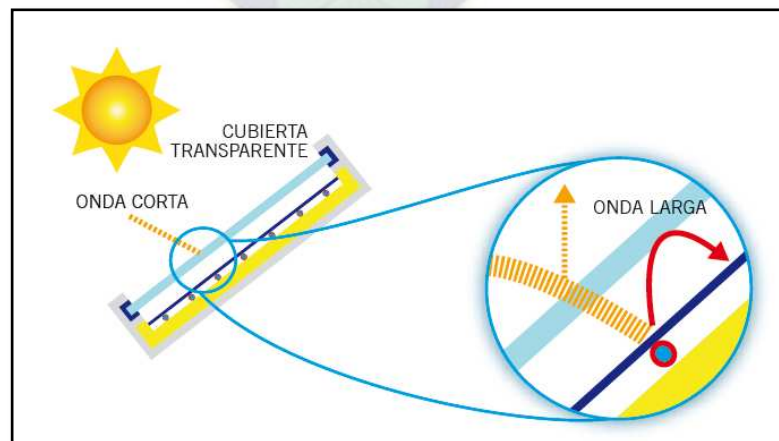


Figura 2.12: Efecto invernadero en el colector solar.
Fuente: Ballesteros Ruiz & Soria Verdugo, 2012.

b) Colectores solares de tubos de vacío.

En los tubos al vacío, se reducen las pérdidas térmicas por convección y conducción al crear vacío entre el absorbedor y el tubo exterior, permitiendo alcanzar altas temperaturas. El nivel de vacío es esencial para la eficiencia en la reducción de pérdidas, aunque es un desafío garantizarlo a largo plazo.

Un colector de tubos al vacío consiste en tubos interconectados en un distribuidor. Cada tubo lleva fluido a calentar en uno o más conductos, y un tubo de vidrio actúa como cubierta y envolvente. Diversos tipos de colectores de tubos al vacío se destacan, incluyendo tubos de calor, tubos en forma de U y flujo directo, que se describen a continuación.

- **Colector de vacío de tubos de calor (Heat-Pipe)**

Dentro del tubo evacuado se localiza un tubo cerrado que presenta aletas y funciona como absorbedor en ambos extremos, siendo conocido como Tubo de Calor. Este tubo interno contiene un fluido caloportador a una presión adecuada para experimentar evaporación y condensación dentro de un rango específico de temperaturas. Cuando el tubo absorbedor se calienta, parte del líquido se transforma en vapor, ascendiendo hacia la parte superior del tubo. En este punto, en una sección de transferencia, transfiere calor a otro fluido, se condensa y regresa a su forma líquida, descendiendo nuevamente por el tubo para iniciar nuevamente el ciclo.

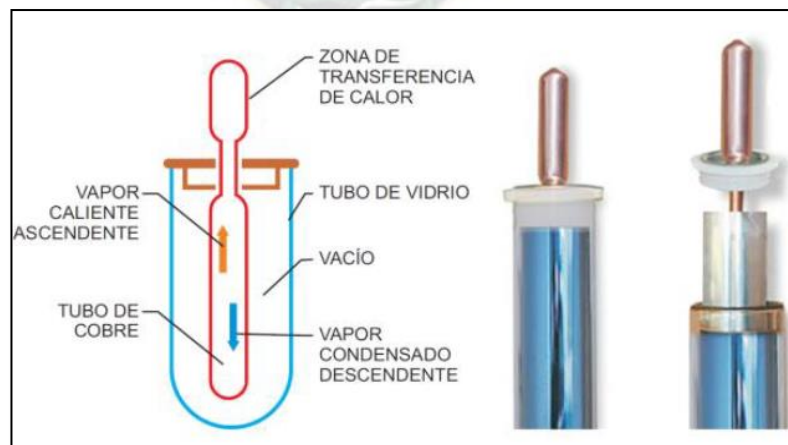


Figura 2.13: Captador de tubos de vacío con “tubo de calor”(Heat-pipe).

Fuente: Asociación solar de la Industria Térmica (ASIT). (2022). Guía Técnica de Energía Solar Térmica.

- **Colector de vacío de tubo en U (U-Tubo)**

Dentro del tubo al vacío se encuentra un conducto para el fluido caloportador. El fluido entra por un extremo a baja temperatura, atraviesa la ruta en forma de U y sale por el otro extremo a una temperatura más elevada. El absorbedor, conectado a ambos tubos, posee una estructura plana.

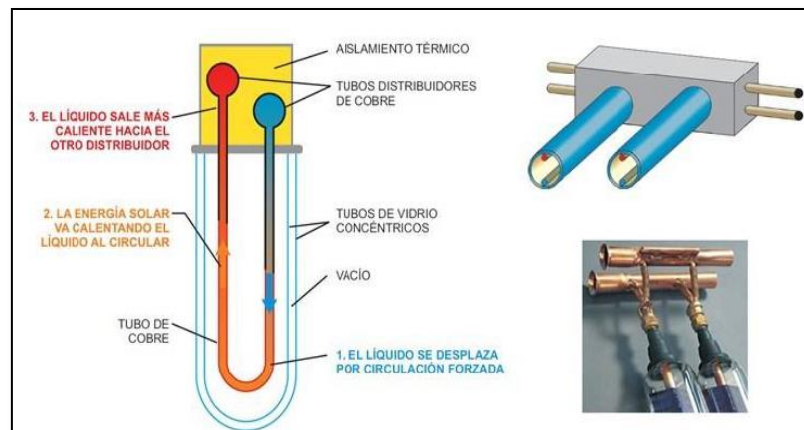


Figura 2.14: Captador de tubos de vacío con “tubo en U” y con “tubos concéntricos.”

Fuente: Asociación solar de la Industria Térmica (ASIT). (2022). Guía Técnica de Energía Solar Térmica.

2.5.2. Acumuladores solares

El depósito acumulador solar, también conocido como DA, tiene la función de resguardar el agua caliente generada en el Sistema Solar Térmico (SST) hasta su requerimiento. Por ende, es crucial que mantenga la pureza del agua, contribuya a la óptima eficiencia del sistema y evite pérdidas térmicas que resultarían en la disminución de la temperatura.

Clasificación de Acumuladores

Los depósitos acumuladores pueden ser categorizados considerando su disposición y disponibilidad, o no, de intercambiador de calor incorporado.

a) Disposición del Acumulador

El acumulador solar puede tener una disposición ya sea horizontal o vertical, dependiendo de cómo se posicione su eje mayor. Esto influye en cómo se distribuye el gradiente de temperaturas verticalmente, conocido como estratificación, y en la circulación interna del agua caliente, que puede dificultar (en caso horizontal) o favorecer (en caso vertical) la estratificación.

En los acumuladores horizontales, la temperatura del agua acumulada tiende a ser uniforme, lo que significa que la estratificación es mínima. Sin embargo, se necesita más energía para elevar las temperaturas a niveles altos. En contraste, los acumuladores verticales tienen temperaturas más altas en la parte superior y temperaturas más bajas en la base, lo que indica una estratificación más pronunciada.

En términos generales, deben disponerse acumuladores verticales y sólo se utilizan acumuladores horizontales cuando no sean posibles los verticales, habitualmente por limitaciones de altura o por problemas de distribución de cargas.

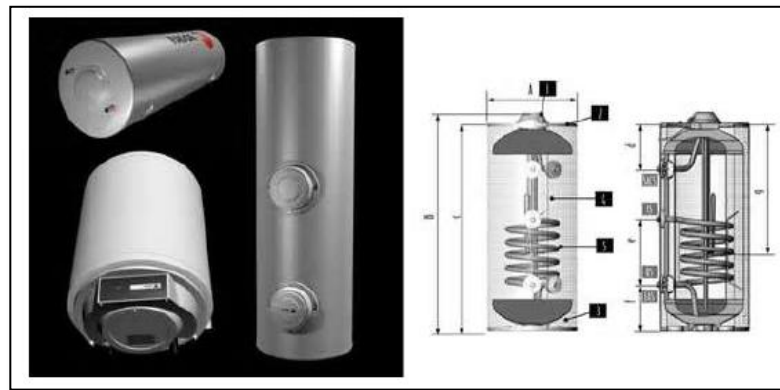


Figura 2.15: Disposición del acumulador Vertical Horizontal.

Fuente: De Energía, C. M. (2010). Sistemas Solares Térmicos II: guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria.

b) Disponibilidad del intercambiador de calor

Los acumuladores pueden disponer de un intercambiador incorporado y realizar la doble función de intercambio y acumulación (normalmente se les denomina Inter acumulares). También pueden realizar sólo la función de un acumulador y entonces el SST requerirá un intercambiador externo o independiente para separar los circuitos primario y secundario.

- Inter acumuladores

Los Inter acumuladores disponen de un intercambiador de calor incorporado que está diseñado para transferir el calor del fluido del circuito primario al agua contenida en el acumulador. Hay distintos tipos de intercambiadores de calor internos, como los de doble envolvente o los de haz de tubos, pero los más usados son de serpentín (ver figura 2.16)

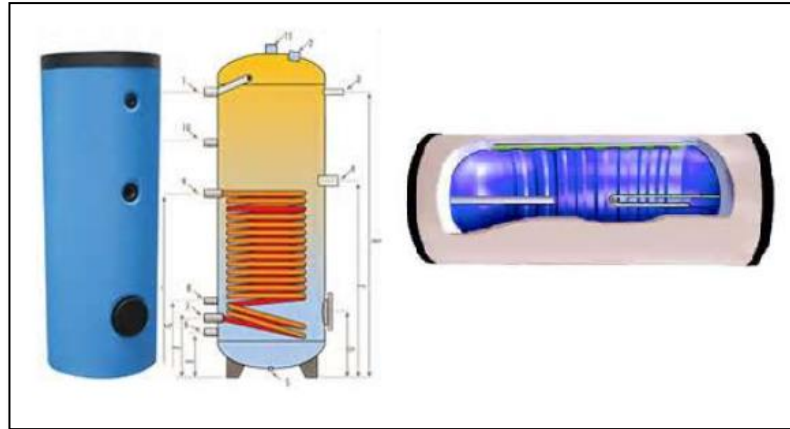


Figura 2.16: Acumuladores con intercambiadores de serpentín y de doble envoltente.

Fuente: Martínez, P. R. (2012). Energía solar térmica: Técnicas para su aprovechamiento. Marcombo.

- Acumulador sin intercambiador

Los acumuladores sin intercambiador, además de las conexiones para entrada de agua fría y salida de agua caliente del circuito de consumo, deben disponer de concesiones de entrada y salida para el circuito de consumo, deben disponer de conexiones de entrada y salida para el circuito secundario.

2.5.3. Circuito Hidráulico

La red hidráulica implica la interconexión de todas las componentes esenciales para lograr la colaboración eficiente de diversos elementos en una configuración. Esta conexión abarca circuitos de naturaleza primaria, secundaria y de consumo. Para garantizar un funcionamiento adecuado, los fabricantes de cada parte deben proporcionar información sobre su capacidad para soportar presiones y temperaturas máximas, así como su compatibilidad con otros materiales y el fluido utilizado.

- **Intercambiador de calor**

El sistema de transferencia engloba aquellos componentes de la configuración que tienen la responsabilidad de llevar la energía recolectada por los colectores solares hasta el depósito de acumulación de agua caliente. El elemento fundamental en este proceso es el intercambiador de calor.

Dependiendo del método de transferencia, las instalaciones se dividen en dos categorías: transferencia térmica directa e indirecta. La variante más común es la transferencia indirecta, en la cual se produce un intercambio térmico que evita el contacto directo entre el fluido del circuito primario y el agua caliente del sistema

a) Intercambiador incorporado al acumulador

Por lo general, los intercambiadores de calor incorporado suelen ser de diseño en forma de serpentín y se fabrican utilizando tuberías de cobre o acero inoxidable. En el caso de depósitos de tamaño moderado, se emplean intercambiadores de doble capa, como se ilustra en la figura siguiente

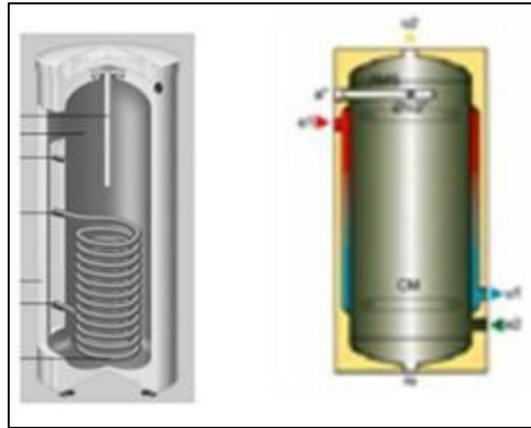


Figura 2.17: Intercambiador de calor incorporado.

Fuente: Asociación solar de la Industria Térmica (ASIT). (2022). Guía Técnica de Energía Solar Térmica.

b) Intercambiador independiente o externos

En general, los intercambiadores de calor externos más comúnmente empleados son los del tipo de placas, debido a su elevada capacidad de transmisión de calor por unidad de superficie, su compacto tamaño en proporción a su área de transferencia térmica y su costo relativamente bajo. Sin embargo, se debe prestar especial atención a la pérdida de presión y es crucial evitar la acumulación de suciedad para preservar su eficiencia en la transmisión de calor.

Estos intercambiadores pueden estar fabricados en materiales como placas de cobre, acero inoxidable o titanio, y pueden presentar una configuración desmontable o estar soldados mediante técnicas de electro-soldadura.

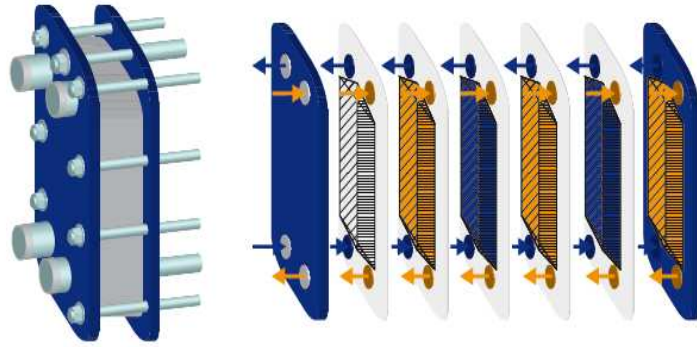


Figura 2.18: Intercambiador de calor de placas.

Fuente: Asociación solar de la Industria Térmica (ASIT)). (2022). Guía Técnica de Energía Solar Térmica.

Bomba de circulación

Las bombas de circulación, impulsadas por un motor eléctrico, tienen la responsabilidad de mover el fluido a lo largo del circuito. Su diseño típico está representado en la Figura 2.19. Los materiales utilizados en la construcción de la bomba deben cumplir con los requisitos generales establecidos y, en particular, para los circuitos de agua caliente sanitaria, deben ser capaces de resistir tanto la corrosión como la formación de depósitos calcáreos que puedan surgir.



Figura 2.19: Bomba de circulación.

Fuente: Asociación solar de la Industria Térmica (ASIT)). (2022). Guía Técnica de Energía Solar Térmica.

Vaso de expansión

Este dispositivo tiene la función de absorber las fluctuaciones de volumen y presión en un circuito cerrado, originadas por las variaciones de temperatura del fluido en circulación. Se trata de un depósito que se encuentra separado en dos secciones mediante una membrana flexible. En uno de los lados de esta membrana se localiza el fluido de trabajo en forma líquida, mientras que en el otro lado se ubica aire o un gas

inerte como nitrógeno. Cuando el fluido se expande debido al calor, la presión aumenta y la membrana se mueve, comprimiendo el aire del lado opuesto.

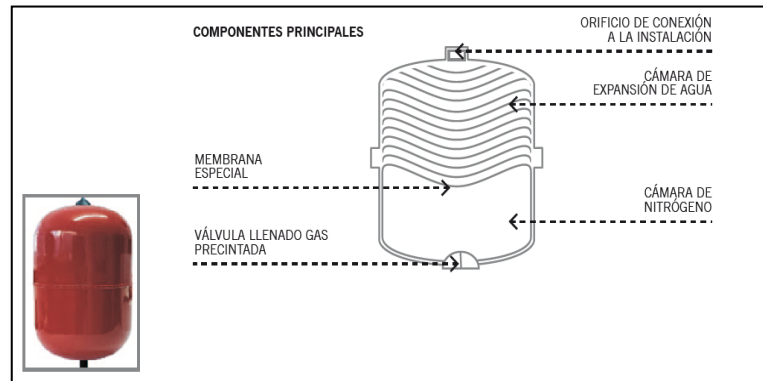


Figura 2.20: Ejemplo de vaso de expansión o bomba de circulación.

Fuente: Bernal, J. (2021, 17 octubre). Vasos de expansión: utilidad y mantenimiento CoolProyect. CoolProyec

Válvulas

Los diferentes tipos de válvulas que pueden emplearse en sistemas de energía solar térmica son los siguientes:

- a) Válvula de esfera o de bola

Estas válvulas se utilizan con el propósito de habilitar o bloquear el flujo de líquido a lo largo de una tubería, permitiendo el aislamiento de componentes específicos del circuito del resto. Cuentan con una esfera perforada en su interior, que actúa como elemento de cierre altamente hermético y puede girar sobre su eje mediante el accionamiento de una palanca conectada a ella.

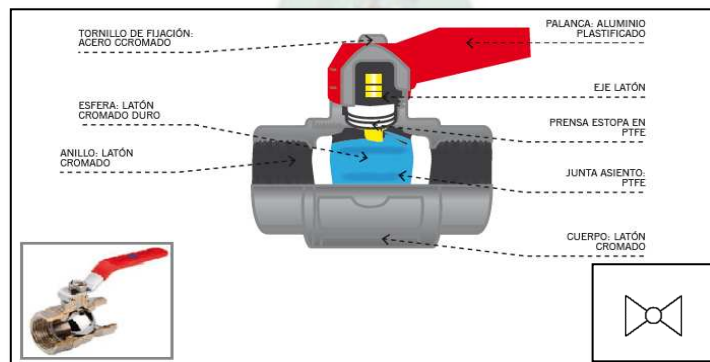


Figura 2.21: Válvula de esfera o Bola.

Fuente: Válvula de bola. (2022, febrero). sthexpert.standardhidraulica.com. https://sthexpert.standardhidraulica.com/wp-content/uploads/2022/02/Boston_seccionada-02.jpg

b) Válvula de seguridad

Son empleadas para expulsar fluido de trabajo hacia el exterior del circuito, con el fin de prevenir presiones excesivas. Estas válvulas operan mediante un resorte que mantiene el obturador en posición cerrada. Cuando la presión del fluido supera la fuerza del resorte, este se comprime, permitiendo que el obturador se desplace y permita el paso del fluido.

La válvula de seguridad del circuito principal debe ser instalada en una rama del circuito que no acumule partículas contaminantes. Además, esta válvula debe estar conectada a la zona más fría del circuito y cerca del sistema de expansión correspondiente. Es importante que la ubicación y orientación de las válvulas de seguridad y la dirección de la liberación de presión se elijan de manera que en caso de activación no se generen accidentes ni daños.

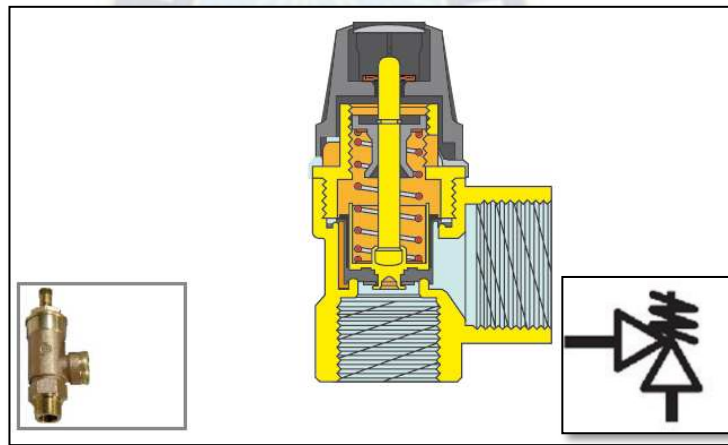


Figura 2.22: Válvula de seguridad, esquema instalado y símbolo hidráulicamente utilizado,
Fuente: Asociación solar de la Industria Térmica (ASIT). (2022). Guía Técnica de Energía Solar Térmica.

c) Válvula antirretorno

Impide el paso de fluido en un sentido y permite la circulación en el otro. Suelen ser de clapeta, de muelle o de disco. Es importante que no generen una elevada pérdida de carga en el circuito

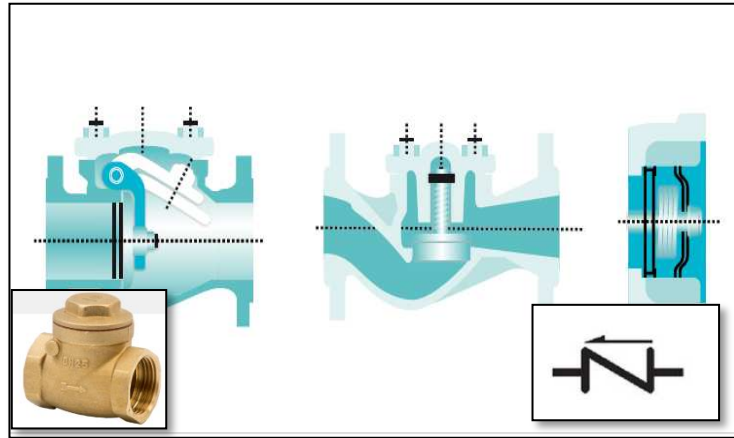


Figura 2.23: Válvula de seguridad, esquema instalado y símbolo hidráulicamente utilizado
Fuente: blog.valvulasarco.com. https://blog.valvulasarco.com/hubfs/big-190203_sf.png

d) Válvula de equilibrado

Se utilizan para controlar y regular los caudales lo que permite equilibrar hidráulicamente los circuitos. Puede ser manual o automática.



Figura 2.24: Válvula de equilibrado, instalado con mando accesible y símbolo habitualmente utilizado.

Fuente: www.genebre.es. https://www.genebre.es/media/contents/product/mh/3074_nova_azul.jpg

e) Válvula de llenado automático

sirve para introducir agua y mantener la presión mínima como sistema de alimentación del circuito primario.



Figura 2.25: Ejemplo de válvula de llenado automático.

Fuente: www.caleffi.com/.

https://impa.cl/cdn/shop/products/LlenadoAutomaticoITAP_2000x.jpg?v=1602248646

Purgador de aire automático

Se trata de un aparato que facilita la eliminación del aire de los sistemas de tuberías. Este dispositivo puede operar de manera manual o automática y debe ser capaz de soportar la temperatura más alta del líquido que fluye por el sistema. Es importante que el componente que regula el flujo de aire no esté hecho de plástico, sino de acero inoxidable, para garantizar su resistencia y durabilidad. Además, es esencial que los purgadores sean capaces de resistir las condiciones climáticas adversas

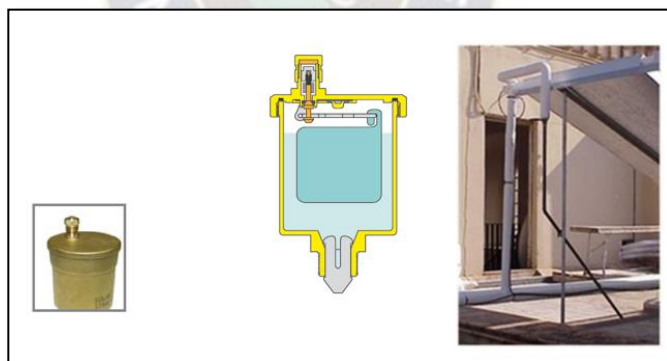


Figura 2.26: Purgador manual de aire en salida de aire con escapes conducidos.

Fuente: De Energía, C. M. (2010). *Sistemas Solares Térmicos II: guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria.*

Equipos de medida

Aparte de los dispositivos electrónicos de medición que las instalaciones puedan tener incorporados en el sistema de control o monitoreo a distancia, una instalación solar térmica debe contar con elementos de medición para mostrar directamente los parámetros clave de funcionamiento, como temperaturas y presiones. Además, las

mediciones de caudal y energía proporcionarán los datos esenciales para evaluar el rendimiento de la instalación.

a) Termómetro

Los termómetros bimetálicos son efectivos para medir con precisión la temperatura en circuitos y acumuladores, especialmente cuando se utilizan aquellos de inmersión con vaina. Colocarlos cerca de los sensores de temperatura permite comparar las mediciones. En el circuito primario, se sugieren termómetros con escala de 0 a 200°C, mientras que en otros circuitos se pueden emplear escalas de 0 a 100°C para obtener datos adecuados¹³.

b) Manómetros

Los manómetros se utilizan para la medida de la presión manométrica de cada uno de los circuitos, normalmente deben disponer de una esfera de 100mm y escala graduada de 0 a 10bar.

c) Caudalímetro

Los caudalímetros posibilitan la medición del flujo de líquido y deben tener un diámetro igual al de la tubería donde se instalan. Las mediciones de flujo se logran a través de turbinas, medidores de flujo magnético, dispositivos de desplazamiento positivo o métodos gravimétricos, asegurando una precisión cercana o superior al 3% en todas las instancias.



Figura 2.27: Termómetro, manómetro, caudalímetro y símbolos respectivamente.

Fuente: Asociación solar de la Industria Térmica (ASIT). (2022). *Guía Técnica de Energía Solar Térmica*.

¹³ Metrología, A. (2019). Termómetro bimetálico - laboratorio acreditado EMA. Calibraciones Abaa Metrología. <https://abaa.mx/blog/termometro-bimetalico/>

2.6.SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

La calefacción por suelo radiante es un sistema de climatización que consiste en la instalación de tuberías debajo del suelo de una edificación. Estos elementos se calientan y transfieren el calor al suelo y, a su vez, al ambiente de la habitación a través de radiación y conducción térmica. El calor generado se distribuye de manera uniforme desde el suelo hacia arriba, creando un ambiente confortable y agradable.

El funcionamiento se basa en calentar el suelo a una temperatura ligeramente superior a la temperatura ambiente deseada. A medida que el suelo cálido irradia calor, este se transfiere a los objetos y las personas presentes en la habitación, proporcionando una sensación térmica agradable^{14,15,16}.

Las ventajas de la calefacción por suelo radiante en comparación con otros sistemas tradicionales, como radiadores o sistemas de aire caliente, incluyen:

- a) Confort Térmico Uniforme: El calor se distribuye de manera uniforme por toda la habitación, evitando corrientes de aire y puntos fríos.
- b) Eficiencia Energética: Al trabajar a temperaturas más bajas que otros sistemas, consume menos energía y puede ser alimentado por fuentes de energía renovable.
- c) Ahorro de Espacio: Al estar integrado en el suelo, no ocupa espacio visible en la habitación ni restringe la colocación de muebles.
- d) Estética Mejorada: Elimina la necesidad de radiadores u otros elementos visibles, lo que mejora la estética y la flexibilidad en el diseño de interiores.
- e) Bajo Mantenimiento: Requiere poco mantenimiento ya que no hay componentes visibles que necesiten limpieza regular.
- f) Menos Polvo y Alérgenos: Al no depender de la circulación del aire para calentar, reduce la dispersión de polvo y alérgenos en el ambiente.

¹⁴ Sarachu, E. (2023, March 28). >> >> Suelo radiante o piso radiante - Funcionamiento - Ventajas. Eficiencia Energética.

¹⁵ Admin. (2023, March 13). ¿Qué es la calefacción por suelo radiante? Metrovacesa. Metrovacesa.

¹⁶ Renovables, A. E. (2022). ¿Qué es el suelo radiante? Activa.

- g) Reducción de Humedad: Al no secar el aire como algunos sistemas de calefacción, puede ayudar a mantener niveles de humedad más adecuados en interiores.



CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1. MÉTODO INGENIERIL

3.1.1. Modalidad de investigación

El presente proyecto se llevó a cabo a través de la investigación aplicada y la investigación documental y de campo.

3.1.2. Investigación aplicada

La investigación aplicada se llevó a cabo para proponer el diseño de una instalación solar térmica para el suministro de ACS. Se realizó un estudio de diferentes teoremas y ecuaciones, que permitió tener una mejor visión del proyecto y analizar en detalle los requisitos necesarios para su implementación. La investigación proporcionó información crucial para el diseño.

3.1.3. Investigación documental

En el presente proyecto para la investigación se tomaron conceptos de libros, revistas, publicaciones científicas informes y tesis

3.1.4. Investigación de campo

Fue esencial realizar una investigación de campo, para la recopilación de datos de radiación solar en la zona, cantidad de horas del sol disponible en un día, familias que utilizan combustibles fósiles para el calentamiento de agua, también realizar la investigación sobre las normativas y regulación del país esto implica los permisos necesarios para la instalación el sistema y las regulaciones específicas que rigen su instalación y operación,

También normativa y regulaciones locales relacionadas con la instalación de sistema solar térmicos. Esto podría implicar la identificación de permisos necesarios para la instar el sistema y las regulaciones específicas que rigen su instalación y operación

La factibilidad económica del proyecto, recopilación de datos sobre los costos de instalación y operación del sistema, la tasa de retorno de inversión y el costo del combustible alternativo utilizando actualmente para calentar agua

Recopilación de datos sobre el consumo de energía para el calentamiento de agua en la zona donde se plane instalar el sistema. Esto podría incluir la identificación de las fuentes de energía utilizadas actualmente para calentar agua y la cantidad de energía utilizada.

3.1.5. Recolección de la información

Para realizar el proyecto “DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA” la información como teoremas y ecuaciones que realizados en forma detallada permitieron el desarrollo de la investigación



CAPÍTULO IV INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

4.1.1. Descripción y características de la vivienda

La residencia destinada a la climatización se localiza en Llojeta, una zona ubicada en La Paz, Bolivia. Con el propósito de establecer los parámetros de diseño necesarios, es esencial llevar a cabo la ubicación precisa de esta vivienda unifamiliar.

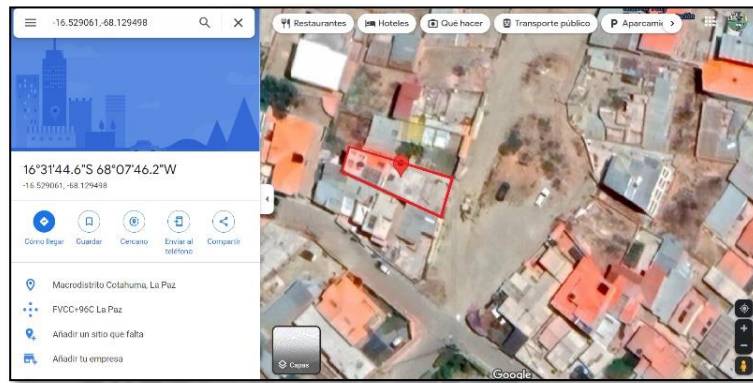


Figura 4.1: Ubicación de la vivienda unifamiliar, zona Llojeta.

Fuente: <https://www.google.com/maps/@-16.5085184,-68.1508864,13z?hl=es>

4.1.2. Características Geográficas y Ambientales del Sitio

4.1.2.1 Ubicación Geográfica

Utilizando Google Earth, se ha obtenido información geográfica detallada, que incluye la ubicación geográfica, latitud, longitud, altitud y orientación. Estos datos resultan esenciales para llevar a cabo cálculos precisos relacionados con la demanda térmica del proyecto. Se presenta a continuación una tabla 4.1 resumen que recopila los datos fundamentales necesarios para efectuar estos cálculos de manera adecuada.

Tabla 4.1: Datos específicos del a vivienda.

LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Lugar	Macro distrito Cotahuma, La Paz
Área de un nivel	114 m ²
Latitud	16°31'44.6' S
Longitud	68°07'65.2 W
Tipo de edificación	Vivienda unifamiliar
Altura sobre el nivel del mar	3673,04 m

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de Google EART.

En las tablas siguientes, se presenta cómo se distribuirán las áreas en el segundo y tercer nivel de una casa para una sola familia.

Tabla 4.2: Disposición de áreas del primer nivel.

PLANTA PRIMER NIVEL		
Local	Orientación	Área [m ²]
Estudio	S	11,91
Estar-Comedor	SO	38,78
Comedor diario-Cocina	E	17,30
Baño	S	2,71

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

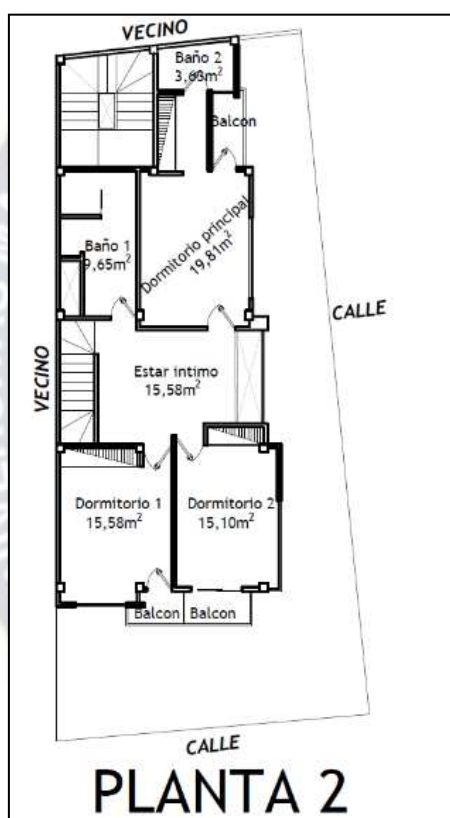


Figura 4.2: Plano del segundo nivel

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3: Disposición de áreas del segundo nivel.

PLANTA DEL SEGUNDO NIVEL		
Locales	Orientación	Área [m ²]
Dormitorio 1	S	15,58
Dormitorio 2	SE	15,10
Dormitorio principal	E	19,81
Estar íntimo	E	15,53
Baño 1	S	9,65
Baño 2	E	3,63

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.

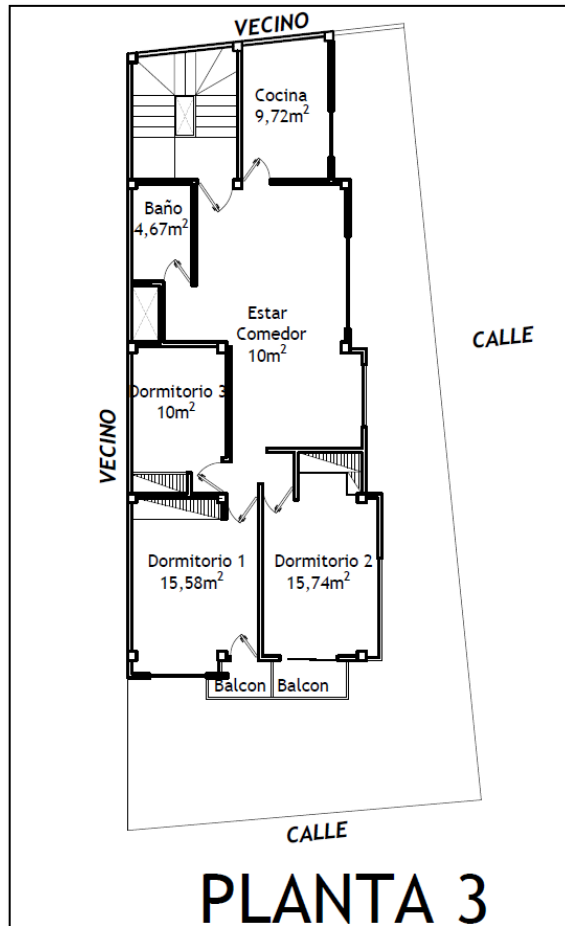


Figura 4.3: Plano arquitectónico del tercer nivel.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4: Disposición de áreas del tercer nivel.

PLANTA DEL TERCER NIVEL		
Locales	Orientación	Área [m ²]
Dormitorio 1	S	15,58
Dormitorio 2	ES	15,74
Dormitorio 3	E	10,00
Estar-Comedor	E	33,64
Baño	S	4,67
Cocina	E	9,72

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Edificación de la residencia unifamiliar

La construcción de la vivienda unifamiliar se realizó empleando materiales comunes en Bolivia. A continuación, se detallarán los elementos que la componen en los siguientes párrafos. Los datos utilizados se obtuvieron de la fuente del arquitecto residente de la obra y se verificaron mediante las dimensiones proporcionadas por los fabricantes.

A. Pared interna

Las paredes interiores están hechas de ladrillo de 6 huecos con ambas caras planchadas con estuco, con las siguientes dimensiones.

Tabla 4.5: Especificaciones de las Paredes Internas.

Tipo de pared	Tipo de material	ESPESOR [m]	$\lambda \left[\frac{w}{m^{\circ}C} \right]$
Pared interna	Enlucido de yeso (estuco)	0,02	0,30
	Ladrillo de 6 huecos	0,01	0,39
	Enlucido de yeso (estuco)	0,02	0,30

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados.

B. Pared exterior

La pared que limita con el exterior se compone de una capa inicial de cemento o revestimiento, seguida de ladrillos de fachada de 6 huecos y un acabado interno de estuco. Las dimensiones de esta estructura son las siguientes.

Tabla 4.6: Especificaciones de las Paredes Externas.

Tipo de pared	Tipo de material	Espesor [m]	$\lambda \left[\frac{w}{m^{\circ}C} \right]$
Pared externa	Enlucido de yeso (estuco)	0,010	0,30
	Ladrillo de 6 huecos	0,015	0,39
	Fachada de cemento	0,020	0,30
	Cerámica	0,050	0,33

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados.

C. Techo entre piso

La vivienda unifamiliar ha sido construida con los materiales de losa de cemento y plastoformo. Los componentes que integran el sistema de suelo radiante son los siguientes: la capa base (plastoformo), el mortero de cemento destinado para la calefacción y el revestimiento de azulejos. Las dimensiones correspondientes a estos elementos son las siguientes.

Tabla 4.7: Especificaciones del techo.

Tipo de pared	Tipo de Material	Espesor [m]	$\lambda \left[\frac{w}{m^{\circ}C} \right]$
Techo	Enlucido de yeso (estuco)	0,01	0,30
	Plastoformo	0,02	0,16
	Hormigón con áridos ligeros (Loza de cemento)	0,05	0,33
	Mortero de cemento para la calefacción	0,05	0,88
	Elementos base de calefacción	0,05	0,88
	Parquet	0,02	0,21

Fuente: Elaboración propia.

D. Suelo

Tabla 4.8: Especificaciones del suelo.

Tipo de pared	Tipo de material	Espesor	$\lambda \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$
Suelo	Enlucido de yeso	0,01	0,30
	Plastoformo	0,02	0,16
	Hormigón con áridos ligeros (loza de cemento)	0,02	0,33
	Mortero de cemento par la calefacción	0,05	0,88
	Elementos base de calefacción	0,05	0,08
	Parquet	0,02	0,21

Fuente: Elaboración propia.

E. Ventanas

Tabla 4.9: Especificaciones de las ventanas.

Tipo	MATERIAL	ESPESOR [m]	$\lambda \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$
Ventana	Vidrio doble de 6mm carpintería metálica	0,02	-

Fuente: Elaboración propia.

F. Puertas

Tabla 4.10: Especificaciones de las puertas.

Tipo	Material	Espesor [m]	$\lambda \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$
Puertas exteriores	Madera color opaco	0,038	-

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Condiciones exteriores de cálculo

Para establecer las condiciones exteriores de cálculo, se necesitan los datos proporcionados por el SENHAMI correspondientes al departamento de La Paz. Estos datos permitirán identificar las temperaturas de cada mes del año.

De acuerdo con el SENHAMI, en La Paz, el mes más frío es julio. A partir de los datos recopilados, se determina la temperatura media, que representa el promedio de las temperaturas de cada mes del año. Además, se identifica la temperatura mínima absoluta, correspondiente al valor más bajo alcanzado en el mismo año.

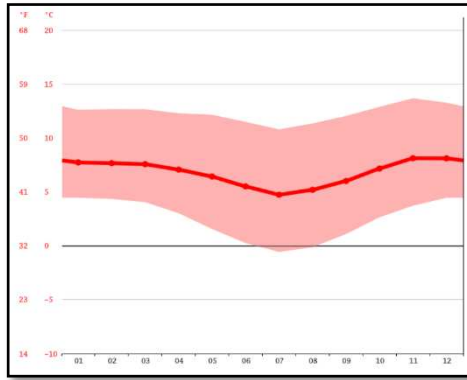


Figura 4.4: Diagrama de temperatura promedio en la ciudad de La Paz.
Fuente: Temperature-graph.png (815×611). (n.d.). <https://images.climate-data.org/location/764108/temperature-graph.png>

Tal como se ilustra en la Figura 4.4, en La Paz los meses con las temperaturas más bajas son junio y julio. Para calcular una temperatura promedio, se llevará a cabo un análisis de las temperaturas de todos los días del mes de Julio

Tabla 4.11: Temperatura diaria del mes de Julio.

Año	Mes	Temperatura mínima [°C]
2022	Enero	14,00
2022	Febrero	15,00
2022	Marzo	13,20
2022	Abril	12,5
2022	Mayo	13,00
2022	Junio	8,00
2022	Julio	7,00
2022	Agosto	9,00
2022	Septiembre	13,80
2022	Octubre	12,00
2022	Noviembre	13,00
2022	Diciembre	15,00
PROMEDIO		12,13

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SENHAMI.

Realizamos el cálculo del promedio de estas temperaturas.

Temperatura promedio [°C]
14,00

Tabla 4.12: Temperatura mínima y media absoluta.

Temperatura mínima media [°C]	Temperatura mínima absoluta
14	14,50

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el cálculo de la temperatura exterior de referencia, la cual es esencial para determinar la carga térmica de calefacción, se emplea la siguiente ecuación¹⁷.

$$T_{ex} = 0,4 \cdot T_{media} + 0,6 \cdot T_{min} \quad (1)$$

Donde:

T_{ex} = Temperatura exterior de cálculo en [°C].

T_{media} = Temperatura mínima media en [°C].

T_{mni} = Temperatura mínima externa en [°C].

Al reemplazar los valores de la ecuación con los datos de la tabla, se obtiene el siguiente resultado.

$$T_{ex} = 0,4 \cdot 14 + 0,6 \cdot 14,5$$

$$T_{ex} = 14,30 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

4.1.5. Condiciones interiores de cálculo

a) Temperatura interior

Conforme a la normativa (UNE-EN 1246), se establecen requisitos para la temperatura del suelo y la temperatura interior. La temperatura del suelo no debe ser inferior a 18 °C, mientras que la temperatura ambiente interior se fija en 26 °C. Para este proyecto en particular, se considera una temperatura ambiente de diseño de 24,00 °C.

$$T_{int} = 22,00 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

b) Temperaturas superficiales máximas admisibles

Se adoptará las siguientes temperaturas de diseño:

Para personas paradas	$T_{piso\ admisible} = 26 \text{ [}^\circ\text{C]}$
Para personas sentadas	$T_{piso\ admisible} = 26 \text{ a } 29 \text{ [}^\circ\text{C]}$

4.2. IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS

4.2.1. Sistema de Agua Caliente Sanitaria

El Sistema de Agua Caliente Sanitaria se enfoca en proporcionar agua caliente para diversos usos domésticos. El objetivo principal es satisfacer las necesidades de agua caliente en baños, contribuyendo así al confort y bienestar de la residencia.

¹⁷ Manual de acondicionamiento de aire y calefacción RICHARD HOLMES.

Subsistema de Almacenamiento

El Subsistema de Almacenamiento de Agua Caliente se encarga de retener y mantener el agua caliente generada en el sistema. Utiliza un tanque de almacenamiento específicamente diseñado para asegurar la disponibilidad continua de agua caliente en la vivienda. Este subsistema garantiza que haya suficiente agua caliente almacenada y lista para su uso inmediato en diferentes puntos de consumo, como grifos y duchas.

Subsistema de Distribución

4.2.2. Sistema de calefacción

El Sistema de Calefacción tiene como objetivo proporcionar calefacción mediante el uso de un suelo radiante. Este sistema distribuye calor uniformemente en los ambientes de la vivienda, mejorando el confort térmico.

Subsistema de control y distribución

Son los grupos de impulsión de agua de calefacción como la bomba de circulación de calefacción y las tuberías de distribución de agua caliente para la calefacción

Subsistema de suelo radiante

El funcionamiento es muy sencillo se trata de instalar un sistema de tuberías bajo el pavimento o superficie del suelo que pisamos en casa, por esta red de tuberías circulará agua a una temperatura de entre 30°C y 40°C similar a la que es transmitida por un radiador. (un-hogar-con-mucho-oficio, 2017)



Figura 4.5: Calefacción por suelo radiante.

Fuente: Calefacción por suelo radiante eléctrico. (s. f.). e-eficiencia.com. <https://e-eficiencia.com/a/2018/12/suelo-radiante-por-agua.jpg>.

4.3.CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

En el proceso de determinar las cargas térmicas, se requieren datos específicos, tales como la orientación del espacio, el área del ambiente y la actividad a realizar (detalles que ya fueron proporcionados en la descripción de la vivienda), así como el coeficiente global de transferencia de calor y las pérdidas por transmisión. A continuación, se enumeran los fenómenos que intervienen en el cálculo de las cargas térmicas.¹⁸

4.3.1. Transmisión de Calor

La transmisión de calor es un fenómeno fundamental en la transferencia de energía térmica entre objetos o sistemas a diferentes temperaturas. Este proceso se produce a través de tres mecanismos principales: conducción, convección y radiación.

Transferencia de calor por conducción

En este proceso, el calor se propaga a través de materiales sólidos debido a la transferencia de energía de partícula a partícula. No implica el movimiento real de las partículas, sino más bien la vibración y colisión de ellas, lo que resulta en un equilibrio de temperatura a lo largo del material.

Este proceso de transferencia de calor se produce cuando hay una diferencia de temperatura entre dos puntos en el material. Las moléculas más calientes de la región de alta temperatura transfieren su energía térmica a las moléculas más frías de la región de baja temperatura a medida que interactúan unas con otras.

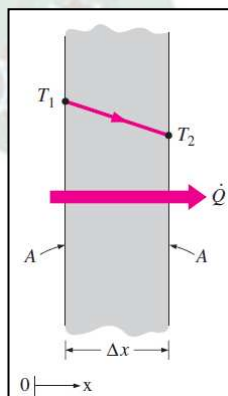


Figura 4.6: Transferencia Térmica por Conducción a través de una Pared.
Fuente: Çengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico.

¹⁸ Çengel, Y. A. (2012). Termodinámica

La cantidad de calor transferido por conducción se calcula utilizando la siguiente ecuación¹⁹.

$$Q = \frac{\lambda}{\Delta x} \cdot A \cdot (T_1 - T_2) \quad (2)$$

Donde:

Q = cantidad de calor que se transmite por conducción $\left[\frac{kcal}{h}\right]$.

λ = coeficiente de conductividad térmica del material $\left[\frac{kcal}{h}\right]$.

Δx = espesor de la pared $[m]$.

A = área de la pared plana $[m^2]$.

$(T_1 - T_2)$ = Salto térmico entre la temperatura de la cara interna y externa de la pared en $[^\circ C]$.

4.3.2. Transferencia de calor por convección

La transferencia de calor por convección es un proceso en el que el calor se transfiere a través de un medio en movimiento, como un líquido o un gas; debido a una diferencia de temperatura. Hay dos tipos de convección: la natural y la forzada, y la transferencia térmica del medio, al área de contacto y la diferencia de temperatura. En resumen, la convección es un proceso importante para la transferencia de calor en líquidos y gases.

La cantidad de calor transferido por convección se calcula utilizando la siguiente ecuación²⁰.

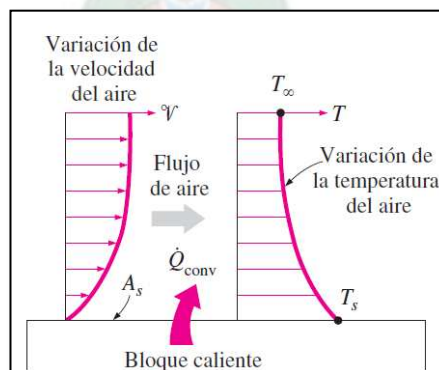


Figura 4.7: Transferencia de Calor por Convección desde una Superficie Caliente al Aire.

Fuente: Çengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico.

¹⁹ Manual de aire acondicionado y calefacción de Nèstor Quadri Pág. 15

²⁰ Çengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico pág. 26.

$$Q = \alpha \cdot A \cdot \Delta t \quad (3)$$

Donde:

Q = Cantidad de calor que se trasmite por hora $\left[\frac{kcal}{h}\right]$.

α = Coeficiente pelicular superficial de paso de calor $\left[\frac{kcal}{h \cdot m^2}\right]$

A = Área de la pared plana $[m^2]$.

Δt = Diferencia de temperatura entre el líquido y el cuerpo en contacto $[^{\circ}C]$.

Transferencia de calor por radiación

La radiación térmica consta de ondas electromagnéticas emitidas por un sólido, líquido o gas en virtud a su temperatura.

La transferencia de calor por radiación es un proceso en el que el calor viaja a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas, sin requerir ningún material intermedio. Sorprendentemente, este proceso incluso puede ocurrir en el vacío, donde no hay nada visible. Este fenómeno se basa en tres factores principales: la temperatura de la fuente que emite la radiación, la superficie desde la cual se emite y la distancia entre la fuente y el objeto que recibe esta radiación²¹²².

Para visualizarlo, imagina cómo sientes el calor del sol en un día despejado. Aunque no hay aire en el espacio, todavía puedes sentir el calor que viaja desde el sol hasta la Tierra²³.

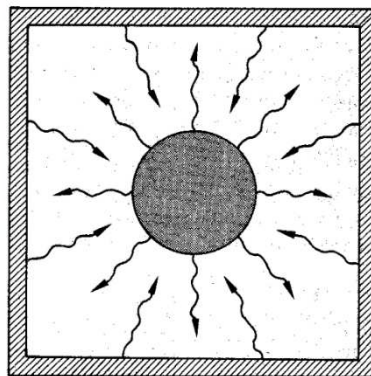


Figura 4.8: Cuando un objeto y sus alrededores tiene la misma temperatura, la energía radiante emitida es la misma que la absorbida.

Fuente: Transferencia de calor, máquinas y equipo.

²¹ Diferenciador. (2021). Conducción, convección y radiación: 3 tipos de transferencia de calor. Diferenciador.

²² 1.6 Mecanismos de transferencia de calor - Física universitaria volumen 2 OpenStax. (n.d.).

²³ Çengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico pág. 28.

$$E_n = C_n \cdot \left[\frac{T}{100} \right]^4 \quad (4)$$

Donde:

C_n = coeficiente de radiación del cuerpo negro $4,96 \left[\frac{kcal}{m^2 h^\circ C} \right]$

T=Temperatura absoluta [$^\circ C$].

De esta manera, la cantidad de calor emitido por un objeto negro puede ser representada mediante la siguiente ecuación²⁴

$$Q = C_r \cdot A \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \quad (5)$$

Donde;

Q = Cantidad de calor que se transmite por radiación $\left[\frac{kcal}{h} \right]$.

C_r = Coeficiente de radiación que depende del tipo de superficie y forma de emisión $\left[\frac{kcal}{m^2 \cdot h \cdot ^\circ C} \right]$.

A = Área de la pared plana [m^2]

T_1, T_2 = Temperaturas absolutas de los cuerpos [$^\circ C$].

Cálculo para la determinación de coeficiente de Transmisión de Calor

Supongamos que tomamos como ejemplo una pared común y corriente. Si una de sus caras se encuentra expuesta a una temperatura ambiente superior a la otra, se generará una transferencia de calor desde la cara más caliente hacia la más fría. Este fenómeno se ilustra claramente en la figura 4.9.

²⁴ Manual de aire acondicionado y calefacción de Néstor Quadri Pág. 17

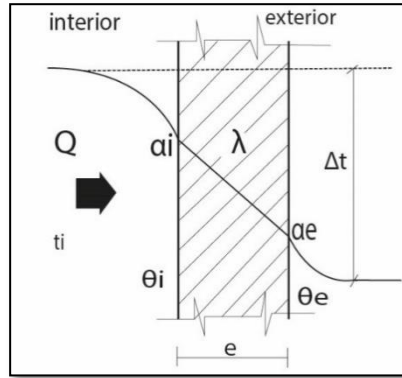


Figura 4.9: Transferencia de calor conjunta con convección y conducción.

Fuente: Callisaya Miranda, 2020.

Dado que en este proceso la temperatura interna t_i es mayor que la temperatura externa t_e , resultan evidentes varias formas de transferencia de calor: dos por convección y una por conducción.

- **1ª etapa:** transmisión de calor desde el aire exterior a la cara interior del cuerpo según.

$$Q = \alpha_i \cdot A \cdot (t_i - t_e) \quad (6)$$

Donde:

Q : cantidad de calor que se trasmite en régimen estacionario (kcal/h) o se supone que la misma es constante, de modo que se considera idealmente que el cuerpo en sí no absorbe calor, para simplificar los cálculos.

α_1 : coeficiente de transmisión superficial de calor interior también denominado coeficiente de paso de calor (kcal/h m² °C)

A : área [m²].

t_i = temperatura del aire interior [°C].

θ_i = temperatura de la cara interna del cuerpo (°C)

- **2ª etapa:** transmisión de calor a través del cuerpo (θ_i a θ_e). La transmisión se efectúa por conducción.

$$Q = \frac{\lambda}{e} \cdot A \cdot (\theta_1 - \theta_2) \quad (7)$$

Donde:

λ : coeficiente de conductibilidad térmica (kcal/h) que tiene en cuenta la conducción a través del cuerpo;

e : espesor del cuerpo [m].

$(\theta_1 - \theta_2)$: salto térmico entre la temperatura de la cara interna y externa de la pared ($^{\circ}\text{C}$).

- **3ª etapa:** comprende la transferencia de calor por convección y radiación desde la cara exterior al ambiente exterior que se rige por la siguiente ecuación.

$$Q = \alpha_e \cdot A \cdot (\theta_e - t_e) \quad (8)$$

Donde:

α_e = coeficiente de trasmisión de calor superficial exterior o de paso de calor $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}} \right]$.

θ_e = Temperatura de la cara exterior del cuerpo [$^{\circ}\text{C}$]

t_e = temperatura del aire exterior [$^{\circ}\text{C}$]

Unificando las tres ecuaciones, podemos obtener una expresión más completa para la transferencia de calor²⁵.

$$Q = K \cdot A \cdot (t_i - t_e) \quad (9)$$

Utilizando la relación

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}}$$

Donde:

k : coeficiente total de trasmisión de calor $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}} \right]$.

$$R = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e} \right) = \frac{1}{k}$$

²⁵ Manual de aire acondicionado y calefacción de Néstor Quadri Pág. 21

4.4. CÁLCULOS Y ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

Antes de planificar las instalaciones de calefacción y energía solar térmica, es crucial tener un sólido entendimiento de las cargas térmicas específicas de cada espacio que se desea calentar. Este conocimiento es esencial para calcular de manera precisa los requerimientos de calor particulares de cada área, asegurando así un diseño adecuado para ambas instalaciones.

La carga térmica se refiere a la cantidad total de calor que debe ser añadida o eliminada de un espacio cerrado con el fin de mantener la temperatura interior deseada. En otras palabras, es la suma total de la energía térmica que entra o sale de dicho espacio durante un período determinado.

Las pérdidas de calor dependen en gran medida de la disposición de la habitación y también son relevantes para compensar las pérdidas causadas por la entrada de aire.

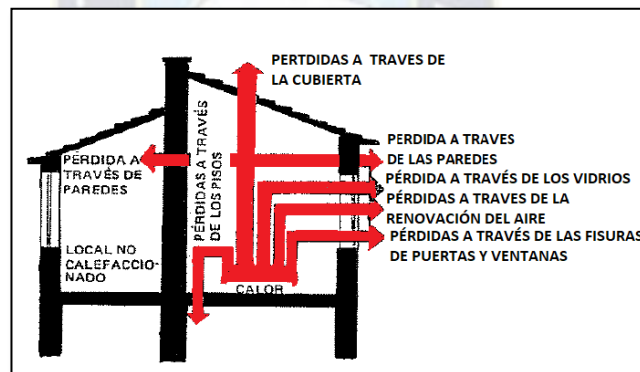


Figura 4.10: Análisis de Pérdidas Térmicas.

Fuente: Nestor Cuadri.

Al diseñar el sistema de suelo radiante y determinar la cantidad adecuada de colectores solares térmicos, es esencial comenzar por calcular la carga térmica de la vivienda unifamiliar. Este cálculo nos brindará la potencia de calentamiento necesaria para mantener una temperatura interior de 22 °C durante el mes de julio, cuando se requiere calefacción.

Las cargas térmicas que influyen en el sistema de instalación se clasifican en tres tipos: por transmisión, por ventilación y por infiltración. Estas cargas se dividen en dos categorías principales: sensibles y latentes.

- Sensible: por incrementos de temperatura
- Latente: Esto debido a incrementos de humedad

Se descarta el cálculo de las cargas internas ya que se deberían únicamente incluir para el caso de refrigeración de la vivienda.

4.4.1. Cálculo de cargas térmicas

Durante la temporada invernal, es esencial mantener la temperatura en el interior de un espacio específico por encima de la temperatura exterior. Esta disparidad térmica resulta en la transferencia de calor desde el aire cálido del interior hacia el aire frío del exterior. Si el sistema de calefacción dejara de funcionar, la temperatura interna disminuiría rápidamente.

Para contrarrestar estas pérdidas de calor, se requiere un suministro constante de energía (en forma de calor) dentro del recinto, de modo que la temperatura deseada se mantenga. La cantidad de calor necesaria para mantener la temperatura deseada en el espacio se denomina carga de calefacción, y conocerla es esencial para la selección del equipo de calefacción, el dimensionamiento de las tuberías, conductos, y otros componentes.

Calcular la carga de calefacción implica considerar las pérdidas de calor debidas a la transmisión a través de las estructuras y las pérdidas de calor relacionadas con la ventilación (y/o infiltración) que se expresa en la siguiente ecuación²⁶.

$$\dot{Q}_{calef} = \dot{Q}_c + \dot{Q}_{i/v} \quad (10)$$

Donde:

\dot{Q}_{calef} = Carga total de calefacción, en vatios [W].

\dot{Q}_c = Carga de calefacción debida a cerramientos, en vatios [W].

\dot{Q}_v = Carga de calefacción debida ventilación [W].

²⁶ Gonzáles, C. (s. f.). Diseño y Cálculo de Instalaciones de Climatización.

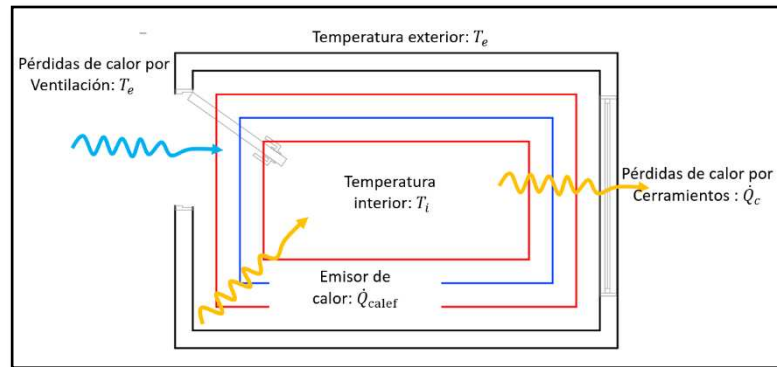


Figura 4.11: Cargas de calefacción, pérdidas por cerramiento y pérdidas por ventilación.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, procedemos a describir las cargas térmicas mencionadas anteriormente.

4.4.2. Carga de calefacción debida a cerramientos exteriores

a) Cerramientos exteriores

Los elementos de cerramiento externo (ver Figura 4.12) pueden clasificarse en dos categorías principales.

- **Elementos Verticales:** Estos incluyen paredes, ventanas y puertas, que conforman la estructura vertical del edificio.
- **Elementos Horizontales:** Estos engloban suelos (forjados en contacto con el exterior) y techos (como terrazas), que constituyen la parte horizontal de la envolvente del edificio.

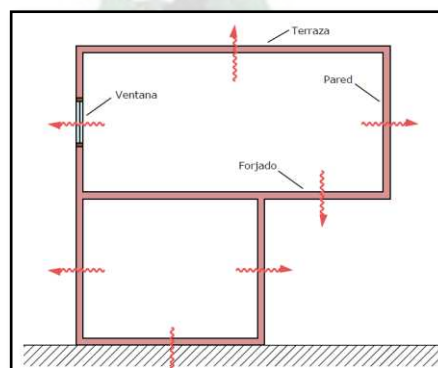


Figura 4.12: Cerramientos exteriores.
Fuente: Elaboración propia.

Para calcular las pérdidas de calor por transmisión de cada una de las superficies que forman el perímetro de un espacio (también conocidas como superficies de la

envolvente o cerramientos) y que contribuyen a la pérdida de calor, se utilizan los siguientes cálculos²⁷.

$$\dot{Q}_{c1} = K \cdot A_{neta} \cdot (T_i - T_e) \quad (11)$$

Donde:

\dot{Q}_{c1} = Pérdida de calor por transmisión de cerramiento, en vatios [W].

K = Coeficiente de transmisión térmica, en $[W \cdot m^2 \cdot K]$.

A = Superficie del cerramiento en, $[m^2]$.

T_i =Temperatura interior, en $[^{\circ}C]$.

Carga por transmisión de Pared exterior

Coeficiente de transmisión de transmisión térmica:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \frac{e_{PYL}}{\lambda_{PLY}} + \frac{e_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{e_{ENG}}{\lambda_{ENF}} + \frac{e_{LP}}{\lambda_{LP}} + \frac{1}{h_{se}}} \quad (12)$$

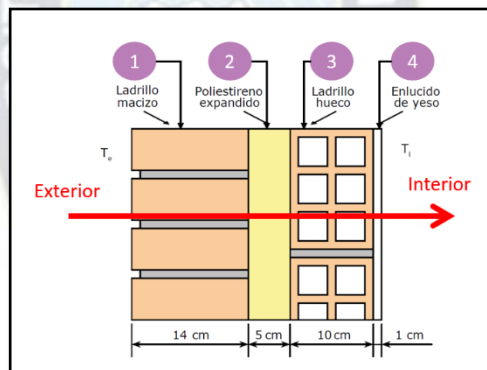


Figura 4.13: Componentes de los muros exteriores.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.13: Propiedades térmicas de los materiales.

Nº	Material	Espesor [m]	$\lambda \left[\frac{W}{m \cdot ^{\circ}C} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \cdot ^{\circ}C}{W} \right]$
R_{si}	Resistencia térmica en contacto con el aire interior			1,21
1	Ladrillo macizo	0,14	0,85	0,14
2	Poliestireno expandido	0,050	0,037	0,22
3	Ladrillo hueco	0,15	0,49	1,80
4	Enlucido de yeso	0,01	0,40	
R_{se}	Resistencia térmica en contacto con el aire exterior			0,75
U	Coeficiente de transmisión térmica			

*Norma IRAM 11601
* Norma básica de la edificación NBE-CT-79

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos.

²⁷ Gonzáles, C. (s. f.). Diseño y Cálculo de Instalaciones de Climatización.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \frac{e_{PYL}}{\lambda_{PLY}} + \frac{e_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{e_{ENG}}{\lambda_{ENF}} + \frac{e_{LP}}{\lambda_{LP}} + \frac{1}{h_{se}}} \quad (13)$$

$$k = 0,27 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

Carga por transmisión de paredes interiores

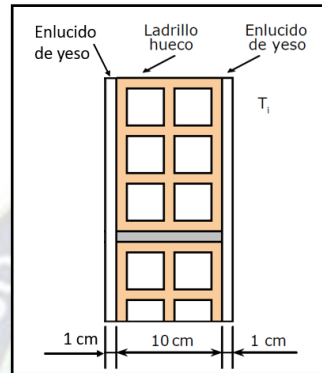


Figura 4.14: Componentes de los muros interiores.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.14: Propiedades térmicas de los materiales.

Nº	Material	Espesor [m]	$\lambda \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$	$R \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right]$
R_{si}	Resistencia térmica en contacto con el aire interior			0,9960
1	Enlucido de yeso	0,010	0,85	0,14
2	Ladrillo de 6 huecos	0,15	0,49	0,224
3	Enlucido de yeso	0,010	0,85	1,80
R_{se}	Resistencia térmica en contacto con el aire exterior			0,9059
U	Coficiente de transmisión térmica			

*Norma IRAM 11601
* Norma básica de la edificación NBE-CT-79

Fuente: Elaboración propia.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \frac{e_{PYL}}{\lambda_{PLY}} + \frac{e_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{e_{ENG}}{\lambda_{ENF}} + \frac{e_{LP}}{\lambda_{LP}} + \frac{1}{h_{se}}} \quad (14)$$

$$k = \frac{1}{0,9960 + \frac{0,010}{0,85} + \frac{0,10}{0,49} + \frac{0,010}{0,85} + 0,9059}$$

$$k = 0,469$$

Carga de calefacción a medianería²⁸

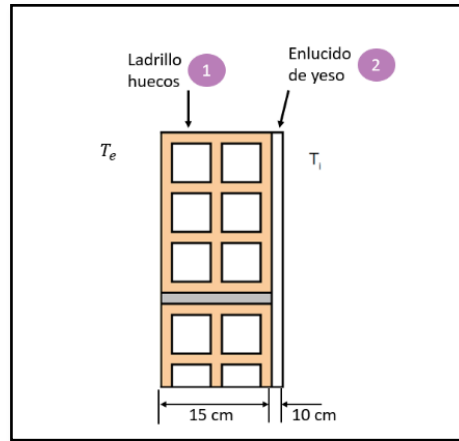


Figura 4.15: Componentes de medianería.

Fuente: Elaboración propia.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \frac{e_{PYL}}{\lambda_{PLY}} + \frac{e_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{e_{ENG}}{\lambda_{ENF}} + \frac{e_{LP}}{\lambda_{LP}} + \frac{1}{h_{se}}} \quad (15)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \frac{e_{PYL}}{\lambda_{PLY}} + \frac{e_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{e_{ENG}}{\lambda_{ENF}} + \frac{e_{LP}}{\lambda_{LP}} + \frac{1}{h_{se}}}$$

$$k = \frac{1}{1,211 + \frac{0,15}{0,85} + \frac{0,010}{0,85} + 0,7571}$$

$$k = 0,4637$$

Carga de calefacción debido al techo y piso del mismo local

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \frac{e_{PYL}}{\lambda_{PLY}} + \frac{e_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{e_{ENG}}{\lambda_{ENF}} + \frac{e_{LP}}{\lambda_{LP}} + \frac{1}{h_{se}}} \quad (16)$$

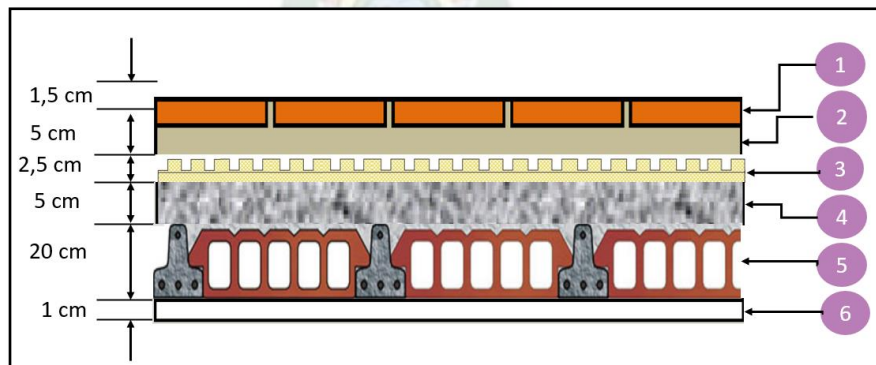


Figura 4.16: Componentes del techo y piso.

Fuente: Elaboración propia.

²⁸ Se refiere a la propiedad de una pared o estructura que se encuentra en medio o en el límite de dos propiedades contiguas, como dos casas adyacentes.

Tabla 4.15: Propiedades térmicas de los materiales.

Nº	Material	Espesor [m]	Conductividad térmica $\left[\frac{w}{m^{\circ}C}\right]$	Resistencia térmica $\left[\frac{m^2C}{w}\right]$
R _{si}	Resistencia térmica en contacto con el aire interior	0,99		
1	Parquet	0,015	0,21	0,050
2	Mortero de cemento	0,050	1,40	3,85
3	Panel de moldeado de tetones	0,025	0,031	
4	Hormigón con áridos ligeros	0,050	0,33	1,67
5	Plastoformo	0,25	0,16	3,85
6	Enlucido de yeso	0,010	0,80	0,30
R _i	Coefficiente superficial de trasmisión de calor interior		0,91	

*Norma IRAM 11601 *
* Norma básica de la edificación NBE-CT-79

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \frac{e_{PYL}}{\lambda_{PLY}} + \frac{e_{EPS}}{\lambda_{EPS}} + \frac{e_{ENG}}{\lambda_{ENF}} + \frac{e_{LP}}{\lambda_{LP}} + \frac{1}{h_{se}}} \quad (17)$$

$$K = \frac{1}{0,9960 + \frac{0,015}{0,21} + \frac{0,050}{1,40} + \frac{0,025}{0,031} + \frac{0,050}{0,33} + \frac{0,25}{0,16} + \frac{0,010}{0,80} + 0,9059}$$

$$k = 0,22 \left[\frac{w}{m^2C} \right]$$

4.4.3. Coeficientes de transmisión térmica

Tabla 4.16: Coeficientes de transmisión térmica.

Coeficiente de transmisión térmica	K	Unidades
Muro exterior	0,27	W/m ² °C
Medianería	0,46	W/m ² °C
Muro interior	0,37	W/m ² °C
Ventana	3,00	W/m ² °C
Suelo	0,22	W/m ² °C
Techo	0,22	W/m ² °C

Fuente: Elaboración propia.

Carga por transmisión a través de las ventanas

Los coeficientes de transmisión térmica a través de ventanas pueden variar dependiendo de los resultados de pruebas y las especificaciones establecidas en la norma española NBE-CT-79, que regula las condiciones térmicas de los edificios. En este contexto, se adopta un valor de $k=3,1$ (w/m²°C) para ventanas con doble

acristalamiento, con una capa de aire de 9 mm de espesor en medio y un marco, de acuerdo con esta normativa²⁹.

4.4.4. Suplemento por interrupción de servicio (Z_d) orientación

La magnitud de este suplemento se determina mediante la exposición solar diferencial del local. Se expresa como un porcentaje del calor transmitido. Cuando se produce una interrupción en el servicio de calefacción y se reinicia, es necesario añadir un suplemento de calor para devolver el edificio al estado de funcionamiento óptimo, para el cual se realizó el cálculo de la transmisión de calor

Pueden distinguirse 3 casos característicos en la aplicación práctica;

- I. Servicio interrumpido, con marcha reducida durante la noche: Casos de viviendas, hospitales asilos etc.
- II. Interrupción del suministro de calor de 8 a 12 horas diarias: se aplica para casos edificios de comercio, oficinas. Etc.
- III. Interrupción de servicio de calefacción de 12 a 16 horas diarias: se aplica para casos de fábricas o casos particulares

Los suplementos Z_d muestran un incremento proporcional al período de interrupción del servicio. A medida que la instalación permanece inoperativa durante un periodo prolongado, se acumula una mayor cantidad de calor requerida para restablecer las condiciones normales en el edificio. En el caso de edificios de construcción estándar, se puede considerar lo siguiente.

Tabla 4.17: Suplemento por interrupción de servicio.

N	Clase de servicio	Z_d %
I	Servicio ininterrumpido	7
II	Interrumpido de 8 a 12 h	15
II	Interrumpido de 12 a 16 h	25

Fuente: Néstor, Instalaciones de aire acondicionado y calefacción, 2008.pag232.

²⁹ Callisaya,R. Diseño de un sistema de climatización por suelo radiante mediante una bomba de calor geotérmica para una vivienda multifamiliar en Vizcachani], (2017).

- **Suplemento por orientación (Z_h)**

Este factor está vinculado a la orientación del sol con relación a la ubicación de cada habitación, y es necesario aplicar los factores de corrección indicados en la (tabla 4.18).

Tabla 4.18: Coeficientes por orientación solar.

Coeficiente por Orientación Solar [Z_h %]					
E O	0%	N	-5%	S	5%
		NE		SE	
		NO		SO	

Fuente: Néstor, Instalaciones de aire acondicionado y calefacción, 2008.pag233.

La magnitud de este suplemento se determina según la exposición local. Se expresa como un porcentaje del calor por transmisión, y se pueden considerar los siguientes valores sugeridos.

Tabla 4.19: Suplementos por orientación.

Orientación	S	SO	O	NO	N	NE	E	SE
Z	0,050	0,025	0	-0,025	-0,050	-0,025	0	0,025

Fuente. Elaboración propia.

- **Suplemento por Pérdidas de Calor en Cañerías y conductos (Z_c)**

Suplemento por pérdidas de calor en cañerías o conductos y de las características de su aislación

(Z_c)	5 a 10 %
---------	----------

Tabla 4.20: Calefacción de cada planta.

Cerramiento	A[m ²]	K[w/m ² °C]	$T_i - T_e$ [°C]	Q[W]	Zls	Zo	Qto[W]
Dormitorio 1							
Muro exterior	15,21	0,27	7,7				
Puertas exteriores	2,94	0,46	7,7				
Ventanas	0	3	0				
Suelo	2,77	0,22	10				
techo	11,91	0,22	0				
			118,39	0,07	0,05	132,60	118,39

Dormitorio 2							
Muro exterior	8,4	0,27	7,70	17,46			
Puertas exteriores	3,43	0,46	7,7	12,14			
Ventanas	5,36	3,00	7,70	123,81			
Suelo	15,10	0,22	12,3	40,86			
techo	15,10	0,22	0	0			
			194,28	0,07	0,05	217,60	

Dormitorio principal							
Muro exterior	11,49	0,27	7,70	23,88			
Puertas exteriores	1,69	0,46	7,70	5,98			

Ventanas	4,50	3,00	7,70	103,95			
Suelo	19,81	0,22	12,3	53,60			
techo	19,81	0,22	0	0			
				187,42	0,07	0,05	209,92

Estar intimo							
Muro exterior	8,16	0,27	7,7	16,96			
Puertas exteriores	0	0,46	7,7	0			
Ventanas	0	3	7,7	0			
Suelo	15,53	0,22	12,3	42,02			
techo	15,53	0,22	0	0			
				58,98	0,07	0,05	66,06

Baño 1							
Muro exterior	0	0,27	7,7	0			
Puertas exteriores	0	0,46	7,7	0			
Ventanas	0	3	7,7	0			
Suelo	9,65	0,22	12,3	26,11			
techo	9,65	0,22	0	0			
				26,11	0,07	0,05	29,24

Baño 2							
Muro exterior	0	0,27	7,7	0			
Puertas exteriores	0	0,46	7,7	0			
Ventanas	0	3,00	7,7	0			
Suelo	3,63	0,22	12,3	9,82			
techo	3,63	0,22	0	0			
				9,822	0,07	0,05	11,00
Cerramiento	A[m²]	K [w/m²°C]	T_i - T_e [°C]	Q[W]	Zls	Zo	Qto[W]

Dormitorio 1							
Muro exterior	3,03	0,27	7,70	6,29			
Puertas exteriores	1,68	0,46	7,70	5,95			
Ventanas	2,77	3,00	7,70	63,98			
Suelo	15,58	0,22	12,3	42,15			
techo	15,58	0,22	0	0			
				118,39	0,07	0,05	132,60

Dormitorio 2							
Muro exterior	8,40	0,27	7,7	17,46			
Puertas exteriores	3,43	0,46	7,7	12,149			
Ventanas	5,36	3,00	7,7	123,81			
Suelo	15,74	0,22	12,3	42,59			
techo	15,74	0,22	0	0			
				196,02	0,07	0,05	219,54

Dormitorio 3							
Muro exterior	0	0,27	7,70	0			
Puertas exteriores	0	0,46	7,70	0			
Ventanas	0	3	7,70	0			
Suelo	10	0,22	12,30	27,06			
techo	10	0,22	0	0			
				27,06	0,07	0,05	30,30

Estar Comedor							
----------------------	--	--	--	--	--	--	--

Muro exterior	8,3	0,27	7,7	17,25			
Puertas exteriores	0	0,46	7,7	0			
Ventanas	7,54	3,00	7,7	174,17			
Suelo	33,64	0,22	12,3	91,02			
techo	33,64	0,22	0	0			
				282,45	0,07	0,05	316,35

Baño							
Muro exterior	0	0,27	7,70	0			
Puertas exteriores	0	0,46	7,70	0			
Ventanas	0	3,00	7,70	0			
Suelo	4,67	0,22	12,30	12,63			
techo	4,67	0,22	0	0			
				12,63	0,07	0,05	14,15

Cocina							
Muro exterior	7,18	0,27	7,70	14,92			
Puertas exteriores	0	0,46	7,70	0			
Ventanas	2,24	3,00	7,70	51,74			
Suelo	9,72	0,22	12,30	26,30			
techo	9,72	0,22	0	0			
				92,97354	0,07	0,05	104,13

Fuente: Elaboración propia.

4.4.5. Cálculo de calefacción debido a infiltraciones

Es esencial asegurar una adecuada circulación de aire en los espacios interiores para garantizar condiciones de bienestar y salud. Esto implica mantener niveles óptimos de temperatura, humedad y la concentración de sustancias perjudiciales, olores desagradables, microorganismos y partículas de polvo, entre otros. Para mantener estas condiciones, es necesario ventilar los recintos, extrayendo el aire contaminado hacia el exterior y suministrando aire fresco del exterior.

Además de proporcionar calor para compensar las pérdidas de calor debidas a la construcción del edificio, también se requiere calor adicional para contrarrestar los efectos del aire frío que puede infiltrarse en el espacio interior. El aire frío puede penetrar en un recinto a través de diversos medios³⁰.

³⁰ Golzáles Sierra, C. (s. f.). Diseño y Cálculo de Instalaciones de Climatización.

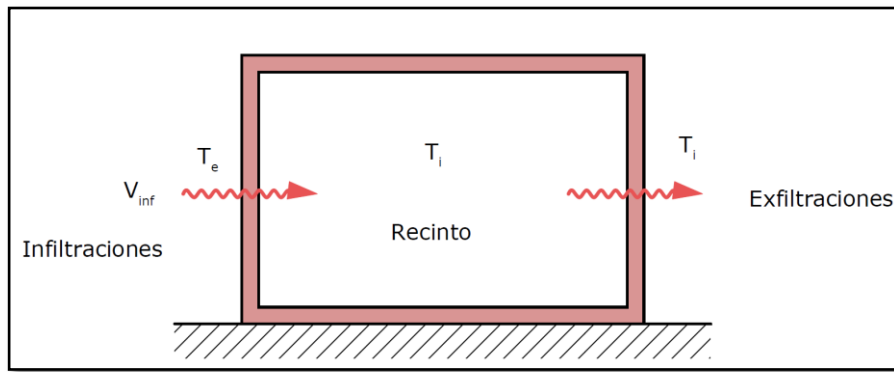


Figura 4.17: Calefacción debido a la Infiltración.

Fuente: Elaboración propia.

Si se considera que la reducción de la humedad del aire, causada por las infiltraciones o la ventilación, es aceptable desde una perspectiva objetiva, entonces el impacto de la pérdida de calor latente puede ser descartado. No obstante, es fundamental calcular siempre la pérdida de calor sensible. La fórmula elemental utilizada para calcular la carga de calefacción debida a las infiltraciones o la ventilación es la siguiente³¹:

$$\dot{Q}_{\text{infiltración}} = 0,3 \cdot N \cdot V \cdot (T_i - T_e) \quad (18)$$

Donde:

$\dot{Q}_{\text{infiltración}}$ = pérdida de calor por infiltración [W].

0.3 = constante de infiltración en [W].

N = renovación por hora de aire del local, $\left[\frac{\text{renv}}{h}\right]$.

V = volumen interno del local [m^3].

$(T_i - T_e)$ = Temperatura de aire exterior e interior [°C].

Tabla 4.21: Coeficientes de renovaciones de aire por infiltración.

Renovaciones de aire por infiltración	
Tipo de recinto	n $\left[\frac{\text{ren}}{h}\right]$
Sin paredes exteriores	0,50
Puertas o ventanas exteriores a un lado (1 cara expuesta)	1,00
Puertas o ventanas exteriores a dos lados (2 caras expuestas)	1,50
Puertas o ventanas exteriores en tres lados (3 caras expuestas)	3,00
Vestíbulos de entrada y salas de recepción	2 a 3
Cocinas	2,5
Aseos y Baños	3 a 5
*En los locales de circulación o ventilados como hall, baños cocinas, se adoptan 2 renovaciones por hora	

Fuente: Quadri, N. Manual de aire acondicionado calefacción.

³¹ Gonzáles, C. (s. f.). Diseño y Cálculo de Instalaciones de Climatización.

4.4.6. Carga térmica de ventilación

Suponemos una ocupación de 2 personas.

$$Q_v = n \cdot V_a \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_i - T_e) \cdot 1,16 \quad (19)$$

Q_v = pérdida de calor por ventilación [W].

n = Número de renovaciones por hora [h^{-1}]

V_a = Volumen del local [m^3]

$\rho C_p = 0,19 \left[\frac{kcal}{m^3 \cdot ^\circ C} \right]$ (Densidad por calor específico a presión constante del aire; a nivel de La Paz)

$(T_i - T_e)$ = Temperatura de aire exterior e interior [$^\circ C$].

Suponemos una ocupación de 3 personas por habitación, 1 en baño y 4 en salón.

En la tabla 4.22, se presenta la cantidad de veces que el aire se renueva por hora. Para conocer las temperaturas de diseño del espacio interior y la temperatura de cálculo exterior, se recomienda referirse a los anexos A y B, respectivamente.

Tabla 4.22: Ventilación y renovación de aire.

CANTIDAD DE AIRE PARA MANTENER UN AMBIENTE SALUDABLE				
Local	Ventilación		Ventilación	
	Por persona		m2 de superficie	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Locales de vivienda				
-Dormitorio/salón	9	14,40		
-Aseos baños	-	-	7,20	12,60
-Cocinas	-	-	2,90	5,40
Oficinas				
-Espacios generales	25,20	36,00	18	
-Salas de reunión	43,20	64,80	9	
-Salas de espera	18,00	28,80		
-Salas de computadoras	9,00	14,40		

Fuente: Manual técnico calefacción por suelo radiante UPONOR.

$$V_{min} = 9 \left[\frac{m^3}{h \cdot persona} \right]$$

$$V_{min} = 14,4 \left[\frac{m^3}{h \cdot persona} \right]$$

$$Personas = 3$$

Esto permite determinar el flujo de aire:

$$Q_{aire_{min-m\u00e1x}} = V_{min-m\u00e1x} * Persona$$

$$Q_{aire_{min}} = 27,00 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$Q_{aire_{m\u00e1x}} = 43,20 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

$$Q_{aire_{prom}} = 35,10 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

El c\u00e1lculo del n\u00famero de renovaciones de aire se basa en el volumen del espacio y el flujo de aire.

$$n \left[\frac{ren}{h} \right] = \frac{Q_{aire_{prom}} \left[\frac{m^3}{h} \right]}{Vol \left[m^3 \right]} \quad (20)$$

$$n = \frac{35,10}{42,53} = 0,83$$

$$n = 0,83 \left[\frac{ren}{h} \right]$$

Mediante la ecuaci\u00f3n que describe la carga debida a la infiltraci\u00f3n, se obtiene:

$$Q_v = 0,83 * 42,53 * 0,19 * (22,00 - 14,30) * 1,16$$

$$Q_v = 62,55 [W]$$

Tabla 4.23: Carga t\u00e9rmica debido a ventilaci\u00f3n planta 2.

Locales	Vol. Local Va [m ³]	Ventilaci\u00f3n [m ³ /h]	Ventilaci\u00f3n n [ren/h]	$Q_v [W]$ $n \cdot Va \cdot \rho \cdot Cp \cdot (T_i - T_e)$ $\cdot 1,16$
PLANTA 2				
Dormitorio 1	42,53	35,1	0,82	62,55
Dormitorio 2	41,22	35,1	0,85	90,73
Dormitorio principal	54,08	35,1	0,64	90,73
Estar intimo	42,39	46,8	1,10	120,98
Ba\u00f1o 1	26,34	11,7	0,44	30,24
Ba\u00f1o 2	9,9	11,7	1,18	30,24

Fuente: Elaboraci\u00f3n propia.

Tabla 4.24: Carga térmica debido a ventilación planta 3.

Locales	Vol. Local $V_a [m^3]$	Ventilación $[m^3/h]$	Ventilación $n [ren/h]$	$Q_v [W]$ $n \cdot V_a \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_i - T_e) \cdot 1,16$
PLANTA 3				
Dormitorio 1	42,53	42,56	0,82	90,74
Dormitorio 2	41,22	42,96	0,82	90,74
Dormitorio 3	54,08	27,3	1,29	90,74
Estar comedor	42,39	91,83	0,51	120,98
Baño	26,34	12,75	0,92	30,25
Cocina	9,9	26,53	1,32	90,74

Fuente: Elaboración propia.

4.4.7. Demanda térmica total

Al aplicar este proceso de manera coherente en diversos entornos, se logra el cálculo preciso de las cargas térmicas correspondientes

Tabla 4.25: Cargas Térmicas Totales.

LOCALES	Q [w] TRANSMISIÓN	Q[V] VENTILACIÓN	QTOTAL [kw]
Planta 2	666,44	425,46	1091,9
Planta 3	817,09	514,17	1331,26
Carga térmica total para la vivienda			2423,16

Fuente: Elaboración propia.

DEMANDA TÉRMICA TOTAL 2,42 KW

4.5. DISEÑO DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

El suelo radiante es un sistema de calefacción central que emplea tuberías de agua caliente o electricidad instaladas bajo el suelo de edificios. Este sistema transfiere calor de manera uniforme desde el suelo hacia arriba, proporcionando una eficiente calefacción para todo el espacio. En los sistemas de agua caliente, el agua calentada en una caldera o bomba de calor circula por las tuberías ubicadas en una malla sobre el aislamiento del suelo. La temperatura del agua es ajustable y controlada mediante un termostato.

4.5.1. Clasificación de las áreas a calefaccionar

Para adquirir una comprensión más precisa de las zonas que requieren calefacción, se determina la temperatura media utilizando

Tabla 4.26: Temperaturas superficiales.

Zonas	T máxima superficial [°C]
Zonas habituales u Ocupadas	< 29 [°C]
Baños o similar	< 33 [°C]
Zonas periféricas laterales a las ventanas	< 35 [°C]

Fuente: Diseño de un sistema de climatización.

A. Área residencial

Se considera como área panelable a la superficie de suelo radiante instalada donde la temperatura es de 29 [°C], debido a que es un área residencial.

B. Área marginal

El área marginal se refiere a la superficie que está a una temperatura de 35°C. Esta zona perimetral consiste en lugares no ocupados.

C. Área panelable.

Esta área es la designada para la colocación de la tubería y la base del sistema de calefacción radiante. Es crucial considerar la exclusión de las zonas ocupadas por muebles fijos, lavabos, cocinas y otros elementos.

▪ Determinación de Áreas para el estudio

$$A_{panelable} = A_{total} - A_{objetos} \quad (21)$$

$$A_{objetos} = A_{librero} + A_{mesa} + A_{sillon}$$

$$A_{objetos} = 1,08 + 1,62 + 0,68$$

$$A_{objetos} = 3,38 [m^2]$$

Remplazando en:

$$A_{paneable} = A_{total} - A_{objetos}$$

$$A_{paneable} = 11,91 - 3,38$$

$$A_{paneable} = 8,53 [m^2]$$

En el escenario que involucre una ventana en el estudio, se tomará en cuenta la longitud de la ventana multiplicada por 0,08 m.

$$A_{marginal} = 1,6 * 0,08$$

$$A_{marginal} = 0,128 [m^2]$$

$$A_{residencial} = A_{panelable} - A_{marginal}$$

$$A_{residencial} = 8,53 - 0,128$$

$$A_{residencial} = 8,40 [m^2]$$

Tabla 4.27: Áreas de estudio en la vivienda unifamiliar.

Planta	A_{total} [m ²]	$A_{objetos}$ [m ²]	$A_{panelable}$ [m ²]	$A_{marginal}$ [m ²]	$A_{residencial}$ [m ²]
Planta 2	79,30	22,89	56,41	0,01	56,00
Planta 3	89,35	23,53	65,82	0,01	65,00

Fuente: Elaboración propia

4.6. Cálculo de la Emisión de Calor por Área del ambiente

Una vez completado el cálculo de las cargas térmicas, el siguiente paso consiste en determinar la cantidad de calor necesaria para cada entorno por unidad de área de emisión. En otras palabras, se busca calcular la superficie sobre la cual se instalará el suelo radiante. Este valor se obtiene a través de la siguiente expresión³²:

$$q = \frac{Q}{A} \quad (22)$$

Donde:

q = Emisión de calor $\left[\frac{W}{m^2}\right]$.

Q = Cantidad de calor de pérdida o carga térmica [w].

A = Área a calefactar o área de suelo radiante [m²].

Tabla 4.28: Cantidad de calor por área panelable total.

LOCAL	Cantidad de calor Q [w]	$A_{paneable}$ [m ²]	Emisión de calor q [W/m ²]
Planta 1	1091,90	56,38	19,37
Planta 2	1331,26	65,82	20,23
TOTAL 39,6 [W/m²]			

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la longitud de la tubería para el suelo radiante

La extensión de la longitud tubería se determina mediante la aplicación de la siguiente ecuación³³.

³² Quadri. Manual de aire acondicionado y calefacción. pág. 181

³³ Quadri. Manual de aire acondicionado y calefacción.

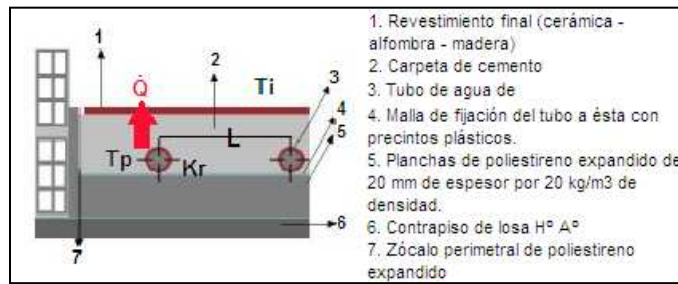


Figura 4.18: Transmisión de Calor de un suelo radiante.

Fuente: Adaptado de Hernández, Temas selectos de ingeniería Térmica, 2014.

$$L = \frac{A}{e} + (2 \cdot l) \quad (23)$$

Donde:

L = Longitud de los tubos de cada circuito [m].

A = Área a calefactar cubierta por el circuito [m²].

e = Distancia entre tubos [m].

l = Distancia entre el colector y el área a calefactar [m].

Es importante considerar el límite de longitud máximo para los tubos, ya que una longitud excesivamente larga resultaría en pérdidas de carga significativas. En este proyecto específico, se ha establecido que la longitud máxima del tubo debe ser menor a 100 m. Si este límite se excede, es necesario subdividir el circuito principal en varios circuitos, según sea necesario. Además, es relevante notar que en cada nivel hay dos colectores posicionados de manera central en los espacios correspondientes.

Se explica que en cada nivel hay dos colectores colocados estratégicamente cerca de las áreas en una posición central (tabla 4.29), según se detalla a continuación.

Tabla 4.29: Distancia del colector al ambiente a calefactar.

Ocupación	Colector
Estudio	C1
Estar comedor	C1
Comedor diario	C2
Baño	C2

Fuente: Elaboración propia

Se requiere determinar la separación entre el recipiente que almacena el agua caliente y la zona que necesita ser calentada, buscando la ruta más corta y directa

Tabla 4.30: Distancia de colectores a los diferentes ambientes.

Ocupación	Distancia colectora ambiente [m]
Dormitorio 1	3,86
Dormitorio 2	3,58
Dormitorio principal	1,6
Estar intimo	0,10
Baño 1	4,58
Baño 2	9,42

Fuente: Elaboración propia,

Con la distancia del colector al estudio calculamos la longitud

Longitud para el área residencial

$$L = \frac{9,6}{0,16} + (2 \cdot 2,24) = 61,73$$

$$L = 61,73 [m]$$

Longitud del área marginal

$$L = \frac{0,128}{0,08} + (2 \cdot 2,24) = 6,08 [m]$$

Longitud total de tubería

$$L = L_{A.marginal} + L_{A.residencial}$$

$$L = 61,73 m + 6,08 m = 67,81 [m]$$

Tabla 4.31: Longitud de tubería de suelo radiante.

Ocupación	$A_{marginal}$ [m ²]	$A_{residencial}$ [m ²]	Longitud de la tubería		Longitud Total, de tubería [m]
			A.m	A.r	
Dormitorio 1	0,12	9,60	9,32	67,72	77,00
Dormitorio 2	0,72	8,52	16,23	60,43	76,00
Dormitorio principal	0,20	13,75	5,80	89,14	94,94

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.32: Longitud total de suelo radiante.

LOCAL	LONGITUD DE LA TUBERIA [m]
PLANTA 1	323,78
PLANTA 2	370,65

Fuente: Elaboración propia.

LONGITUD TOTAL DE LA TUBERIA 700m

Una vez que se ha realizado el de Número de Circuitos longitud de la tubería (tal como se detalló previamente), el siguiente paso implica determinar la cantidad de circuitos requeridos por habitación, siguiendo las pautas establecidas en la norma UNE 1264 - 4. Esta normativa establece que la longitud total de los circuitos no debe exceder los

100 metros lineales para tuberías de 12 o 1/2 pulgadas de diámetro. Esta restricción se introduce con el propósito de prevenir posibles disminuciones significativas en la presión, las cuales podrían afectar la eficiencia del sistema de calefacción en fases posteriores.

$$N_{\text{circuitos}} = \frac{L_{\text{tubería}}}{100} \quad (24)$$

$$N_{\text{circuitos}} = \frac{94,94}{100}$$

$$N_{\text{circuitos}} \approx 1$$

Tabla 4.33: Número de circuitos planta primer nivel.

PLANTA 1	OCUPACIÓN	Nº DE CIRCUITOS
	Dormitorio 1	1
	Dormitorio 2	1
	Dormitorio P	1
	Estar íntimo	1

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.34: Número de circuitos planta segundo nivel.

PLANA 2	OCUPACIÓN	Nº DE CIRCUITOS
	Dormitorio 1	1
	Dormitorio 2	1
	Dormitorio 3	1
	Estar comedor	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.35: Numero de circuitos por colector.

Colector	Número de circuitos
C-1	2
C-2	2

Fuente: Elaboración propia.

4.6.1. Cálculo de la Temperatura Superficial

El cálculo de la temperatura media del suelo (T_{ms}) se basa en la demanda térmica de cada espacio (QT) y la temperatura interior de diseño (T_{local}), la cual se establece en 22°C. Por lo tanto, la temperatura media del suelo se determina mediante la siguiente expresión.

$$q = \alpha \cdot (T_{ms} - T_{local}) \quad (25)$$

Donde:

q = carga térmica por unidad de área $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2}\right]$.

α = coeficiente de resistencia superficial del suelo $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2}\right]$.

T_{ms} = temperatura media superficial del pavimento $[\text{°C}]$.

T_{local} = temperatura interior del local $[\text{°C}]$.

El coeficiente de transmisión de calor del suelo (α), en el rango de temperaturas que nos moveremos a su valor varía entre

α (kcal/hm ²)	8,60 y 10,32
----------------------------------	--------------

$$\alpha_{prom} = \frac{8,60 + 10,32}{2}$$

$$\alpha_{prom} = 9,46 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2}\right]$$

Tomaremos el valor promedio que es $9,46 \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2}\right]$

De la ecuación despejamos T_{ms} y se tiene.

$$T_{ms} = \frac{Q_T}{\alpha} + T_{local}$$

Para encontrar la temperatura media superficial del pavimento se puede utilizar la ecuación anterior o simplemente usar los ábacos que nos proporciona el fabricante.

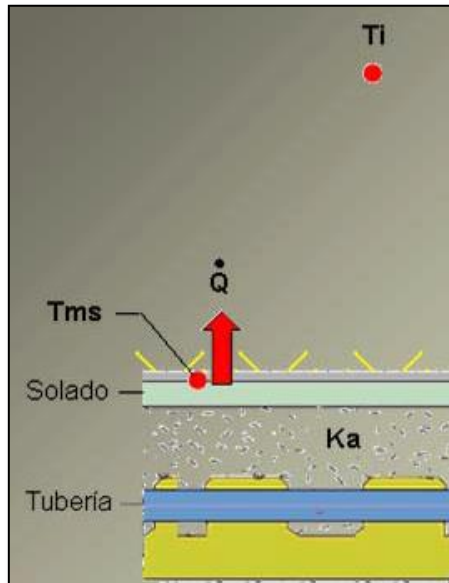


Figura 4.19: Transmisión de calor por el suelo.

Fuente: Adaptado de Yana, Oscar, Diseño e instalación de un sistema de calefacción y agua caliente sanitaria con energía solar y gas natural, 2014.

Con los valores obtenidos a calcular la nueva temperatura superficial de cada ambiente.

$$T_{ms} = \frac{0,043 \text{ kw/m}^2}{9,46 \text{ kcal/hm}^2} * \frac{1 \text{ kcal/hm}^2}{1,163 \text{ w}} + 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{ms} = 24,89 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tabla 4.36: Temperaturas superficiales de cada ambiente.

Local	Emisión de calor [w/m ²]	Temperatura media del [°C]
Dormitorio 1	24,66	23,50
Dormitorio 2	48,19	25,60
Dormitorio principal	30,53	24,00
Estar intimo	11,06	22,50

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2. Cálculo de la temperatura del agua en los tubos emisores

La siguiente fórmula permite calcular la temperatura media del agua en las tuberías emisoras. Esta variable está influenciada por elementos como la necesidad de calor del área, la temperatura interior deseada y la capacidad de transferencia térmica de la capa que cubre las tuberías.

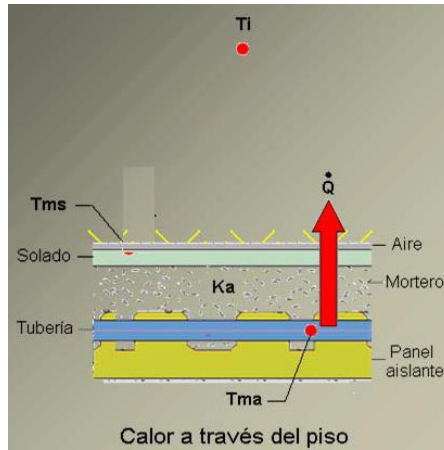


Figura 4.20: Promedio de Temperatura del Agua de la Tubería.

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente ecuación facilita la determinación de la temperatura promedio del agua³⁴.

$$q = K_a \cdot (T_{ma} - T_{local}) \quad (26)$$

Donde:

q = demanda térmica del local $\left[\frac{w}{m^2}\right]$.

K_a = coeficiente de transmisión térmica de la capa de tubos $\left[\frac{w}{^{\circ}C m^2}\right]$.

T_{ma} = temperatura media del agua $[^{\circ}C]$.

T_{local} = temperatura interior de diseño $[^{\circ}C]$.

Para el cálculo del coeficiente de transmisión térmica se usa la siguiente ecuación.

$$K_a = \frac{1}{\left[\sum \left(\frac{e}{\lambda}\right) + \frac{1}{\alpha}\right]} \quad (27)$$

Donde:

e = espesor de la capa limite en [m].

λ = conductividad térmica del material de la capa $\left[\frac{w}{^{\circ}C m^2}\right]$.

α = coeficiente de transmisión de calor del suelo $\left[\frac{w}{^{\circ}C m^2}\right]$.

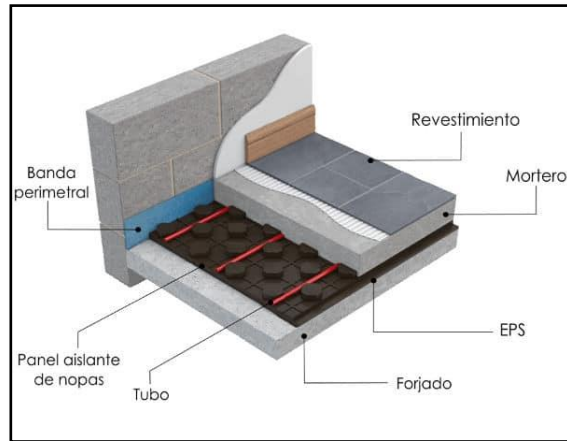


Figura 4.21: Materiales de suelo radiante.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.37: Conductividad y espesor de materiales.

Nº	Material	Espesor [m]	Conductividad térmica $\left[\frac{w}{m \cdot C}\right]$	Resistencia térmica $\left[\frac{m^2 K}{w}\right]$
1	Enlucido de cemento	0,20	1,40	0,50
2	Plastoformo	0,25	0,16	3,85
3	Hormigón con áridos ligeros	0,50	0,33	1,67
4	Panel moldeado de tetones	0,25	0,31	0,30
5	Mortero de cemento	0,45	0,88	
6	Parquet	0,15	0,21	
C	Tubería		0,35 w/m°C	
Ri	Coefficiente superficial de transmisión de calor interior		0,17 $\left[\frac{m^2 K}{w}\right]$	
*Norma IRAM 11601				
** Norma básica de la edificación NBE-CT-79				
Condiciones térmicas en los edificios				

Fuente: Elaboración propia.

$$QT = Q_{local superior} + Q_{local inferior} \quad (28)$$

En base a la analogía térmica se calcula los flujos de calor hacia arriba y hacia abajo del ambiente usando siguientes ecuaciones:

$$Q_{local superior} = \frac{T_{ma} - T_{habitación}}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5} \quad (29)$$

Donde:

R_1 = convección forzada entre el fluido caloportador y la tubería

R_2 = conducción interna externa de la tubería de suelo radiante

R_3 = conducción del mortero de cemento con aditivo

R_4 = radiación hacia el ambiente

$$Q_{inferior} = \frac{T_{ma} - T_{habitación}}{R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}} \quad (30)$$

Donde:

R_6 = conducción del elemento base de calefacción

R_7 = conducción hacia la zona de cemento

R_8 = conducción hacia el estuco

R_{10} = radiación hacia el ambiente

Transferencia de calor por convección forzada

En el transcurso de este proceso de transferencia térmica, se establece una interacción entre la tubería interna del sistema de suelo radiante y el fluido transportador de calor, en este caso, agua. Como resultado de esta interacción, emerge un coeficiente de convección interno, el cual se expresa mediante la siguiente fórmula

$$N_u = \frac{h \cdot D_{int}}{k} \quad (31)$$

Donde:

N_u = número de Nusselt.

h = coeficiente de convección forzado $\left[\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}\right]$.

D_{int} = diámetro interior de la tubería [m].

k = coeficiente de conductividad térmica de la tubería $\left[\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C}\right]$.

Antes de ello, se determinan los siguientes factores mediante cálculos:

- Número de Reynolds (Re)
- Número de Nusselt (Nu)
- Número de Prandtl (Pr)

a) Número de Reynolds

$$R_e = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\eta} \quad (32)$$

Donde:

R_e = número de Reynolds.

v = velocidad del fluido $\left[\frac{m}{s}\right]$.

D = diámetro interior del tubo [m].

ρ = densidad del fluido $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$.

n = viscosidad dinámica $\left[\frac{kg}{m \cdot s}\right]$.

Para prevenir problemas de ruido ocasionado por la fricción del agua contra las paredes de la tubería del sistema de suelo radiante, es esencial mantener una velocidad del agua en su interior dentro de límites específicos. Se establece que la velocidad del agua interna debe ser inferior a un metro por segundo (1 m/s), aunque se puede asumir un valor promedio de velocidad de 0,75 metros por segundo (0,75 m/s). Considerando una densidad del agua de 998 kg/m³ a 25 °C, y empleando una tubería de Polytherm con un diámetro interior de 12 milímetros (12 mm) y un diámetro exterior de 16 mm. La viscosidad dinámica de la tubería es dependiente de la temperatura del fluido, que actualmente no se conoce. Para fines de cálculo, se adoptará una temperatura de 35 °C, lo que conlleva a una viscosidad dinámica de $0,654 * 10^{-3} Pa \cdot s$ según los valores de las tablas de agua saturada

$$R_e = \frac{0,75 \left[\frac{m}{s}\right] \cdot 0,012 m \cdot 998 \left[\frac{kg}{m^3}\right]}{0,654 * 10^{-3} \left[\frac{kg m}{m s^2} \cdot s\right]}$$

$$R_e = 13733,9$$

$$13733,9 > 4000$$

Flujo turbulento

a) Número de Nusselt

Como el número de Reynolds es mayor a 4000 es un flujo turbulento, y la ecuación para calcular el número de Nusselt.

$$N = 0,023 \cdot R_e^{0,8} \cdot Pr^n \quad (33)$$

Para:

$n=0,3$ cuando el fluido se enfría

$n=0,4$ cuando el fluido se calienta

$$N = 0,023 \cdot 13776,07^{0,8} \cdot 5,9^{0,3}$$

$$N = 73,11$$

Despejando y reemplazando

$$h = \frac{N_u \cdot k}{D_{int}} = \frac{80 \cdot 0,35 \left[\frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right]}{0,012}$$

$$h = 1888,66 \left[\frac{kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \right] * \frac{1,163 w \cdot h}{1kcal} = 2196,51 \left[\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

En resumen, si aumentamos el área a través de la cual fluye el agua, podemos calcularlo utilizando la fórmula $A = 2\pi R_{int} \cdot L$, considerando un diámetro interno de la tubería de 12 mm y una longitud promedio de 100 m. Esto nos daría un área resultante de:

$$A = 2 \cdot \pi \cdot \frac{0,012}{2 * 10 * 100} \cdot 100 = 3,77 [m^2]$$

$$R_1 = \frac{1}{h \cdot A} = \frac{1}{2196,51 \left[\frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} \right] * 3,77 [m^2]}$$

$$R_1 = 1,20 * 10^{-4} \left[\frac{^\circ C}{w} \right]$$

Transferencia de calor por conducción en tuberías

La transferencia de calor por conducción a través de tuberías viene dada por la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{T_{ma} - T_{habitación}}{R_2} \quad (34)$$

Donde

$$R_2 = \frac{\ln \left(\frac{D_e}{D_i} \right)}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot L}$$

D_e = diámetro exterior de la tubería de suelo radiante [m].

D_i = diámetro interior de la tubería de suelo radiante [m].

k = coeficiente de conductividad térmica de la tubería $\left[\frac{w}{m \cdot ^\circ C} \right]$.

L = longitud de la tubería de suelo radiante (valor asumido 100m)

Reemplazando datos

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{0,016}{0,012}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 0,27 \frac{W}{m^{\circ}C} \cdot 100 m}$$

$$R_2 = 16,95 * 10^{-4} \left[\frac{W}{^{\circ}C} \right]$$

Es fácil encontrar los valores de R3 y R4 al tomar en cuenta el área panelable en departamento, que en este caso es 13,96 [m²].

Reemplazando en la ecuación.

$$R_3 = \frac{e}{K \cdot A}$$

$$R_3 = \frac{0,045 m}{0,088 \frac{W}{m^{\circ}C} \cdot 13,96 m^2} = 36,63 * 10^{-3} \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

Para el Parquet

$$R_4 = \frac{e}{K \cdot A}$$

$$R_4 = \frac{0,045 m}{0,08 \frac{W}{m^{\circ}C} \cdot 13,96 m^2} = 5,11 * 10^{-3} \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

Transmisión de calor por Radiación

La transmisión de calor por radiación se origina a partir de la emisión de energía por parte de la materia cuando alcanza una temperatura determinada. Esta energía viaja mediante ondas electromagnéticas, también conocidas como fotones. A diferencia de la transmisión de energía por conducción o convección, que dependen de un medio material para propagarse, la radiación térmica no requiere tal medio.

$$Q = A \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad (35)$$

Siendo:

Q = Calor emitido por la superficie radiante.

σ = Constante de Stefan Boltzmann. $5,669 \cdot 10^{-8} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right]$

A = Área de emisión de calor en nuestro caso una casa.

$T_1^4 - T_2^4$ = Diferencia de temperatura a la cuarta potencia en [K⁴].

Transferencia de calor combinada por convección y radiación

Cuando un objeto caliente pierde temperatura al interactuar con su entorno, este proceso se lleva a cabo a través de tres métodos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación. Para ilustrar, en el contexto de calentar una habitación, el calor puede ser distribuido mediante un sistema de tuberías bajo el suelo, donde el agua, a medida que fluye, libera calor en el espacio circundante. Para comprender mejor los efectos de la convección natural y la radiación en dicha habitación, es posible emplear la siguiente fórmula.

$$Q_{conv-rad} = A \cdot [h_{conv} \cdot (T_{piso} - T_{ambiente}) + \sigma \cdot \epsilon_{piso} \cdot (T_{piso}^4 - T_{ambiente}^4)] \quad (36)$$

Combinando:

$$Q_{conv-rad} = A \cdot (h_{conv} + h_{rad}) \cdot (T_{piso} - T_{ambiente})$$

Con

$$h_{rad} = \frac{\sigma \cdot \epsilon_{piso} (T_{piso}^4 - T_{ambiente}^4)}{T_{piso} - T_{ambiente}}$$

Por lo que

$$R_5 = \frac{1}{(h_{conv} + h_{rad}) \cdot A}$$

$$h_{rad} = \frac{5,669 \cdot 10^{-8} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right) * 0,92 * [(30 + 273)^4 - (21 + 273)^4] K^4}{(30 - 21)^\circ C}$$

$$h_{rad} = 5,55 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

Reemplazando en....

$$R_5 = \frac{1}{(1,04 + 5,55) \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right] \cdot 13,96 [m^2]}$$

$$R_5 = 10,87 * 10^{-3} \left[\frac{W}{^\circ C} \right]$$

Reemplazando en

$$R_6 = \frac{e}{K \cdot A}$$

$$R_6 = \frac{0,10}{0,035 \cdot 13,96} = 20,410^{-3} \left[\frac{W}{^{\circ}C} \right]$$

Para R7, R8 y R9

$$R_7 = \frac{0,010 \text{ m}}{0,26 \frac{W}{m^{\circ}C} \cdot 13,96 \text{ m}^2} = 2,76 * 10^{-3} \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

$$R_8 = \frac{0,25 \text{ m}}{0,16 \frac{W}{m^{\circ}C} \cdot 13,96 \text{ m}^2} = 0,11 \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

$$R_9 = \frac{0,010 \text{ m}}{0,30 \frac{W}{m^{\circ}C} \cdot 13,96 \text{ m}^2} = 2,38 * 10^{-3} \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

El valor de la radiación a la superficie inferior será el mismo que el valor de la radiación a la superficie superior:

$$R_{10} = 1,20 * 10^{-4} \left[\frac{^{\circ}C}{W} \right]$$

Despejando y reemplazando T_{ma}

$$T_{ma} = Q_{local superior} \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5) + T_{habitación}$$

$$T_{ma} = 24,66 * (1,20 * 10^{-4} + 16,96 * 10^{-3} + 36,63 * 10^{-3} + 5,11 * 10^{-3} + 10,87 * 10^{-3}) + 22$$

$$T_{ma} = 29,40 [^{\circ}C]$$

Tomando en cuenta que:

$$T_{ma} = \frac{T_{impul} + T_{retorno}}{2}$$

$$T_{impul} - T_{retorno} = 10$$

Al combinar la ecuación y sustituir los valores se obtiene:

$$T_{impul} = 42,56 [^{\circ}C] \cong 43$$

$$T_{\text{retorno}} = 32,26^{\circ} \cong 33[{}^{\circ}\text{C}]$$

Tabla 4.38: Temperatura media del agua, impulsión.

LOCAL	Carga Térmica [W]	Temperatura del agua [°C]	Temperatura a impulsión [°C]	Temperatura retorno [°C]
Dormitorio 1	627,54	38,00	32,20	22,20
Dormitorio 2	819,73	38,00	30,50	20,50
Dormitorio principal	454,33	40,00	34,00	24,00
Estar íntimo	364,20	38,00	32,10	22,10

Fuente: Elaboración propia.

$$T_{\text{retorno}}=24 [{}^{\circ}\text{C}]$$

4.6.3. Cálculo del caudal de agua

El flujo másico hace referencia a la cantidad de masa que atraviesa una sección transversal específica en una unidad de tiempo. En el caso del flujo másico de agua circulando a través de las tuberías del sistema de suelo radiante en la zona que se desea

$$Q = m \cdot Cp \cdot (T_{\text{imp}} - T_{\text{ret}}) \text{ [kcal/h]} \quad (37)$$

Donde:

$$m = \text{caudal de agua} \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$Cp = \text{calor específico del agua} \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^{\circ}\text{C}} \right]$$

$$T_{\text{imp}} - T_{\text{ret}} = \text{Salto térmico- retorno}$$

calentar, este valor se obtiene mediante la siguiente ecuación

Vamos a calcular el flujo másico necesario para el dormitorio 1 que tiene una demanda térmica de 0,627 kw.

$$\dot{m} = \frac{0,627 \text{ kw}}{4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^{\circ}\text{C}} \cdot (43 - 33)} = 0,015 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\dot{V} = \frac{0,015}{60} = 0,90 \left[\frac{\text{l}}{\text{min}} \right]$$

Tabla 4.39: Volumen del fujo del agua.

Ambiente	Q [w]	Caudal [l/s]
PLANTA 1		
Dormitorio 1	236,78	0,02
Dormitorio 2	435,20	0,03
Dormitorio principal	419,84	0,03
Estar intimo	132,12	0,02
PLANTA 2		
Dormitorio 1	265,20	0,02
Dormitorio 2	439,08	0,02
Dormitorio 3	60,60	0,02
Estar comedor	632,70	0,02
Baño	28,30	0

Fuente: Elaboración propia

CAUDAL TOTAL DE IMPULSIÓN: 0,1868 l/s

4.7. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE COLECTORA PARA AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

El criterio que se empleará en la selección de la superficie colectora para este proyecto es que su área sea lo suficientemente grande como para asegurar que la cantidad total de calor entregada durante el período de operación de la instalación sea equivalente al consumo requerido.

4.7.1. Cálculo del consumo energético

Se ha seleccionado una temperatura promedio de 45[°C] para el agua destinada al uso sanitario en el tanque de almacenamiento. La cantidad de calor necesaria será la que se deberá suministrar para elevar la temperatura del agua a consumir desde su temperatura actual en la red hasta los 45[°C].

Esta temperatura variará en función del mes en cuestión y se obtendrá mediante la aplicación de la siguiente fórmula³⁵:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t \quad (38)$$

Donde:

Q =es la cantidad de calor expresada en [Kcal].

m =masa del agua a calentar [kg].

³⁵ Energía solar y eólica “Dimensionado de una instalación de energía solar térmica”

C_e =es el calor específico del agua que vale 4179 $\left[\frac{j}{kg \text{ } ^\circ C}\right]$.

Δt =es el salto térmico existente entre los 40 [°C] y la temperatura media del agua de la red de servicio.

Porcentaje de ocupación

Se ha tenido en cuenta el consumo por persona, correspondiente a la ocupación plena.

Para este proyecto en particular, dado que se trata de una vivienda unifamiliar, se ha establecido un porcentaje de ocupación del 100% para todos los meses del año

Tabla 4.40: Porcentaje de ocupación mensual en la vivienda Unifamiliar.

Meses	Porcentaje de ocupación %
Enero	100
Febrero	100
Marzo	100
Abril	100
Mayo	100
Junio	100
Julio	100
Agosto	100
Septiembre	100
Octubre	100
Noviembre	100
Diciembre	100

Fuente: Elaboración propia.

Consumo de agua mensual

Para el cálculo de las demandas, se emplearán los valores unitarios que figuran en la (Tabla 4.41) del apartado 3.1.1 de la Sección HE 4 del Documento Básico HE del Código Técnico de la Edificación (CTE³⁶).

³⁶ Código Técnico de la Edificación

Tabla 4.41: Demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a 60°C.

Criterio de consumo	Litros/día	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hoteles (4 estrellas)	70	por cama
Hoteles (3 estrellas)	55	por cama
Hoteles/Hostales (2 estrellas)	40	por cama
Campings	40	por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 estrella)	35	por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Oficinas	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Fuente: Código Técnico de la edificación.

Es de relevancia tener en cuenta que los consumos promedio por persona en esta tabla se han estimado considerando una temperatura final deseada de 60°C en el acumulador

La Tabla 4.42, presenta el consumo unitario máximo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) a 45°C en litros por día, según el criterio de consumo

Tabla 4.42: Consumo unitario máximo de ACS a 45°C.

Criterio de consumo	[Litros/día]
Vivienda unifamiliar	40 por persona
Vivienda multifamiliares	30 por persona
Hospitales y clínicas	80 por cama
Hoteles (4 estrellas)	100 por cama
Hoteles(3 estrellas)	80 por cama
Hoteles/Hostales(2 estrellas)	60 por cama
Campings	60 por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 estrella)	50 por cama
Residencias (ancianos, estudiantes)	80 por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	20 por servicio

Fuente: Pliego de condiciones Técnicas de instalaciones de Baja temperatura IDEA.

Tabla 4.43: Número de personas por vivienda.

Nº de dormitorios	Nº de personas
1	1,5
2	3
3	4
4	6
5	7
6	8
7	9
8	9
Más de 8	Igual que el número de dormitorios

Fuente: Guía CTE de la energía solar.

El consumo mensual de enero se expresa en litros.

$$\text{Consumo} = 1 \times 31 \times 8 \text{ personas} \times 40 = 9920 \frac{L}{\text{dia}} \times \frac{1m^3}{1000 L} = 9,92 [m^3]$$

Realizando el mismo procedimiento para los restantes meses del año tendremos

Tabla 4.44: Consumo de agua mensual.

Meses	% de ocupación	Consumo mensual [m3]
Enero	100	9,92
Febrero	100	8,96
Marzo	100	9,96
Abril	100	9,60
Mayo	100	9,92
Junio	100	9,60
Julio	100	9,92
Agosto	100	9,92
Septiembre	100	9,60
Octubre	100	9,92
Noviembre	100	9,60
Diciembre	100	9,92
Promedio	100	9,73

Fuente: Elaboración propia.

Temperatura del agua de la red de distribución

La temperatura promedio diaria del agua proveniente de la red general se obtiene consultando la Tabla 4.45

Para el presente proyecto La Paz se tiene:

Tabla 4.45: Temperatura media del agua en la red, en °C, en la ciudad de La Paz.

La paz	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
	12	11	10	9	7	4	4	5	7	9	10	11	8,25

Fuente: EPSAS

Salto térmico

Diferencia entre la temperatura de uso, que en nuestro caso es la temperatura final deseada en el acumulado de 45 [°C], y la temperatura del agua proveniente de la red

Así para el mes de enero tenemos:

$$T = t_{final} - t_{agua} \quad (39)$$

Donde:

t_{final} =Temperatura final del agua en el acumulador 45 [°C].

t_{red} =Temperatura del agua de la red [°C].

$$T = 45 - 12 = 33 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Tabla 4.46: Variación Térmica Correspondiente a Cada Mes del año.

Meses	% de ocupación	Consumo mensual [m ³]	Temperatura de la red [°C]	Salto térmico [°C]
Enero	100	9,92	12	33
Febrero	100	8,96	11	34
Marzo	100	9,96	10	35
Abril	100	9,60	9	36
Mayo	100	9,92	7	38
Junio	100	9,60	4	41
Julio	100	9,92	4	41
Agosto	100	9,92	5	40
Septiembre	100	9,60	7	38
Octubre	100	9,92	9	36
Noviembre	100	9,60	10	35
Diciembre	100	9,92	11	34

Fuente: Elaboración propia.

Estimación mensual de Energía para calentar el agua a 45°

Utilizando las temperaturas del agua suministrada por la red, calculamos la energía necesaria mensualmente para elevar la temperatura del agua hasta el valor deseado de 45°C. Este cálculo se llevará a cabo aplicando la siguiente fórmula

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T \quad (40)$$

Donde:

Q = valor de la energía necesaria a aportar en kilocalorías o 83 térmica.

m =masa de agua a calentar en [kg].

C_e =calor específico del agua $4179 \left[\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right]$, $1 \left[\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right]$

ΔT =salto térmico, diferencia entre 45 [°C] y la temperatura del agua de la res.

Para el mes de enero tendremos:

$$Q = 9,92 \text{ m}^3 \cdot 1 \left[\frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C} \right] \cdot 33 \text{ [}^\circ\text{C]} = 327,36 \text{ [kcal]}$$

Tabla 4.47: Estimación Mensual de Energía para Calentar Agua a 45°C Utilizando Temperaturas de la Red.

Meses	% de ocupación	Consumo mensual [m3]	Temperatura de la red [°C]	Salto térmico [°C]	Carga térmica [kcal]
Enero	100	9,92	12	33	327,36
Febrero	100	8,96	11	34	304,64
Marzo	100	9,96	10	35	347,20
Abril	100	9,60	9	36	345,60
Mayo	100	9,92	7	38	376,96
Junio	100	9,60	4	41	393,60
Julio	100	9,92	4	41	406,72
Agosto	100	9,92	5	40	396,80
Septiembre	100	9,60	7	38	364,8
Octubre	100	9,92	9	36	357,12
Noviembre	100	9,60	10	35	336
Diciembre	100	9,92	11	34	337,28

Fuente: Elaboración propia.

Se procede a realizar la conversión a Julios.

$$Q = 327,36 \text{ kcal} \times \frac{4,179 \text{ MJ}}{1 \text{ kcal}} = 1,37 \text{ [MJ]}$$

Tabla 4.48: Estimación Mensual de Energía para Calentar Agua a 45°C Utilizando Temperaturas de la Red.

Meses	Necesidad mes [MJ]
Enero	1.369,67
Febrero	1.274,61
Marzo	1.452,68
Abril	1.445,99
Mayo	1.577,20
Junio	1.646,82
Julio	1.701,72
Agosto	1.660,21
Septiembre	1.526,32
Octubre	1.494,19
Noviembre	1.405,82
Diciembre	1.411,18
Promedio	1.497,20

Fuente: Elaboración propia.

La suma de todas las demandas energéticas correspondientes a cada mes del año constituirá las necesidades energéticas anuales en este caso.

$$Q_t = 17.966,45 \text{ [MJ]}$$

En este punto, es crucial considerar qué porcentaje de nuestras necesidades energéticas anuales deseamos suplir mediante la energía solar generada por nuestro sistema, conocido como fracción solar o aporte solar mínimo. Para lograr este objetivo, es esencial cumplir con las regulaciones y normativas pertinentes. En nuestro caso, es necesario satisfacer los requisitos establecidos en las Ordenanzas sobre Captación de

Energía Solar Térmica para usos térmicos, tal como se indica en la sección HE 4 del Documento Básico HE del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Las zonas se definen teniendo en cuenta la Radiación Solar Global Media Diaria Anual sobre Superficie Horizontal H, tomando en consideración los intervalos correspondientes a cada una de las zonas, como se detalla en la siguiente tabla 4.49.

Tabla 4.49: Radiación solar emitida en MJ en la ciudad de La Paz.

Meses	Irradiación horizontal global (H) [MJ/m ² /día]
Enero	21,37
Febrero	24,59
Marzo	22,79
Abril	20,51
Mayo	19,33
Junio	19,16
Julio	19,86
Agosto	20,85
Septiembre	25,13
Octubre	23,50
Noviembre	24,72
Diciembre	21,52
Año	21,92
Promedio	21,99

Fuente: Interactive Weather satellite imagery viewers from NASA MSFC. (s. f.).

Debido a que la radiación solar para la vivienda unifamiliar es de 21,92 MJ/m², al consultar la siguiente tabla, podemos concluir que se encuentra en la zona V.

Tabla 4.50: Radiación Global de la zona a climatizar.

Zona climática	MJ/m ²	kWh/m ²
I	H < 13,7	H < 3,8
II	13,7 ≤ H < 15,1	3,8 ≤ H < 4,2
III	15,1 ≤ H < 16,6	4,2 ≤ H < 4,6
IV	16,6 ≤ H < 18,0	4,6 ≤ H < 5,0
V	H ≥ 18,0	H ≥ 5,0

Fuente: Documento básico HE ahorro de energía.

Por lo tanto

Tabla 4.51: Contribución solar mínima en % caso genera.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Fuente: Documento básico HE ahorro de energía.

Determinaremos el tamaño adecuado de la superficie colectora de manera que sea capaz de suplir el 75% de nuestras necesidades energéticas.

En el contexto de este proyecto, se requiere que la instalación solar aporte la siguiente cantidad de energía:

$$0,75 \times 17.966,43 = 13.474,82 [MJ]$$

a) Necesidad de energía al día en Mj

Calculamos la cantidad de energía diaria requerida en MJ para cada mes del año al dividir la demanda energética mensual entre el número de días en el respectivo mes.

Tabla 4.52: Demandas Energéticas Mensuales a lo Largo del Año.

Meses	N° de días en el mes	Consumo mensual m3	Consumo diario
Enero	31	1.369,67	44,18
Febrero	28	1.274,61	45,52
Marzo	31	1.452,68	46,86
Abril	30	1.445,99	48,20
Mayo	31	1.577,20	50,88
Junio	30	1.646,82	54,89
Julio	31	1.701,72	54,89
Agosto	31	1.660,21	53,56
Septiembre	30	1.526,32	50,88
Octubre	31	1.494,19	48,20
Noviembre	30	1.405,82	46,86
Diciembre	31	1.411,18	45,52

Fuente: Elaboración propia.

4.7.2. Cálculo de la energía aprovechable

La información crítica que necesitamos obtener al concluir esta sección es la energía utilizable, denotada como 'E', que impacta en un día promedio de cada mes por cada metro cuadrado de superficie de los colectores. El primer paso esencial para calcular 'E' es conocer la irradiación solar, representada como 'H', que incide en un metro cuadrado de superficie horizontal en un día promedio de cada mes en una ubicación específica.

Si nos encontramos en cualquiera de las situaciones siguientes, será necesario ajustar el valor de 'H'

- Es importante considerar los posibles obstáculos que puedan afectar la energía captada por los colectores en la ubicación de la instalación, como la presencia de obstáculos físicos, niebla constante, vientos fríos, lluvias, entre otros, ya que

estos factores pueden disminuir el valor de ‘H’. En resumen, se recomienda realizar un análisis detallado del lugar donde se instalará el sistema para evaluar las posibles pérdidas debidas a la orientación, inclinación y sombras.

$$E = 0,94 \cdot k \cdot H \quad (41)$$

Donde

E =Energía neta aprovechable disponible [m^2]

k =factor de corrección (0,96)

H =irradiación que incide sobre metro cuadrado

Es fundamental determinar la cantidad de energía en mega julios que llega a un metro cuadrado de superficie horizontal durante un día promedio de cada mes en la ciudad de La Paz, donde se localiza la instalación

Estos datos serán obtenidos mediante la utilización de la aplicación “systemsol”.

Tabla 4.53: Irradiación incidente sobre un metro cuadrado de superficie kWh/m2/mes.

La Paz	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	DIC	Prom
Horas	662,4	688,5	706,5	615,3	599,2	574,9	615,7	646,2	753,8	728,4	714,7	667	664,38
	7,85	7,09	7,12	6,65	6,17	5,82	6,06	6,08	6,62	7,05	7,78	7,64	6,83

Fuente: Programa para datos meteorológicos, Systemsol.

Dado que la ciudad de La Paz, en Bolivia, se clasifica como una ciudad con un índice medio de contaminación ambiental, de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE), si la ubicación de la ciudad presenta este índice medio de polución³⁷, la irradiación ‘H’ debe multiplicarse por un coeficiente de 0,95

Para el mes de enero

³⁷ Polución: a polución o contaminación es la presencia en el medio ambiente de sustancias o agentes perjudiciales en concentraciones superiores a las naturales.

Tabla 4.54: Irradiación aprovechable.

Meses	Irradiación horizontal global (H) [MJ/m ² /día]	Irradiación corregida [MJ/m ²]
Enero	21,37	20,30
Febrero	24,59	23,36
Marzo	22,79	21,65
Abril	20,51	19,48
Mayo	19,33	18,36
Junio	19,16	18,20
Julio	19,86	18,87
Agosto	20,85	19,81
Septiembre	25,13	23,87
Octubre	23,50	22,33
Noviembre	24,72	23,48
Diciembre	21,52	20,400
Año	21,92	20,82
Promedio	21,94	20,84

Fuente: Elaboración propia.

- a) Factor de corrección, k por inclinación de colectores

Después de calcular y ajustar la irradiación (H), es fundamental considerar que nuestra matriz colectora estará inclinada en relación a la horizontal. Esto se debe a que la irradiación H se refiere a la radiación recibida en una superficie horizontal, mientras que los paneles solares, como sabemos, deben ser dispuestos en una posición inclinada según la latitud del lugar y el periodo de uso.

En consecuencia, será necesario aplicar un factor de corrección ‘k’ a la nueva irradiación corregida ($H_{\text{corregida}}$), el cual variará según la latitud de la ubicación y la inclinación de los paneles. Este factor puede obtenerse para cada mes del año a partir de la tabla 9 del Anexo A, que está disponible para su descarga en la Zona de Proyecto Accesible (ZPA).

Tabla 4.55: Factores de Corrección para Irradiación Solar Mensual.

Período de utilización	Ángulo de inclinación
Anual con consumo constante	Latitud del lugar
Consumo preferente en invierno	Latitud del lugar +10°
Consumo preferente en verano	Latitud de lugar -10°

Fuente: Energía solar y eólica Dimensionado de una instalación de energía solar térmica. (s. f.). Master-D.

Dado que la utilización de nuestra instalación se extiende a lo largo del año, el ángulo de inclinación será igual a la latitud del lugar

Los datos geográficos se han importados con éxito desde el mapa. Recorridos solares

Decimal Grad. Min. Seg.

Latitud [°] (+ = Norte, - = Hemisferio Sur)

Longitud [°] (+ = Este, - = Oeste de Greenwich)

Altitud M por encima del nivel del mar

Zona horaria Corresponde a una diferencia promedio
Hora Legal - Hora Solar = 0h 33m

Figura 4.22: Información geográficos de la vivienda unifamiliar
Fuente: Programa para datos meteorológicos, Systemsol.

Según la aplicación tenemos una latitud de 16°31'44''(+=Norte, -=Hemisferio Sur).

Tabla 4.55: Tabla de valores del coeficiente k.

latitud = 16 °	Inclinación	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
	Enero	1,00	1,04	1,07	1,09	1,11	1,12	1,13	1,12	1,11	1,10	1,07	1,04	1,01	0,96	0,92	0,86	0,80	0,74	0,67
Febrero	1,00	1,03	1,05	1,06	1,07	1,07	1,07	1,06	1,04	1,01	0,98	0,94	0,90	0,85	0,79	0,74	0,67	0,61	0,54	0,54
Marzo	1,00	1,01	1,02	1,02	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,75	0,69	0,63	0,56	0,49	0,42	0,35	0,35
Abril	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82	0,77	0,71	0,65	0,59	0,52	0,45	0,38	0,30	0,23	0,15	0,15
Mayo	1,00	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,83	0,78	0,73	0,67	0,60	0,54	0,46	0,39	0,31	0,24	0,16	0,10	0,09	0,09
Junio	1,00	0,98	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,75	0,69	0,63	0,56	0,49	0,41	0,34	0,26	0,18	0,10	0,09	0,08	0,08
Julio	1,00	0,99	0,97	0,94	0,91	0,87	0,83	0,78	0,72	0,66	0,60	0,53	0,46	0,38	0,30	0,22	0,14	0,09	0,08	0,08
Agosto	1,00	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,81	0,76	0,70	0,64	0,58	0,51	0,44	0,36	0,28	0,20	0,12	0,12
Septiembre	1,00	1,02	1,03	1,03	1,02	1,01	0,99	0,97	0,94	0,90	0,85	0,80	0,75	0,69	0,62	0,55	0,48	0,41	0,33	0,33
Octubre	1,00	1,03	1,06	1,08	1,10	1,10	1,09	1,08	1,07	1,04	1,07	0,97	0,93	0,87	0,82	0,76	0,69	0,62	0,54	0,54
Noviembre	1,00	1,04	1,08	1,11	1,13	1,15	1,16	1,16	1,15	1,14	1,11	1,08	1,05	1,01	0,96	0,90	0,84	0,77	0,70	0,70
Diciembre	1,00	1,04	1,08	1,11	1,14	1,15	1,16	1,17	1,16	1,15	1,13	1,10	1,07	1,03	0,98	0,93	0,87	0,81	0,74	0,74
Media anual	1,00																			

Fuente. IDEA.

Dado que el ángulo de latitud es de 16 grados, optamos por el valor más cercano, que es 15 grados.

Tabla 4.56: Corrección del coeficiente k debida a la inclinación de colectores.

Meses	Irradiación corregida [MJ/m2]	Coficiente[k]
Enero	20,30	1,09
Febrero	23,36	1,05
Marzo	21,65	1,02
Abril	19,48	0,98
Mayo	18,36	0,94
Junio	18,20	0,93
Julio	18,87	0,94
Agosto	19,81	0,98
Septiembre	23,87	1,03
Octubre	22,33	1,08
Noviembre	23,48	1,11
Diciembre	20,400	1,11
Año	20,82	1,08
Promedio	20,84	1,02

Fuente: Elaboración propia.

4.7.3. Energía total incidente

Se tiene en cuenta que la irradiación diaria incidente total teórica, representada como 'E' y medida por metro cuadrado de superficie colectora, se calcula tomando en consideración la inclinación de los colectores, y se expresa a través de la siguiente fórmula:

$$E = K \cdot H_{\text{corregida}} \quad (42)$$

Como es bien sabido, en las instalaciones solares térmicas, un fluido circula a través del sistema. En el caso de los sistemas que funcionan por termosifón, la circulación del fluido es lograda por medio de la convección natural, mientras que, en los sistemas forzados, esta circulación se logra con la asistencia de un electro circulador.

Debido a esta naturaleza, será necesario introducir un nuevo factor de corrección específico para sistemas de aprovechamiento solar térmico. Este factor considerará las pérdidas de energía que ocurren durante momentos del día en los que la intensidad solar se encuentra por debajo de un umbral determinado. Usualmente, estas pérdidas se estiman en un 6%. Por consiguiente, multiplicaremos el valor previamente calculado de la cantidad 'E' por 0,94 para considerar estas pérdidas.

De esta manera, la energía solar incidente aprovechable por metro cuadrado de superficie colectora inclinada se expresará de la siguiente manera

$$E = 0,94 \cdot K \cdot H_{\text{corregida}} \quad (43)$$

Para el mes de enero

$$E = 0,94 \cdot 1,09 \cdot 20,30 = 20,80 \left[\frac{MJ}{m^2} \right]$$

Tabla 4.57: Energía total que incide sobre los colectores solares.

Meses	Irradiación corregida [MJ/m ²]	Coefficiente [k]	Energía neta aprovechable [MJ/m ²]
Enero	20,30	1,09	20,80
Febrero	23,36	1,05	23,06
Marzo	21,65	1,02	20,76
Abril	19,48	0,98	17,95
Mayo	18,36	0,94	16,23
Junio	18,20	0,93	15,91
Julio	18,87	0,94	16,67
Agosto	19,81	0,98	18,25
Septiembre	23,87	1,03	23,11
Octubre	22,33	1,08	22,66
Noviembre	23,48	1,11	24,50
Diciembre	20,400	1,11	21,33
Promedio	20,84	1,02	20,10

Fuente: Elaboración propia.

4.7.4. Cálculo de la energía útil y la superficie necesaria

Después de calcular el rendimiento, ahora podemos determinar la energía aprovechable que podremos obtener de la superficie colectora. Esta energía será la que utilizaremos para calentar el agua destinada al consumo, almacenada en nuestro acumulador.

- **Promedio de Horas diarias de Sol Efectivas.**

Una vez que tengamos el conocimiento de la energía solar promedio diaria aprovechable por metro cuadrado de superficie colectora inclinada, será necesario considerar el número promedio de horas diarias de sol efectivas para calcular la intensidad solar promedio diaria incidente. Estas horas efectivas se refieren a aquellas en las que la intensidad solar excede el umbral establecido.

Tabla 4.58: Promedio Horas de Sol Efectivas en Superficie Inclinada.

La paz	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Horas	7,85	7,09	7,12	6,65	6,17	5,82	6,06	6,08	6,62	7,05	7,78	7,64	6,83

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener la intensidad en W/m², será necesario en pasar las horas en segundos y los Mega Julios a Julios.

- **Número medio de horas diarias de sol útiles**

Tabla 4.59: Número medio de horas diarias de sol.

Meses	Irradiación corregida $\left[\frac{MJ}{m^2}\right]$	Coefficiente [k]	E [MJ]	Nº Horas del Sol útiles
Enero	20,30	1,09	20,80	7,85
Febrero	23,36	1,05	23,06	7,09
Marzo	21,65	1,02	20,76	7,12
Abril	19,48	0,98	17,95	6,65
Mayo	18,36	0,94	16,23	6,17
Junio	18,20	0,93	15,91	6,93
Julio	18,87	0,94	16,67	6,06
Agosto	19,81	0,98	18,25	6,08
Septiembre	23,87	1,03	23,11	6,62
Octubre	22,33	1,08	22,66	7,05
Noviembre	23,48	1,11	24,50	7,78
Diciembre	20,40	1,11	21,33	7,64
Promedio	20,84	1,02	20,10	6,92

Fuente: Elaboración propia.

4.7.5. Intensidad radiante

La radiación que incide en una superficie varía a lo largo del día. Para llevar a cabo los cálculos de dimensionamiento, utilizaremos un promedio diario, obtenido al dividir la energía solar aprovechable incidente por metro cuadrado durante todo el día entre las horas de sol efectivas.

La intensidad radiante deberá estar expresada en W/m²

$$I = \frac{E}{t} \quad (44)$$

Donde

I = intensidad radiante en $\left[\frac{W}{m^2}\right]$.

E =Potencia radiante en [Mj].

t = tiempo en [hrs].

De esta forma para el mes de enero tendremos

$$I = \frac{20,80 \cdot 10^6 J}{7,85h \cdot \frac{3.600s}{1h}} = 736,02 \left[\frac{W}{m^2}\right]$$

Realizando la misma operación para cada uno de los restantes meses del año, obtendremos las intensidades medias diarias de la irradiación

Tabla 4.60: Radiación que incide sobre la superficie de colectores.

Meses	Irradiación corregida [MJ/m ²]	Coefficiente [k]	Potencia radiante [MJ]	Nº Horas del sol útiles	Intensidad irradiante [W/m ²]
Enero	20,30	1,09	20,80	7,85	736,06
Febrero	23,36	1,05	23,06	7,09	903,34
Marzo	21,65	1,02	20,76	7,12	809,87
Abril	19,48	0,98	17,95	6,65	749,78
Mayo	18,36	0,94	16,23	6,17	730,51
Junio	18,20	0,93	15,91	6,93	637,81
Julio	18,87	0,94	16,67	6,06	764,16
Agosto	19,81	0,98	18,25	6,08	833,64
Septiembre	23,87	1,03	23,11	6,62	969,89
Octubre	22,33	1,08	22,66	7,05	893
Noviembre	23,48	1,11	24,50	7,78	874,86
Diciembre	20,400	1,11	21,33	7,64	775,57
Promedio	20,81	1,02	21,33	6,92	736

Fuente: Elaboración propia.

4.7.6. Determinación del rendimiento del colector

El rendimiento de un colector constituye el factor final que se encuentra frente a la radiación incidente, y este valor suele estar detallado por el fabricante en las especificaciones técnicas del dispositivo. Comúnmente, se presenta en forma de una fórmula análoga a la siguiente:

$$\eta = (a - b) \left(\frac{t_m^\circ - t_a^\circ}{I} \right) \quad (45)$$

Donde

η =Rendimiento del colector

a = Rendimiento óptimo o factor de ganancia del colector.

b = Coeficiente de pérdidas o factor de pérdidas

t_m° =es la temperatura media del ACS en el acumulador y que si no nos indica lo contrario siempre era de 45°C.

t_a° =es el valor de la temperatura del medio ambiente media diaria durante las horas de sol para cada uno de los meses del año y cada localidad

- Temperatura ambiente

Estos datos serán necesarios para calcular el rendimiento promedio diario teórico de nuestro colector

De este modo para La Paz

Tabla 4.61: Temperatura media durante las horas de sol, en °C.

La paz	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	PROM
	9,5	9,5	9,2	8,4	6,7	5,4	5,1	6,1	7,6	9,	9,8	10	8,00

Fuente: SENAMHI

- Rendimiento del colector

Tabla 4.62: Especificaciones del colector.

Especificaciones							
Modelo	Rendimiento óptico (%)	Coefficiente de pérdidas k1 [W/m ² . k]	Coefficiente de pérdidas k2 [(W/m ² . k)]	Anchura [mm]	Altura [mm]	Profundidad [mm]	Superficie de absorción [m ²]
VITOSOL 200-FM	0,81	3,41	0,002	1.056	2.380	72	2,324

Fuente: Elaboración propia.

La curva de rendimiento instantáneo de nuestro colector viene dada por la expresión:

$$\eta = 0,81 - 3,416 \cdot \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right) - 0,002 \cdot \left(\frac{(t_m - t_a)^2}{G} \right) \quad (46)$$

Como la temperatura media del fluido caloportador en el interior del colector, t_m para destinado al subministro de agua caliente (ACS), se establecerá un valor constante de 45°C

Es fundamental tener en cuenta que el cálculo de la curva de rendimiento se basa en la premisa de que los rayos solares inciden de forma perpendicular al colector. No obstante, en la práctica, esta condición rara vez se cumple, ya que a lo largo del día los rayos solares impactan desde diferentes ángulos sobre la superficie del colector. Además, diversos factores como la acumulación de suciedad y el envejecimiento de la cubierta del colector contribuyen a una reducción en su coeficiente de transmisión, denotado como T como objetivo de considerar adecuadamente estos factores y obtener una representación más precisa del rendimiento instantáneo de un colector de placa plana, se aplicará un factor de corrección. Este factor de corrección multiplicará el término de ganancias o factor óptico en la ecuación. Se ha determinado que el valor constante de este factor de corrección será 0,94 (EST).

La ecuación resulta

$$\eta = 0,94 \cdot 0,81 - 3,41 \cdot \left(\frac{t_m - t_a}{G} \right) - 0,002 \cdot \left(\frac{(t_m - t_a)^2}{G} \right)$$

El rendimiento medio diario de nuestro colector para el mes de enero será:

$$\eta = (0,94 \cdot 0,81) - 3,416 \cdot \left(\frac{45 - 9,5}{736,06}\right) - 0,002 \cdot \left(\frac{(45 - 9,5)^2}{736,06}\right) =$$

$$\eta = 0,76 - 0,16 - 0,003424 = 0,59$$

El rendimiento medio diario del colector en el mes de enero es del 59,32%.

Tabla 4.63: Rendimiento de los colectores solares.

Meses	Rendimiento medio diario [%]
Enero	59,32
Febrero	62,44
Marzo	60,72
Abril	59,01
Mayo	57,83
Junio	54,44
Julio	57,89
Agosto	59,84
Septiembre	62,68
Octubre	62,08
Noviembre	62,11
Diciembre	60,41
Promedio	59,89

Fuente: Elaboración propia.

4.7.7. Cálculo de la energía útil y superficie necesaria

Una vez que hayamos realizado el cálculo del rendimiento, estaremos preparados para establecer la cantidad de energía aprovechable que podremos obtener de la superficie captadora. Esta energía aprovechable se destinará al calentamiento del agua almacenada en el sistema de acumulación y será la que emplearemos para nuestro consumo

- **Aportación Solar**

En este punto, estamos en condiciones de llevar a cabo el cálculo de la energía solar entregada por cada metro cuadrado de área colectora. En otras palabras, estamos calculando la energía efectivamente utilizable para calentar el fluido caloportador que circula a través del colector. En este cálculo, nos enfocamos exclusivamente en una fracción de la energía total incidente.

$$E_{util} = \eta \cdot E \quad (47)$$

De la tabla tanto para el mes de enero

$$E_{\acute{u}til} = 0,5932 \times 20,80 = 12,34 \left[\frac{Mj}{m^2}\right]$$

Aplicamos el mismo procedimiento para cada mes del año

Tabla 4.64: Energía solar efectiva utilizable.

Meses	Energía útil [Mj]	Aportación solar por [Mj/m2]
Enero	20,80	12,34
Febrero	23,06	14,40
Marzo	20,76	12,61
Abril	17,95	10,59
Mayo	16,23	9,38
Junio	15,91	8,66
Julio	16,67	9,65
Agosto	18,25	10,92
Septiembre	23,11	14,92
Octubre	22,66	14,07
Noviembre	24,50	15,22
Diciembre	21,33	12,89
Promedio	20,10	12,13

Fuente: Elaboración propia.

▪ **Disponibilidad diaria de energía por metro cuadrado**

La energía diaria generada por los colectores no se alinea directamente con la energía efectivamente disponible para su consumo. Esto se debe a la presencia de pérdidas en todos los elementos del sistema, con el acumulador siendo uno de los principales contribuyentes a estas pérdidas.

Por lo general, las pérdidas, en ausencia de datos precisos, se estiman en un rango de entre el 15% y el 20%. Por ende, la energía almacenada disponible para el consumo se determina de la siguiente manera

$$E_{neta} = (0,8 \text{ a } 0,85) \cdot \eta \cdot E_{util} \quad (48)$$

Para el presente proyecto tendremos unas pérdidas del 15 %

$$E_{neta} = 0,85 * 0,59 * 20,82 = 10,49 \left[\frac{Mj}{m^2} \right]$$

Aplicamos el mismo procedimiento para cada mes del año

Tabla 4.65: Disponibilidad total de la energía.

Meses	Energía [Mj/m ²]	Energía disponible por día [Mj/m ²]
Enero	20,80	10,49
Febrero	23,06	12,24
Marzo	20,76	10,71
Abril	17,95	9,00
Mayo	16,23	7,89
Junio	15,91	7,36
Julio	16,67	9,30
Agosto	18,25	9,28
Septiembre	23,11	12,31
Octubre	22,66	11,96
Noviembre	24,50	12,94
Diciembre	21,33	10,95
Promedio	20,10	10,36

Fuente: Elaboración propia.

- **Energía disponible al mes**

Será el resultado de multiplicar la energía disponible diaria por metro cuadrado por el número de días del mes.

$$E_{disp} = 10,49 * 31 = 325,19 \left[\frac{Mj}{m^2} \right]$$

Aplicamos el mismo procedimiento para cada mes del año

Tabla 4.66: Energía disponible.

Meses	Días	Energía disponible por día [MJ/m ²]	Energía disponible al mes [MJ/m ²]
Enero	31	10,49	325,15
Febrero	28	12,24	324,62
Marzo	31	10,71	332,15
Abril	30	9,00	270,10
Mayo	31	7,89	247,25
Junio	30	7,36	220,89
Julio	31	9,30	254,28
Agosto	31	9,28	287,70
Septiembre	30	12,31	369,44
Octubre	31	11,96	370,74
Noviembre	30	12,94	388,10
Diciembre	31	10,95	339,54
Total			3.747,96

Fuente: Elaboración propia.

Podemos obtener la energía anual disponible que nuestra instalación solar nos proporcionará simplemente sumando las energías disponibles de cada mes del año. Para el presente proyecto será de $3.747,96 \left[\frac{Mj}{m^2} \right]$.

Con esta información en mano, estamos listos para calcular la superficie en metros cuadrados (m²) necesaria para satisfacer el 75% de nuestras necesidades energéticas

$$\frac{0,75 \times 17.966,43}{3.747,96} = 3,59 \approx 4 [m^2]$$

4.7.8. Cálculo d número de colectores necesarios

$$\text{N}^\circ \text{de colectores} = \frac{\text{Area}}{\text{A apertura}}$$

$$\text{N}^\circ \text{de colectores} = \frac{3,59}{2,330} = 1,54 \approx 2$$

- **Energía solar total**

Una vez que calculado la cantidad total de colectores que se va a poner en marcha, se determinara la cantidad real de metros cuadrados de superficie útil del colectore simplemente multiplicando este valor por el área de apertura de uno de los colectores seleccionados.

$$m^2 \text{de superficise colectora} = 2 * 2,33 = 4,66 [m^2]$$

Utilizando la información previa junto con la cantidad de energía neta disponible para el consumo suministrada por cada metro cuadrado de superficie colectora, podemos calcular la energía neta disponible para el consumo que la instalación proporciona en cada uno de los meses del año

Para el mes de enero

$$E = 4,66 \times 325,15 = 1515,20 [Mj]$$

Tabla 4.67: Cantidad real en m2 de superficie útil.

Meses	Días	Energía disponible al mes [MJ/m2]	Energía solar total [Mj]
Enero	31	325,15	1.515,19
Febrero	28	324,62	1.596,62
Marzo	31	332,15	1.547,81
Abril	30	270,10	1.258,67
Mayo	31	247,25	1.152,18
Junio	30	220,89	1.029,36
Julio	31	254,28	1.184,97
Agosto	31	287,70	1.340,66
Septiembre	30	369,44	1.721,59
Octubre	31	370,74	1.727,63
Noviembre	30	388,10	1.808,54
Diciembre	31	339,54	1.582,27
Promedio	30,41	310,83	1.455,45

Fuente: Elaboración propia

4.8. Dimensionado de componentes

Una vez que hayamos determinado los metros cuadrados de superficie colectora y el volumen de acumulación requeridos, procederemos a calcular los demás componentes necesarios para nuestra instalación, como el intercambiador exterior de placas, las bombas de circulación, los diámetros de las tuberías, los espesores y tipos de aislantes, el vaso de expansión, entre otros.

4.8.1. Cálculo del volumen de acumulación

Según la Sección HE 4 del Documento Básico HE del CTE, en el apartado 3.3.3.1 se establece que, para la implementación de agua caliente sanitaria (ACS), el área total de los colectores debe ser determinada de manera que se cumpla la siguiente condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (49)$$

Donde:

V es el volumen del depósito de acumulación en [L]

A es la suma de áreas de los colectores en [m^2], este valor en nuestro caso es de 4,66 [m^2],

El valor recomendado para el volumen de acumulación solar será aproximadamente igual a la carga de consumo diaria.

El consumo Diario de agua para ACS

$$50 < \frac{320}{4,66} < 180$$

$$50 < 68,67 < 180$$

Vemos que cumple con la condición

4.8.2. Caudal de circuito primario

El caudal del circuito primario se determina a partir del caudal unitario por metro cuadrado del colector solar, multiplicado por su área y el número de colectores en uso. El caudal del fluido transportador varía en un rango de 1.2 a 2 litros por segundo por

cada 100 metros cuadrados de área de colectores, lo que equivale a un flujo de 43.2 a 72 litros por hora por metro cuadrado. Para los cálculos, se ha tomado un valor promedio de 50 litros por hora por metro cuadrado de área de captadores solares cuando están conectados en paralelo.

El caudal se calcula:

$$Q = Q_{captador} \cdot A \cdot N \quad (50)$$

Donde:

Q = caudal total del circuito, en $\left[\frac{l}{h}\right]$.

$Q_{captador}$ = caudal unitario del captador, en $\left[\frac{l}{h \cdot m^2}\right]$.

A = superficie de un captador solar, en $[m^2]$.

N = n° de captadores en paralelo.

Dado que la superficie de nuestro captador es de 2,33 $[m^2]$ y la instalación consta de 2 captadores conectados en paralelo, el caudal obtenido es el siguiente:

$$Q = 50 \cdot 2,33 \cdot 2$$

$$Q = 233 \left[\frac{l}{h}\right]$$

4.8.3. Cálculo de diámetros de las tuberías

El apartado "3.4.5 Tuberías" de la sección HE 4 del Documento Básico HE del CTE establece que es posible emplear materiales como cobre y acero inoxidable en las tuberías del circuito primario. Asimismo, en el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria, también se permite el uso de cobre y acero inoxidable.

Para el presente proyecto se utilizará cobre como material para las tuberías en ambos circuitos tanto el primario como el secundario.

En esta sección, también se especifica que, al dimensionar las tuberías, se debe asegurar que la pérdida de carga unitaria en las mismas no exceda los 40 mm de columna de agua por cada metro lineal.

El método más simple para calcular los diámetros de las tuberías es mediante el uso de ábacos, como los que se encuentran al final de la unidad 3 del curso. Estos ábacos proporcionan cuatro magnitudes relevantes.

- Pérdidas de carga
- Caudal de circulación,
- Diámetro de la tubería y
- Velocidad de circulación del fluido

$$v = \frac{4Q}{\pi \cdot D^2} \quad (51)$$

Partiendo de un caudal establecido, en este caso, 233 l/h, es crucial elegir una velocidad que se sitúe dentro del rango de 1,5 m/s a 0,3 m/s, según la experiencia acumulada. Al explorar diversas velocidades, conseguiremos determinar un diámetro específico. Una vez identificado este diámetro teórico, es esencial verificar su correspondencia con los diámetros normalizados, como se indica en la siguiente tabla:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 233}{0,9 \cdot \pi}}$$

$$D = 17,15 [mm] \cong 18 [mm]$$

Tabla 4.68: Diámetros normalizados para tuberías de cobre.

Diámetro exterior nominal en mm.	Espesores en mm.					
	0,75	1	1,2	1,5	2	2,5
	Diámetro interior en mm.					
6	4,5	4				
8	6,5	6				
10	8,5	8				
12	10,5	10				
15	13,5	13				
18	16,5	16				
22		20	19,6	19		
28		26	25,6	25		
35		33	32,6	32		
42		40	39,6	29		
54			51,6	51		
63				60	59	
80				77	76	
100					96	95

Fuente: Carribero, L, Diseño de una instalación solar térmica para producción de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante en una vivienda 2010.

Finalmente, se ha optado por un diámetro de tubería de cobre de 18 mm, con un espesor de 1 mm, resultando en un diámetro interior de 16 [mm].

Aislamiento térmico de las tuberías

Para prevenir las pérdidas de energía en la instalación, es esencial la aplicación de aislamientos térmicos en todos los componentes del sistema, con especial énfasis en el circuito primario, el cual opera a una temperatura de trabajo superior al resto de los elementos del sistema.

La función de estos aislamientos es crucial para el correcto desempeño de la instalación. Por tanto, en su elección, se debe priorizar la cobertura de las exigencias técnicas, su facilidad de instalación y su durabilidad por encima de los costos asociados.

Es imperativo que estos aislamientos cumplan con la normativa vigente, conforme al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), específicamente en la ITE 02.10 y Apéndice 03.1. De acuerdo con dicha normativa, para circuitos con temperaturas de fluido comprendidas entre 40[°C] y 100[°C], el grosor mínimo de aislamiento debe ser de 25 [mm] en interiores y 35 [mm] en exteriores. Esto aplica a materiales de aislamiento con una conductividad térmica [λ] igual a 0,040 W/(m*K) a 10[°C], y para diámetros de conducción menores a 35 mm, como se describe en este contexto.

La siguiente tabla detalla estas especificaciones

Tabla 4.69: Requerimientos de Aislamiento Térmico (mm) para Tuberías y Accesorios que Conducen Fluidos Calientes en el Interior de Edificaciones.

Diámetro exterior [mm]	Temperatura máxima del fluido [°C]		
	40...60	>60... 100	>100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$35 < D$	35	40	50

Fuente: Reglamento de instalaciones térmicas (RITE).

Tabla 4.70: Requerimientos de Aislamiento Térmico (mm) para Tuberías y Accesorios que Conducen Fluidos Calientes en el Exterior de Edificaciones.

Diámetro exterior [mm]	Temperatura máxima del fluido [°C]		
	40...60	>60... 100	>100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Fuente: Reglamento de instalaciones térmicas (RITE).

En el caso de emplear materiales con conductividad térmica, λ , diferente a 0,04 W/(m·K) a 10°C, se utiliza la siguiente ecuación para calcular el espesor mínimo.

$$d = \frac{D}{2} \left[\exp \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \left(\frac{D + 2d_{ref}}{D} \right) \right) \right] - 1 \quad (52)$$

Donde:

d =espesor mínimo del material empleado, en [mm].

D =diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en [mm].

λ =conductividad térmica del material empleado, 0,038 en $\left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$.

d_{ref} =espesor mínimo de referencia, 18 en [mm].

λ_{ref} =conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 $\left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$.

El aislamiento elegido para el sistema es de la marca “EUROSOLAR TWIN SPECIAL”.

Tubería interior

Remplazando valores

$$d = \frac{16}{2} \left[\exp \left(\frac{0,038}{0,040} \cdot \ln \left(\frac{16 + 2 \cdot 25}{16} \right) \right) \right] - 1$$

$$d = 22,74 \text{ [mm]}$$

Tubería exterior

$$d = \frac{18}{2} \left[\exp \left(\frac{0,038}{0,040} \cdot \ln \left(\frac{18 + 2 * 35}{18} \right) \right) - 1 \right]$$

$$d = 31,64 [mm]$$

Tabla 4.71: Especificaciones de aislamiento.

Especificaciones técnicas del tubo en acero inox AISI 316L			
Tipo [DN]	Espesor [mm]	Diámetro externo [mm]	Tolerancia [mm]
16,00	0,18	21,60	0,20
20,00	0,18	26,60	0,25
25,00	0,20	32,20	0,30

Fuete: Eurosolar Twin Special.

Cabe destacar que se ha optado por un espesor de aislamiento de 25 mm para las tuberías interiores, mientras que para las tuberías exteriores se ha elegido un aislamiento de 32,2 mm. Estas elecciones garantizan el cumplimiento de los espesores mínimos exigidos por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

4.9. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE COLECTORA PARA SUELO RADIANTE

Carga calorífica: La carga de calor se refiere a la cantidad de energía necesaria para calentar nuestra vivienda en términos mensuales y anuales. Para determinar esto, se calculará la cantidad de agua equivalente requerida durante el mes más frío, que se tomará como punto de referencia.

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (53)$$

Donde:

Q =Flujo calórico en [W]

C_p =calor específico del agua a presión constante para nuestro caso (4186[j/kg · °C])

\dot{m} =flujo másico $\left[\frac{l}{s} \right]$.

ΔT =salto térmico de temperatura que deber aportar la instalación solar térmica para calentar el agua para nuestro caso 10[°C]

Tabla 4.72: Flujo másico del agua diario para el cálculo de número de colectores.

Masa del agua equivalente [l/s]	Horas	Segundos [s]	Flujo másico [l/día]	Flujo másico [m ³ /día]
0,058	7,85	3.600	1.635,40	1,64

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del caudal necesario para suelo radiante

$$\dot{m} = \frac{2423,16}{C_p \times (T_{imp} - T_{ret})}$$

$$\dot{m} = \frac{2423,16}{4.186 \times 10} = 0,058 \left[\frac{l}{s} \right] = 1,67 \left[\frac{m^3}{día} \right]$$

- Salto térmico

Diferencia entre la temperatura de uso, es decir la temperatura final que queremos en el acumulador, 43 en este caso y la temperatura de retorno que tiene que ser constante 33.

$$T = 43 - 33 = 10[°C] \quad (54)$$

4.9.1. Energía necesaria para calentar el fluido caloportador

$$Q_a = \dot{m}_m \times \rho \times C_p \times \Delta T \quad (55)$$

Donde:

Q_a =energía necesaria al mes [Mj].

ρ =densidad del fluido caloportador ($1.000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$)

C_p =calor específico a presión constante ($4.186 \left[\frac{j}{kg \cdot °C} \right]$)

Para el mes de enero

$$Q_a = 31 \text{ día} \times \frac{1,67}{\text{día}} \times 1.000 \frac{kg}{m^3} \times 4186 \frac{j}{kg \cdot °C} \times 10 \text{ °C}$$

$$Q_a = 1.5351,32 \text{ [Mj]}$$

Tabla 4.73: Energía necesaria al mes.

Meses	Días	Consumo mensual [m3]	Q_a [Mj]
Enero	31	50,81	2.126,97
Febrero	28	41,45	1.735,14
Marzo	31	46,09	1.929,17
Abril	30	41,66	1.743,70
Mayo	31	39,94	1.671,77
Junio	30	43,41	1.817,12
Julio	31	39,23	1.641,97
Agosto	31	39,35	1.647,38
Septiembre	30	41,47	1.735,84
Octubre	31	45,63	1.910,21
Noviembre	30	48,73	2.040,00
Diciembre	31	49,45	2.070,07

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.74: Contribución de la energía solar en cada mes del año.

Meses	Caudal Consumo mensual	Salto térmico [°C]	Necesidad energía al mes [Mj]	Necesidad al mes [Mj]
Enero	50,81	10	673,20	2.126,97
Febrero	41,45	10	608,05	1.735,14
Marzo	46,09	10	673,20	1.929,17
Abril	41,66	10	651,49	1.743,70
Mayo	39,94	10	673,20	1.671,77
Junio	43,41	10	673,20	1.817,12
Julio	39,23	10	651,49	1.641,97
Agosto	39,35	10	673,20	1.647,38
Septiembre	41,47	10	651,49	1.735,84
Octubre	45,63	10	673,20	1.910,21
Noviembre	48,73	10	651,49	2.040,00
Diciembre	49,45	10	673,20	2.070,07

Fuente: Elaboración propia.

La suma de las necesidades energéticas mensuales constituirá las necesidades energéticas anuales, totalizando 22.069 MJ. Dado que ya hemos calculado el rendimiento del colector solar y lo utilizaremos según lo previsto. Como se mencionó anteriormente, la contribución solar será del 75 %, de acuerdo con la norma CTE.

$$Q = 22.069 * 0,75 = 16.551,75 \text{ Mj}$$

$$Q = 1.6551,75 \text{ [Mj]}$$

- **Disponibilidad energética mensual**

Como se ha analizado previamente la disponibilidad energética mensual y se mantendrá constante el uso del mismo colector solar.

Tabla 4.75: Energía disponible en cada mes del año.

Meses	Días	Energía disponible por día	Energía disponible al mes [MJ/m ²]
Enero	31	10,49	325,15
Febrero	28	12,24	324,62
Marzo	31	10,71	332,15
Abril	30	9,00	270,10
Mayo	31	7,89	247,25
Junio	30	7,36	220,89
Julio	31	9,30	254,28
Agosto	31	9,28	287,70
Septiembre	30	12,31	369,44
Octubre	31	11,96	370,74
Noviembre	30	12,94	388,10
Diciembre	31	10,95	339,54

Fuente: Elaboración propia.

La energía anual disponible proporcionada por la instalación es el resultado de la suma de los valores mensuales a lo largo del año, alcanzando un total de 3,747.96 MJ/m²

Por lo tanto:

$$m^2 \text{ de superficie colectora} = \frac{0,75 \times 22069}{3747,96} = 4,41 [m^2]$$

4.9.2. Número de colectores para suelo radiante

Para determinar la cantidad total de colectores que se deben instalar, es necesario realizar una división entre la superficie requerida que es de colectores en metros cuadrados 26,48 m² y la superficie de abertura de un solo colector seleccionado al azar 2,33m².

EL colector a utilizar es el mismo que para agua caliente sanitaria el área es 2

$$N^{\circ} \text{ de colectores} = \frac{4,41}{2,33} = 2,2 \approx 3$$

$$N^{\circ} \text{ de colectores} = 3$$

4.9.3. Cálculo del volumen de acumulación para suelo radiante

En el punto 3.3.3.1 de la Sección HE 4 del Documento Básico HE del CTE, se establece que, para la implementación de agua caliente, el área total de los colectores debe ser determinada de manera que se satisfaga la siguiente condición

$$50 < V/A < 180 \quad (56)$$

Donde:

V =volumen del depósito de acumulación en litros

A =es la suma de las áreas de los colectores en metros cuadrados 36,17 m

El valor recomendado para el volumen de acumulación solar será aproximadamente igual a la carga de consumo diaria.

$$50 < \frac{2000}{16 \times 2,33} < 180$$

$$50 < 53,65 < 180$$

Vemos que cumple para 2 acumuladores de 1000 L cada uno.

4.9.4. Cálculo de la distancia entre colectores

Para el cálculo de la distancia entre colectores

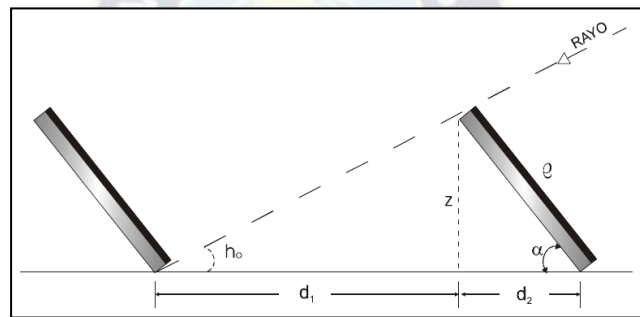


Figura 4.22: Variación de la distancia entre colectores.

Fuente: Elaboración propia.

$$d = I \left(\frac{\text{sen}(\alpha)}{\text{tan}(h_o)} + \text{cosa} \right) \quad (57)$$

Donde:

I =longitud del colector [m].

α = Ángulo de inclinación de los colectores, 40°

h_o = latitud de La Paz (90°-lati)

$$d = I \left(\frac{\text{sen}(\alpha)}{\text{tan}(90 - \text{latitud lugar} - 23,5^\circ)} + \text{cosa} \right)$$

$$d = 9 * \left(\frac{\text{sen}(40)}{\text{tan}(90 - (16^\circ) - 23,5^\circ)} + \cos(40) \right)$$

$$d = 3,08 [m]$$

4.10. Cálculo de aislamiento

Como ya se a calculado el aislamiento anterior mente se usa el mismo para este caso

Tabla 4.76: Especificación de aislamiento.

Especificaciones técnicas del tubo en acero inox AISI 316L			
Tipo [DN]	Espesor [mm]	Diámetro externo [mm]	Tolerancia [mm]
16	0,18	21,6	0,2
20	0,18	26,6	0,25
25	0,20	32,2	0,30

Fuente: Catalogo Domoticus.

Cabe destacar que se ha optado por un espesor de aislamiento de 25 mm para las tuberías interiores, mientras que para las tuberías exteriores se ha elegido un aislamiento de 32,2 mm. Estas elecciones garantizan el cumplimiento de los espesores mínimos exigidos por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

4.11. Cálculo de la bomba de circulación

Para lograr un dimensionado adecuado de la bomba de circulación, es necesario conocer los siguientes datos:

- EL caudal de fluido que debe circular por instalación
- Las pérdidas de carga total de la instalación que la bomba tiene que vencer

El caudal del fluido caloportador del circuito primario es un dato que ya hemos calculado con anterioridad y es 0,1864 m³/h

En cuanto a las pérdidas de carga de este circuito, deberemos calcular:

- Pérdidas de carga en la red de tubería
- Pérdidas de carga locales en accesorios
- Pérdidas de carga locales en colectores
- Pérdidas de carga en el intercambiador

Las pérdidas de carga en la red de tuberías el cálculo se realiza multiplicando la pérdida de carga unitaria por metro, que previamente hemos establecido en 20 mmca por metro, por la longitud total de la tubería.

Las pérdidas de carga en la red de tuberías se determinan al multiplicar la pérdida de carga unitaria por metro, establecida en 20 mmca por metro. Este valor se multiplica

por la longitud total de la tubería. El cálculo se realiza para una batería específica, ya que si la bomba seleccionada es capaz de superar las pérdidas de carga para esta batería, también lo será para las demás baterías de la instalación. Esto se debe a que la longitud del recorrido de ida y vuelta para el fluido es constante en todas, dado que se trata de un circuito hidráulicamente equilibrado. En el caso de que el sistema no esté equilibrado, se elegirá la batería más distante para realizar el cálculo.


2 captadores		3 captadores		4 captadores		5 captadores		6 captadores		7 captadores		8 captadores		
l/h·m ²	mmca	l/h·m ²	mmca	l/h·m ²	mmca	l/h·m ²	mmca	l/h·m ²	mmca	l/h·m ²	mmca	l/h·m ²	mmca	
40	39,41	40	104,19	40	219,51	40	400,73	40	663,23	40	1022,37	40	1493,53	
45	45,96	43	117,86	43	242,86	42	436,32	42	713,62	41	1090,13			
50	53,15	47	132,49	45	267,48	44	473,51	43	765,93	43	1160,12			
55	60,99	50	148,08	48	293,39	46	512,30	45	820,17	44	1232,36			
60	69,46	53	164,63	50	320,58	48	552,69	47	876,32	46	1306,84			
		57	182,14	53	349,06	50	594,68	48	934,39	47	1383,55			
		60	200,61	55	378,81	52	638,28	50	994,39	49	1462,51			
				58	409,84	54	683,47	52	1056,31					
				60	442,15	56	730,27	53	1120,14					
						58	778,66	55	1185,90					
						60	828,66	57	1253,58					
								58	1323,18					
								60	1394,71					

Figura 4.23: Pérdida de carga por colectores.
Fuente. Catalogo Domoticus.



4.11.1. Especificación de Componentes


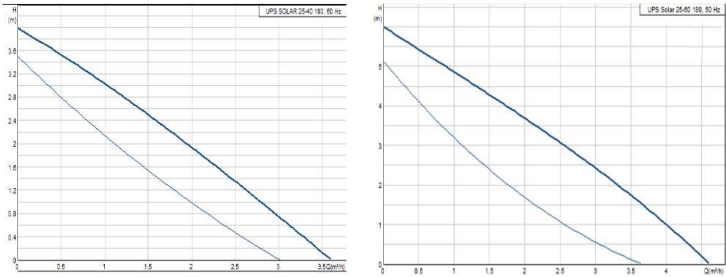
Tabla 4.77: Especificación Colector plano.

Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Colector Solar	Marca: Viessmann
		Modelo: Vitosol 200F
Función: Su función principal es aprovechar la energía solar como fuente de energía renovable y sostenible.		
Datos técnicos		<p>Imagen del componente</p> 
Superficie de absorción	2,324 m ²	
Superficie apertura	2,327 m ²	
Peso	52 kg	
Anchura	2380 mm	
Altura	2380 mm	
Profundidad Volumen de fluido	90 mm 1,83 L	
Material de construcción: absorbedor con recubrimiento altamente selectivo, que garantiza una elevada absorción de la radiación solar y una reducida emisión de radiación térmica.		

Fuente: Elaboración propia,


Tabla 4.78: Especificación de la bomba.

Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Bomba de circulación	Marca: Grundfos
		Modelo. UP20-30N
Función: La bomba de circulación tiene la función de impulsar el fluido calentado por el colector solar a través del sistema de tuberías, asegurando una circulación constante y eficiente del calor		

	<p>Imagen del componente</p> 
<p>Diagrama característico</p> 	
<p>Material de construcción: Eje y cojinetes radiales de cerámica. - Cojinete axial de carbono. - Camisa del rotor y placa soporte de acero inoxidable. - Impulsor resistente a la corrosión, Composite, PES/PP. - Cuerpo de bomba de Acero inoxidable. - El motor es un motor 1-fásico.</p>	


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.79: Especificaciones del vaso de expansión.

<p>Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta</p>	<p>Nombre: Vaso de expansión</p>	<p>Marca:Grundfos</p>
		<p>Modelo.</p>
<p>Función: Los vasos de expansión son dispositivos diseñados para dar cabida al aumento en el volumen de agua debido al aumento de su temperatura, tanto en sistemas de calefacción como en sistemas de producción de agua caliente doméstica. También se utilizan como pozos hidroneumáticos en sistemas de distribución de agua doméstica</p>		
<p>Datos técnicos: -vaso de expansión soldado, para instalaciones de calefacción. -Membrana tipo diafragma. -Presión máxima de servicio: 6 bar -Campo de temperatura -10 120°C -Porcentaje de máximo de glicol 50%</p>	<p>Imagen del componente</p> 	
<p>Material de construcción: Membrana elaborada con caucho sintético y carcasa de hacer</p>		


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.80: Especificación del manómetro.

Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Manómetro	Marca:Grundfos
		Modelo.
Función: La función principal de un manómetro es medir y mostrar la presión de un fluido en un sistema.		
Datos técnicos Manómetro de aguja de conexión radial. - Campo de medida: 0-400 kPa - Precisión: $\pm 2,5\%$ - Conexión: 1/2"l - Presión estática de servicio: 10-75% fondo escala - Presión dinámica de servicio: 10-66% fondo escala - Presión máxima: 75-100% fondo escala - Temperatura ambiente de trabajo: -20– 60°C - Temperatura del fluido de trabajo: -2 – 60°C - Sobrepresión máxima: 125% fondo escala	Imagen del componente	
		
Material de construcción: Carcasa fabricada en acero negro, esfera de aluminio blanco, aguja de aluminio en color negro, visor de policarbonato, componentes de medición de aleación de cobre y perno de conexión también de aleación de cobre		


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.81: Especificaciones de los purgadores automáticos.

Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: purgadore automáticos	Marca: Caleffi
		Modelo.
Función: Las válvulas automáticas de purga de aire eliminan, sin necesidad de intervención manual, el aire que se acumula en el interior de los sistemas de climatización.		
Datos técnicos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Válvula automática de purga de aire. ▪ En latón estampado. ▪ Presión máxima de servicio: 10 bar. ▪ Presión máxima de descarga: 2,5 bar. ▪ Temperatura máxima de servicio: 120 °C. 	Imagen del componente	
		
Material de construcción: generalmente está construido con materiales que son resistentes a las altas temperaturas y a la corrosión. Algunos de los materiales comunes incluyen acero inoxidable, bronce y acero al carbono.		


Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.82: Especificación válvula de bola.

Proyecto: Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Válvula de bola	Marca: Calefi
		Tamaño. ¾’’ 1’’ 1-1/4’’
Función: La válvula de esfera serie 240 se utiliza para cortar el fluido caloportador contenido en las instalaciones solares.		
Datos técnicos: -Cuerpo y esfera en acero inox AISI 316. -PN 63. -Conexiones hembra – hembra. -Palanca en acero inox AISI 304. -Campo de temperatura: -30–200 °C. -Porcentaje máximo de glicol: 50 %.	Imagen del componente	
		
Material de construcción: cuerpo de latón estampado OT-58 cromado, bola de latón cromado pulido, anillos de cierre de teflón (PTFE), eje de latón estampado y palanca de acero cincado y pintado.		


Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.83: Especificación de válvula de retención.

Proyecto: Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Válvula de retención	Marca: fiv
		Tamaño. ¾’’ 1’’ 1-1/4’’
Función: Válvula de retención, hembra-hembra, tratada al chorro de arena. Estas válvulas son aptas para plantas de distribución sanitaria de agua fría y caliente		
Datos técnicos: -Sentido del flujo: En el sentido de la flecha. -Max. temperatura de funcionamiento: 90 ° C, uso continuo. Pico 110 ° C. -Max. presión de funcionamiento: 15 bar para Eura, 10 bar para Eura Export. Se puede instalar en cualquier posición: horizontal, vertical o diagonal.	Imagen del componente	
		
Material de construcción: Cuerpo de latón estampado, embolo de nylon, asiento NBR (nitrilo), muelle acero inoxidable.		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.84: Especificación del tubo aislante.

Proyecto: Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Tubo aislante	Marca: SERIE EUROBATEX
		Tamaño.
Función: Tubo aislante producidos en caucho elastomérico extrusionado y expandido (FEF) sin la utilización de CFC y HCFC, de acuerdo a los parámetros previstos en la Norma Europea EN 14304.		
<p>Datos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Temperatura de utilización: -45°C a 110 °C - Absorción de agua <1 kg/m² - Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua >7000 -Resistencia al ozono Excelente - Coeficiente conductividad térmica: a 0°C: 0,035 W/(m*K) a + 10°C: 0,035 W/(m*K) a + 20°C: 0,036 W/(m*K) a + 30°C: 0,037 W/(m*K) a + 40°C: 0,039 W/(m*K) - Color: blanco - Olor: neutro - Resistencia a los microorganismos: muy buena - Resistencia a UV y a la intemperie: excelente - Reacción al fuego: Clase 1, M1 	<p>Imagen del componente</p> 	
Material de construcción: Espuma elastómera, basada en caucho sintético, con recubrimiento de lámina de aluminio. Con protección TRIPLEX (Aluminio con una).		

Fuente: Elaboración propia.


Tabla 4.85: Especificaciones válvula de

Proyecto: Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Válvula de retención	Marca:
		Tamaño.
Función: La válvula de retención permite el flujo en una dirección y bloquea el retroceso en la dirección opuesta.		
<p>Datos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sentido del flujo: En el sentido de la flecha. -Max. temperatura de funcionamiento: 90 ° C, uso continuo. Pico 110 ° C. -Max. presión de funcionamiento: 15 bar para Eura, 10 bar para Eura Export. 	<p>Imagen del componente</p>	

	
<p>Material de construcción: Cuerpo de latón estampado, embolo de nylon, asiento NBR (nitrilo), muelle acero inoxidable.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.86: Especificación del colector de suelo radiante.

<p>Proyecto: Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta</p>	<p>Nombre: Colector de suelo radiante</p>	<p>Marca:</p> <hr/> <p>Tamaño.</p>
<p>Función: El agua caliente generada se distribuye eficientemente hacia los diversos espacios a calefactar mediante una red de tuberías conectadas al generador de calor</p>		
<p>Datos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones de conexión: hembra - G1 - Máx. temperatura de operación: 60°C - Máx. presión de operación: 6 bar - Máx. presión de prueba (máx. 24 h. = 30°C): 10 bar - Máximo caudal del colector: 3,5 m³/h - Tamaños disponibles: 2 - 12 circuitos 	<p>Imagen del componente</p> 	

Material de construcción: Poliamida

Fuente: Elaboración propia.


Tabla 4.87: Especificación válvula de retención.

Proyecto:	Nombre: Termostato	Marca: BLIS FIWI
		Tamaño.
<p>Función: Crono termostato digital wi-fi tipo 1C.91, equipado con programación manual o guiada en la aplicación y gestión remota a través de la aplicación. Presencia de teclas táctiles capacitivas y función verano / invierno. Color blanco.</p>		
<p>Datos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Gestión remota a través de la aplicación (Android o iOS) -Programación manual o guiada en la aplicación. -Diseño esencial -Teclas táctiles capacitivas 4 pilas AA de 1,5 V -Función verano / invierno -Función de bloqueo de crono termostato con pin a través de la aplicación -Regulación 5 ... 37 ° C -Capacidad de contacto 5 A 250 V AC 	<p>Imagen del componente</p> 	
Proyecto: Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Válvula de retención	Marca:
		Tamaño.
<p>Función: La válvula de retención permite el flujo en una dirección y bloquea el retroceso en la dirección opuesta.</p>		
<p>Datos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sentido del flujo: En el sentido de la flecha. -Max. temperatura de funcionamiento: 90 ° C, uso continuo. Pico 110 ° C. -Max. presión de funcionamiento: 15 bar para Eura, 10 bar para Eura Export. 	<p>Imagen del componente</p>	

	
<p>Material de construcción: Cuerpo de latón estampado, embolo de nylon, asiento NBR (nitrilo), muelle acero inoxidable.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.88: Especificación de caja de colectores.

Proyecto: Diseño de una instalación solar térmica para el suministro de agua caliente sanitaria y calefacción por suelo radiante para una vivienda unifamiliar en Llojeta	Nombre: Caja para colectores	Marca: PLASTIBOX															
		Tamaño.															
Función: Sustentar los colectores y ocultarlos de manera que sean registrables en un entorno visual agradable																	
Datos técnicos <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>A mm</th> <th>B mm</th> <th>C mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9707P533</td> <td>310</td> <td>310</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>9707P548</td> <td>460</td> <td>310</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>9707P563</td> <td>610</td> <td>310</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>	Código	A mm	B mm	C mm	9707P533	310	310	90	9707P548	460	310	90	9707P563	610	310	90	Imagen del componente 
Código	A mm	B mm	C mm														
9707P533	310	310	90														
9707P548	460	310	90														
9707P563	610	310	90														

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

MONTAJE

5.1. CONDICIONES DE MONTAJE

Antes de iniciar el proceso de montaje del sistema de suelo radiante, resulta crucial asegurarse de atender los siguientes aspectos para garantizar un procedimiento sin contratiempos:

1. **Finalización de cerramientos y tabiquería:** Es imperativo que todas las paredes y divisiones internas estén completamente terminadas antes de comenzar la instalación del suelo radiante. Esto establecerá una base sólida y permitirá una instalación eficiente del sistema.
2. **Conducciones o instalaciones terminadas:** Verifique minuciosamente que todas las tuberías y otras instalaciones que atraviesen el suelo estén completamente finalizadas antes de avanzar con el montaje del suelo radiante. Esto evitará interferencias y garantizará una instalación segura.
3. **Superficies Limpias y sin residuos:** Antes de proceder con la instalación del sistema de suelo radiante, asegúrese de que la superficie esté completamente limpia y libre de escombros o cualquier otro residuo que pueda obstaculizar una instalación adecuada.
4. **Superficie nivelada:** Es de suma importancia que la superficie o forjado sobre la cual se instalará el sistema de suelo radiante esté perfectamente nivelada. Esto permitirá una distribución uniforme del calor y un funcionamiento óptimo del sistema.
5. **Mínima presencia de otros oficios:** Para evitar posibles daños o inconvenientes durante la instalación del suelo radiante, es recomendable que los trabajos de otros oficios estén mínimamente presentes en el área. Esto garantizará un ambiente propicio para el montaje.

Estos puntos revisten una importancia primordial, ya que aseguran la efectividad del proceso de montaje y minimizan la posibilidad de problemas o retrasos durante la instalación del sistema de suelo radiante.

5.1.1. Instalación de la hoja de polietileno

En la fase inicial, se realiza la instalación meticulosa de una lámina de polietileno sobre la superficie del suelo. Esta lámina cumple la función de actuar como barrera impermeable, y además se extiende verticalmente en torno a 10 cm a lo largo de las paredes. En las zonas de conexión, se asegura una superposición de al menos 10 cm, lo cual garantiza una protección eficaz contra la humedad



Figura 5.1: Proceso de Instalación de la Lámina de Polietileno y Superposición en las Áreas de Unión.

Fuente: Alacarcia, J. (2017). Guía de suelo radiante.

5.1.2. Montaje Banda Perimetral

El zócalo perimetral en una instalación de suelo radiante desempeña un papel fundamental al ser una banda de espuma de polietileno diseñada para absorber las expansiones y contracciones resultantes, al mismo tiempo que actúa como aislante lateral dentro del sistema de calefacción.

Ubicado en la base de las paredes de las áreas calefactadas, el zócalo perimetral cumple la función crucial de evitar el contacto directo del mortero de cemento. Este zócalo se ve reforzado por una lámina que se adhiere a la espuma de polietileno, apoyándose sobre los paneles aislantes.

No obstante, en instalaciones de mayor envergadura, como polideportivos o iglesias, el zócalo perimetral podría resultar insuficiente para absorber las fuerzas expansivas del suelo. En tales casos, es recomendable incorporar juntas de dilatación con separaciones específicas en el diseño del suelo. Es imperativo evitar que las tuberías atraviesen estas juntas; en caso de ser necesario, se deben revestir adecuadamente para prevenir cualquier problemática.

Como medida adicional, implementaremos una cinta perimetral en forma de rodapié en la base de todas las paredes verticales. Esta cinta desempeñará un papel crucial al prevenir posibles tensiones ocasionadas por la dilatación y contracción del suelo en contacto directo con las paredes

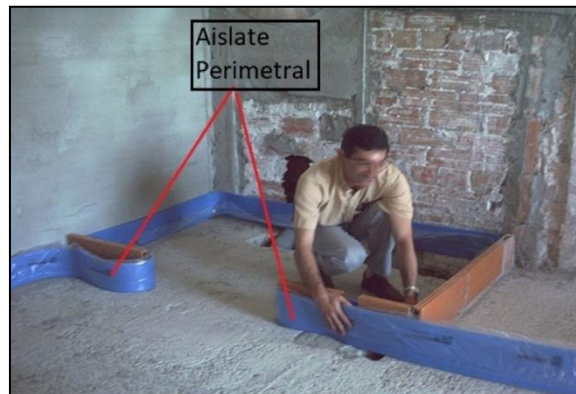


Figura 5.2: Instalación de la banda perimetral en sistema de suelo radiante.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3. Instalación de los elementos base de calefacción

Iniciamos la fase de instalación colocando una capa de aislamiento térmico elaborada con poliestireno expandido, comúnmente conocido como porexpan, sobre la superficie previamente preparada. Este material destaca por su capacidad excepcional de aislamiento, desempeñando un papel esencial en la retención eficaz del calor. En la parte superior de esta capa de aislamiento, aseguramos el tubo de calefacción mediante el empleo de tetones. Los tetones, elementos de fijación especialmente diseñados, garantizan la correcta posición del tubo y su estrecho contacto con el aislamiento. Este nivel de precisión en la disposición asegura una distribución homogénea del calor a lo largo de toda la extensión de la superficie del suelo.

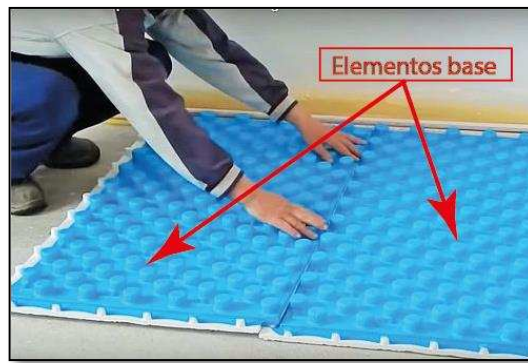


Figura 5.3: Esquema de Instalación: Capa de Aislamiento y Fijación de Tubos de Calefacción.
Fuente: Aislamiento-suelo-radiante-tetones.jpg (500×333). (n.d.).

5.1.4. Instalación de colectores

Los colectores distribuidores, componentes clave del sistema de suelo radiante, son instalados en cajas o armarios empotrados en la pared. Para asegurar una purga de aire efectiva en los circuitos, se requiere que los colectores estén posicionados a un nivel superior en relación con los circuitos que suministran. Se recomienda ubicarlos en el corazón mismo del área a ser calefactada, esto no solo reduce la longitud de las tuberías desde el colector hasta el espacio a calentar, sino que también facilita la instalación y la obtención de un equilibrio hidráulico eficiente.

Las cajas que alojan los colectores son empotradas dentro de tabiques o paredes accesibles, típicamente en lugares discretos como fondos de armarios o baños, manteniendo la estética integral del entorno habitable. Es esencial que el grosor del tabique o muro sea de al menos 15 cm para garantizar un soporte adecuado y seguro



Figura 5.4: Ubicación Óptima de Colectores en Instalaciones de Suelo Radiante.
Fuente: Colectores-suelo-radiante.jpg (638×423). (n.d.).

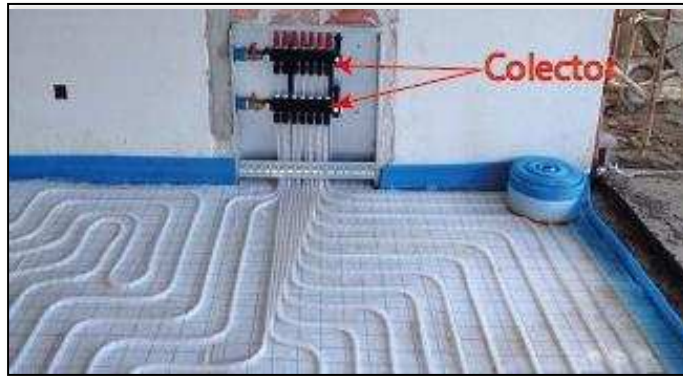


Figura 5.5: Distribución de Colectores en Paredes para Eficiencia en Calefacción por Suelo Radiante.
Fuente: Alonso, J. a. R. (2021). Climatización eficiente en tu vivienda: suelo radiante-refrescante Arrevol. Arrevol.

La siguiente etapa implica la implementación de los circuitos desde los colectores, para lo cual se utilizan tuberías de plástico que cuentan con una barrera de difusión de oxígeno. Estas tuberías, confeccionadas mayormente de polietileno o poliutileno, han sido específicamente diseñadas para su integración en sistemas de calefacción de esta naturaleza. Estos materiales aseguran una conducción óptima del fluido calefactor mientras evitan la infiltración de oxígeno, lo que contribuye a la eficiencia y durabilidad del sistema en su conjunto.



Figura 5.6: Materiales Especiales para Conducción Eficiente en Sistemas de Calefacción por Suelo Radiante.
Fuente: Alonso, J. a. R. (2021). Climatización eficiente en tu vivienda: suelo radiante-refrescante Arrevol. Arrevol.



Figura 5.7: Materiales Especiales para Conducción Eficiente en Sistemas de Calefacción por Suelo Radiante.

Fuente: Alonso, J. a. R. (2021). Climatización eficiente en tu vivienda: suelo radiante-refrescante — Arrevol. Arrevol.

5.1.5. Llenado de la instalación y prueba de estanqueidad

En el proceso de llenado de agua, se emplean las llaves de llenado/vaciado incorporadas en los colectores. El llenado se realiza de manera secuencial en cada circuito, abriendo únicamente la llave manual del circuito seleccionado y cerrando las demás llaves, así como las llaves de corte del colector correspondiente. Siguiendo este procedimiento para cada circuito, se garantiza la eliminación de cualquier acumulación de aire en el sistema durante la puesta en marcha. Para comprobar la estanqueidad, tal como lo establece el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) en su ITE 06.4.1, se efectúa una prueba bajo la presión especificada en la normativa (equivalente a 1,5 veces la presión de trabajo con un mínimo de 6 bar).

No se recomienda el empleo de sistemas de llenado automático conectados directamente a la red de suministro de agua, dado que esta práctica conlleva una entrada continua de oxígeno disuelto en el agua. Tal situación podría resultar en una excesiva oxigenación del agua en la instalación y, como consecuencia, reducir su vida útil.

5.1.6. Aplicación del mortero de cemento

Una vez que los circuitos estén instalados, el siguiente paso consiste en verter el mortero de cemento sobre la superficie destinada a ser calefactada³⁸. Se recomienda lograr un espesor de 5 cm desde la parte superior de las tuberías. Optar por un espesor

³⁸ Proceso de aumentar la temperatura de un espacio o medio mediante el uso de una fuente de calor, con el propósito de brindar confort térmico y prevenir la sensación de frío. Se logra mediante sistemas como radiadores, estufas y calderas.

mayor incrementará la inercia térmica del sistema, mientras que un espesor menor disminuirá la resistencia de la capa de mortero de cemento frente a esfuerzos cortantes.

Dentro de la mezcla de mortero de cemento, compuesta por cemento, arena y agua, es fundamental incorporar el aditivo para mortero al agua de amasado. Este aditivo líquido cumple la función de garantizar un óptimo contacto entre el mortero y las tuberías emisoras una vez que la loseta de mortero de cemento se haya secado. Su propósito radica en evitar la formación de bolsas de aire, las cuales podrían aumentar la resistencia térmica del sistema y dificultar la adecuada transmisión de calor

siguiente:

- 50 Kg. de cemento (A elección).
- 220 Kg. de arena.
- 16 litros de agua de amasado (aprox.).
- 0,3 Kg. de aditivo.



Figura 5.8: Proceso de Aplicación de Mortero para Calefacción: Logrando una Capa Óptima.
Fuente: Suelo-radiante.jpg (450×271). (n.d.). <https://nergiza.com/wp-content/uploads/suelo-radiante.jpg>

5.1.7. Montantes y tubería de distribución

Los elementos necesarios para llevar a cabo la instalación de montantes y tuberías de distribución UPONOR wirsbo-evalPEX son componentes como codos, tes y racores que se utilizan para conectar los colectores (de 1 pulgada), la caldera y el grupo de impulsión. Estos accesorios son específicos de cada sistema, diseñados para dimensiones de hasta 63, y grandes dimensiones bronce, que se utilizan para accesorios de dimensiones desde 75 hasta 110, ambos inclusive.

5.1.8. Regulación de temperatura ambiente

El proceso de instalación comienza al seleccionar la tensión de alimentación (ya sea 220 V o 24 V) para los termostatos y los cabezales electrotérmicos. A continuación, los cabezales electrotérmicos se enroscan en los actuadores de las llaves manuales de los colectores de retorno. La cantidad de cabezales se determina de acuerdo al número de circuitos en la instalación y se ajusta conforme al voltaje previamente elegido.



Figura 5.9: Termostato para el colector de retorno.

Fuente: be_prod_thermostat_small_t700.jpg (600×400). (n.d.).

https://www.johnsoncontrols.com/es_mx/-/media/jci/be/united-states/hvac-controls/thermostats/images/be_prod_thermostat_small_t700.jpg?h=400&w=600&la=es&hash=314FE7FC6DAF2D518C9EC793B6C7F08F5BA90C10

Luego, se procede a instalar los termostatos, colocando uno en cada zona donde se desea controlar la temperatura de forma independiente. Estos termostatos se ubican a una altura de 1,5 metros y se alejan de puertas, escaleras y fuentes de calor o frío. Es importante seleccionar termostatos con el mismo voltaje que los cabezales electrotérmicos.

Dependiendo del tipo de regulación elegido, los termostatos se instalarán dentro de cada caja de colectores

- Módulo de regulación con alimentación a 220 V y salida al voltaje seleccionado.
- Caja de conexiones con alimentación a 220 V y salida al voltaje seleccionado.

5.2. PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN

5.2.1. Equilibrado de los circuitos

Basándose en los cálculos técnicos de caudal y pérdida de carga en cada circuito, se llevará a cabo el proceso de equilibrado de todos los circuitos de la instalación.

- Equilibrado de la válvula reguladora del grupo de impulsión
- Puesta en marcha del generador de calor y la bomba de impulsión
- Chequeo de la instalación

Se realizarán una serie de comprobaciones para asegurar la puesta en marcha correcta de la instalación.

- ✓ Agua circulante son bolsas de aire

Si se detecta un circuito con retorno de agua fría y problemas para alcanzar la temperatura deseada en el área calefactada, así como ruidos de circulación de agua, es probable que haya bolsas de aire obstruyendo el flujo del agua. Para solucionarlo, se recomienda cerrar las llaves de los demás circuitos y activar la bomba a máxima velocidad durante una hora para expulsar las bolsas de aire a través de los purgadores automáticos.

- ✓ Salto térmico ida/retorno en el colector

Por otro lado, si el salto térmico es menor, significa que la velocidad de la bomba es excesiva. Para corregirlo, se puede disminuir la velocidad de la bomba optando por una velocidad más baja, sustituyéndola por una de menor potencia o instalando una válvula adicional en la tubería de retorno para aumentar la pérdida de carga del sistema.

- ✓ Temperatura de retorno idéntica en todos los circuitos de un mismo colector

Si se observa una temperatura de retorno diferente en un circuito en comparación con los demás, es indicativo de un desequilibrio en ese circuito. Para solucionarlo, se debe reajustar el equilibrio de los circuitos. Si persiste la diferencia, se pueden realizar ajustes parciales en los dettores de los circuitos con temperatura de retorno anormalmente baja o alta. Este proceso debe repetirse hasta lograr una temperatura de retorno uniforme en todos los circuitos

✓ Temperatura de confort en todos los recintos

Después del período de calentamiento, se espera que todos los espacios alcancen la temperatura de confort programada. Si alguno no alcanza dicha temperatura a pesar de verificar otros aspectos, es necesario revisar la ubicación del termostato. Se debe comprobar si está cerca de superficies frías que puedan afectar su lectura o, por el contrario, cerca de fuentes de calor que puedan influir en su medición. Ajustar la posición del termostato puede solucionar el problema.

5.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El mantenimiento de una instalación solar térmica varía según las particularidades de sus componentes y equipos, así como la climatología de su ubicación, incluyendo factores como la humedad y la contaminación. Además, las características del agua que circula por el sistema también influyen en el mantenimiento necesario.

En este tipo de instalación, resulta esencial llevar a cabo actividades de monitoreo, mantenimiento preventivo y correctivo con el propósito de

- Mantener su seguridad
- Conseguir la máxima eficiencia de sus equipos
- Prolongar la duración de las mismas

A continuación, se presentan en la siguiente tabla las características generales de los diversos tipos de mantenimiento,

Tabla 5.1: Tipos de mantenimiento a realizar.

Mantenimiento	Actualizaciones	Personal	Frecuencia
Vigilancia	Monitoreo de los valores adecuados de funcionamiento	Usua	Una vez al mes
Preventivo	Observación visual Comprobación Garantizar Operación/funcionamiento	Personal técnico especializado	Cada seis meses
Correctivo	Rectificar fallos resultantes de anomalías	Pernal técnico especializado	Cuando el sistema falle

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1. Vigilancia

La etapa final del proceso involucra la verificación exhaustiva del funcionamiento correcto de la instalación a través de la observación de diversos parámetros operativos. Se dará una atención especial a la detección de ruidos inusuales en las bombas, la confirmación de que las bombas operan conforme al control establecido, así como la medición de la temperatura del Inter acumulador³⁹ y del campo de colectores

5.3.2. Mantenimiento preventivo

La esencia de la estrategia de mantenimiento preventivo radica en evitar la ocurrencia de averías imprevistas. Este enfoque se logra al planificar las tareas de mantenimiento basándose en la información proporcionada por el fabricante del equipo, así como en el análisis del historial y las estadísticas de las averías de las máquinas. El objetivo es anticipar posibles problemas y tomar medidas preventivas para asegurar un funcionamiento óptimo del equipo.

Durante el período de garantía de la instalación, la empresa encargada de la instalación será responsable de llevar a cabo las actividades de mantenimiento preventivo, sin generar costos adicionales para el usuario.

Los trabajos necesarios en una instalación de energía solar deben realizarse exclusivamente en:

- ✓ Horas tempranas de la mañana.
- ✓ Ultimas horas de la tarde.
- ✓ Cuando el cielo esté cubierto.
- ✓ Tapando los captadores.

Según la normativa RITE-ITE 08, en casos de reemplazo de equipos, piezas o materiales en una instalación, la empresa de mantenimiento asume la responsabilidad de garantizar que los nuevos elementos instalados cumplan con los estándares de calidad, homologación y estén aprobados o registrados conforme a la normativa vigente.

39

5.3.3. Mantenimiento correctivo

La diferencia fundamental entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo radica en que, en el caso del mantenimiento correctivo, el problema debe existir para que se lleve a cabo la acción correctiva, aunque sin llegar a implicar la salida de operación de la máquina afectada en casos de gravedad.

Por lo general, el usuario suele detectar la falla durante las actividades de monitoreo. Por lo general, esta falla se detecta cuando la avería ya está en una etapa avanzada y el nivel de deterioro puede ser significativo.

Existen dos categorías de irregularidades en las instalaciones: aquellas que causan la interrupción total del funcionamiento del sistema y aquellas que reducen significativamente su rendimiento. Si estas anomalías no se detectan y se corrigen, pueden eventualmente llegar a dejar la instalación inutilizable. Las primeras se conocen como averías, mientras que las segundas se denominan degradaciones.

Averías

Síntomas

- ✓ El sistema auxiliar opera durante períodos prolongados en días soleados.
- ✓ La instalación produce un alto nivel de ruido, o se escucha algún ruido inusual.
- ✓ La instalación no proporciona calor en un día soleado.
- ✓ El rendimiento del sistema es muy bajo
- ✓ El sistema de energía auxiliar no arranca
- ✓ Los manómetros fluctúan⁴⁰.

Posibles anomalías

- ✓ El quemador del sistema auxiliar está averiado
- ✓ El termostato no funciona
- ✓ La cubierta de los captadores está muy sucia

⁴⁰ Fluctuar significa cambiar o variar repetidamente sin una dirección clara.

- ✓ Rotura del cristal del captador
- ✓ Bolsas de aire
- ✓ Fallos en el sistema de control

Degradaciones

Síntomas:

- ✓ Alguno de los circuitos tiene una pequeña fuga.
- ✓ Condensaciones en el interior del captador.
- ✓ Disminución del rendimiento de la instalación.
- ✓ Deformación de las tuberías.
- ✓ Deformación de la caja del captador.

Posibles degradaciones:

- ✓ Pérdida de fluido y disminución del rendimiento.
- ✓ Mal estado del aislamiento.
- ✓ Suciedad excesiva del intercambiador.
- ✓ Tensiones térmicas, posibles dilataciones.

5.3.4. Mantenimiento de la instalación solar térmica

- **Puesta en marcha:** El proceso de puesta en marcha de la instalación solar es importante para asegurar un buen rendimiento y durabilidad. Se conectan todos los componentes y luego se llena la instalación con una mezcla de agua y propilenglicol en las proporciones adecuadas. Esto asegura un funcionamiento eficiente y aprovechamiento óptimo de la energía solar generada.
- **Mantenimiento:** Garantizar el correcto funcionamiento de las sondas de temperatura y los manómetros, y verificar la fiabilidad de las mediciones. Realizar simulaciones para comprobar la secuencia y el desempeño de los equipos. Los equipos clave para garantizar el buen funcionamiento de la instalación ante altas temperaturas son las válvulas de seguridad y el depósito de expansión. Es importante verificar su buen estado y funcionamiento,

incluyendo los niveles de presión en el circuito y la cámara de gas del depósito. También es necesario observar el estado de los colectores solares, buscando cambios, condensaciones, corrosión, deformaciones o fugas en las conexiones, y asegurando el buen estado de los tornillos y estructuras. Al manipular los tubos de unión de los colectores, se debe tener cuidado para evitar daños. Asimismo, se recomienda limpiar periódicamente los cristales de los colectores solares. El fluido caloportador, especialmente el anticongelante, cumple una doble función: evitar la congelación en bajas temperaturas y proteger los conductos en altas temperaturas. Es esencial mantener el anticongelante en buen estado, monitoreando su densidad y pH para asegurar su correcto funcionamiento.

5.3.5. Seguridad de la instalación

Es importante tener en cuenta los riesgos de trabajar con temperaturas elevadas, ya que puede ocasionar quemaduras. Se tomarán medidas de aislamiento térmico en la instalación para evitar el contacto con superficies calientes. En caso de no ser posible el aislamiento, se colocarán señales de advertencia para alertar sobre el riesgo. Al manipular elementos conectados a la red eléctrica, se cortará la alimentación y se tomarán precauciones para evitar conexiones accidentales. Además, se aislarán adecuadamente los componentes eléctricos que puedan representar un riesgo de contacto.

Durante la instalación y puesta en funcionamiento de equipos solares, personal cualificado tomará precauciones para minimizar los riesgos de peligro

A continuación, destacamos las características a tener en cuenta del fluido caloportante:

Propósito de uso del producto: Se utiliza como un fluido caloportador en sistemas de energía solar térmica.

Composición y detalles de los componentes: El producto contiene propilenglicol y sales inorgánicas con propiedades anticorrosivas.

Descripción del producto: Se trata de un líquido viscoso de color rosado intenso, que carece de olor excepto por un ligero aroma específico y ligeramente punzante

Procedimientos de primeros auxilios: En caso de contacto, enjuague la zona afectada con una gran cantidad de agua y cambie la ropa manchada o mojada. Si el producto se inhala, lleve a la persona afectada a un área al aire libre. Si hay contacto con la piel o los ojos, lave la zona afectada con abundante agua

5.3.6. Mantenimiento de la bomba de circulación

Puesta en marcha

Durante la puesta en marcha, se debe llenar y purgar correctamente la bomba, comprobar las condiciones de aspiración e impulsión, evitar el funcionamiento en seco para proteger el revestimiento metálico y verificar la dirección de rotación de la bomba.

Mantenimiento

El mantenimiento no es necesario para el cerramiento mecánico. Durante el período inicial de funcionamiento, es posible que haya una ligera filtración. Sin embargo, es importante supervisarlo periódicamente para asegurarse de que no haya ninguna fuga significativa.

En caso de que sea necesario reemplazar el cerramiento mecánico de la bomba, es fundamental desconectarla de la fuente de alimentación eléctrica y asegurarse de que nadie pueda volver a conectarla accidentalmente.

5.3.7. Mantenimiento del vaso de expansión

La función del vaso de expansión es mantener una presión más alta que la atmosférica en el punto más alto del circuito, evitando así la entrada de aire a través de juntas o uniones.

En una instalación con un vaso de expansión cerrado, se debe verificar, con la bomba detenida, que la presión mínima sea igual o mayor a la altura del punto más alto de la instalación más un margen de sobrepresión de aproximadamente 2 metros de columna de agua. Esto garantiza que ningún punto del circuito tenga una presión inferior a la atmosférica

Se debe verificar que, en el punto de máxima temperatura del agua, la presión máxima alcanzada sea menor que la presión máxima de funcionamiento del elemento o equipo

con la presión más baja en toda la instalación. Además, esta presión máxima debe ser inferior a la presión de ajuste de las válvulas de seguridad.

5.3.8. Mantenimiento de las válvulas

El mantenimiento de los distintos tipos de válvulas es simple y se basa en las siguientes operaciones principales.

- ✓ Lubricar la rosca del caracol.
- ✓ Cambiar la empaquetadura.
- ✓ Cambiar la junta del asiento.
- ✓ Esmerilar el obturador sobre el asiento.

5.4.FRECUENCIA MINIMA DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tabla 5.2: Frecuencia de mantenimiento preventivo.

	PERIODICIDAD MESES	OPERACIONES
Colectores	6	Inspección visual de diferencias sobre el original
Cubierta Transparente	6	Inspección visual de condensaciones y suciedad
Absorbedor	6	Inspección Visual de agrietamientos y deformaciones
Carcasa	6	Inspección Visual de deformación, oscilaciones y estado de los orificios de respiración
Conexiones	6	Inspección Visual de aparición de fugas
Estructura	6	Inspección Visual de degradación, indicio de corrosión y apriete de tornillos

Fuente: Elaboración propia.

CAPTADORES SOLARES

Tabla 5.3: Mantenimiento preventivo de colectores solares.

	Periodicidad meses	OPERACIONES
Depósito	24	Inspección Visual de presencia de lodos en el fon
Ánodos sacrificio	12	Inspección Visual de desgaste
Aislamiento	12	Inspección Visual de ausencia de humedad

Fuente: Elaboración propia

INTERCAMBIADOR

Tabla 5.4: Mantenimiento preventivo del intercambiador de calor.

	Periodicidad	Operaciones
Depósito	12	Control de función de la eficiencia y prestaciones
	60	Limpieza interior

Fuente: Elaboración propia.

Circuito hidráulico

Tabla 5.5: Mantenimiento preventivo del sistema hidráulico.

	Periodicidad	Operaciones
Fluido caloportador	12	Comprobación densidad
Aislamiento interior	6	Inspección visual de degradación, protección uniones y ausencia de humedad
Purgadores	6	Control de función y de operación y limpieza
Vaso de expansión	6	Comprobación de la presión
Válvulas de corte	12	Control de funcionamiento de apertura y cierre para evitar agarrotamiento
Válvulas de seguridad	12	Control de funcionamiento y de apertura y cierre
Bomba	12	Comprobación y estanqueidad

Fuente: Elaboración propia.

SISTEMA DE CONTROL

Tabla 5.6: Mantenimiento del sistema de control.

	Periodicidad	Operaciones
Control diferencial	12	Control de funcionamiento según el control diseñado para el sistema
Termostato	12	Comprobación, lecturas

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

COSTOS

Los costos del proyecto serán exhaustivamente analizados, incluyendo todos los elementos relacionados, como los costos de los materiales mecánicos-electrónicos, insumos, mano de obra y, finalmente, los impuestos que impactarán en el valor del costo final

6.1. IDENTIFICACIÓN DE COSTOS

El gasto completo para el proyecto teórico y la instalación subsiguiente de los sistemas necesarios, que también incorpora los impuestos mandatorios según la legislación boliviana: el 14,94 % de IVA y el 3 % de I.T., está detallado en la tabla 5.7. Es importante destacar que este presupuesto ha sido elaborado conforme al programa especializado en presupuestos PRESCOM, siguiendo rigurosamente su estructura y formato

Tabla 6.1: Presupuesto parcial del contrapiso de cemento de losa radiante.

CONTRAPISO DE CEMENTO SOBRE LOSA RADIANTE				
	Insumo/Parámetro		Unit (Bs)	Parcial
A	Materiales			18,53
B	Mano de obra			18,45
C	Beneficios sociales	55%	B*55%	10,15
D	Impuestos al valor agregado	5%	(A+A*C) *E	2,19
E	Beneficios sociales	55%		10,15
F	TOTAL, MATERIALES		A	18,53
G	TOTAL, MANO DE OBRA		A+C+E	32,87
H	TOTAL, HERRAMIENTA Y EQUIPO		C+D	4,18
I	PARCIAL ITEM		G+H+I	67,92
J	Imprevistos	5%	I	3,39
k	Gastos generales	6%	(F+G+H) *6%	3,22
	Utilidad	10%	(F+G+H+K) *10%	5,68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.2: Costo unitario, de contrapiso de cemento sobre losa radiante.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA					
Actividad: Contrapiso de cemento sobre losa radiante					
Unitario: M2					
Moneda: bolivianos					
1.-	MATERIALES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo total
	Cemento Viacha	Kg	11	0,94	10,34
	Arena	m ³	0,06	136,5	8,19
A	TOTAL, MATERIALES				18,53
2.-	MANO DE OBRA				
	Albañil	Hr	0,9	20,5	18,45
	ayudante	Hr		15	0
	Beneficios sociales	%		55%	10,15
	Impuesto al valor agregado %	%		14,94%	4,27
B	TOTAL MANO DE OBRA				32,87
3.-	EQUIPO Y MAQUINARIA				
	Herramientas y equipo menor	%	6%	36,46	2,19
	TOTAL, EQUIPO Y MAQUINARIA				2,19
4.-	GASTOS GENERALES				
	Gatos generales	%		6%	3,22
	TOTAL, GASTOS GENERALES				3,22
5.-	UTILIDAD				
	Utilidad	%		10%	5,68
	TOTAL, UTILIDADES				5,68
6.-	IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				
	Impuestos a las transacciones	%		3%	1,87
	TOTAL, IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				1,87
	TOTAL PRECIO UNITARIO				64,36

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.3: Costo unitario, cinta perimetral aislante.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA					
Actividad: Cinta perimetral aislante					
Unitario: m					
Moneda: Bolivianos					
1.-	MATERIALES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo total
	Cinta perimetral	m	1	10	10
	Estilete	ud	1	2,5	2,5
	TOTAL, MATERIALES				12,5
2.-	MANO DE OBRA				
	Ayudante	Hr	0,03	20,5	0,615
	Beneficios sociales	%		55%	0,34
	Impuesto al valor agregado %	%		14,94%	0,14
	TOTAL, MANO DE OBRA				1,10
3.-	EQUIPO Y MAQUINARIA				
	Herramientas y equipo menor	%	6%	36,46	2,19
	TOTAL, EQUIPO Y MAQUINARIA				2,19
4.-	GASTOS GENERALES				
	Gastos generales	%		6%	0,95
	TOTAL, GASTOS GENERALES				0,95
5.-	UTILIDAD				
	Utilidad	%		10%	1,67
	TOTAL, UTILIDADES				1,67
6.-	IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				3%
	Impuestos a las transacciones	%		3%	15,78*3%
	TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				0,55
	TOTAL, PRECIO UNITARIO				18,96

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.4: Costo unitario, elementos base de calefacción.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA					
Actividad: Elementos base de calefacción					
Unitario: m2					
Moneda: Bolivianos					
1.-	MATERIALES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo total
	Base de calefacción	m2	1	78,6	78,6
	TOTAL, MATERIALES				78,6
2.-	MANO DE OBRA				
	Albañil	Hr	0,17	20,5	3,485
					0
	Beneficios sociales	%		55%	1,92
	Impuesto al valor agregado %	%		14,94%	0,81
	TOTAL MANO DE OBRA				6,21
3.-	EQUIPO Y MAQUINARIA				
	Herramientas y equipo menor	%	6%	36,46	2,19
	TOTAL EQUIPO Y MAQUINARIA				2,19
4.-	GASTOS GENERALES				
	Espues	%		6%	5,22
	TOTAL GASTOS GENERALES				5,22
5.-	UTILIDAD				
	Utilidad	%		10%	9,22
	TOTAL UTILIDADES				9,22
6.-	IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				
	Impuestos a las transacciones	%		3%	3,04
	TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				3,04
	TOTAL PRECIO UNITARIO				104,48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.5: Costo unitario de tubería de suelo radiante.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA					
Actividad: Tubería suelo radiante					
Unitario: m ²					
Moneda: Bolivianos					
1.-	MATERIALES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo total
	Tubo 16	m	6,66	15	15
	TOTAL, MATERIALES				20
2.-	MANO DE OBRA				
	Albañil	Hr	0,5	20,5	10,25
	Ayudante	Hr	0,25	12	3
	Beneficios sociales	%		55%	7,29
	Impuesto al valor agregado %	%		14,94%	3,07
	TOTAL MANO DE OBRA				23,61
3.-	EQUIPO Y MAQUINARIA				
	Herramientas y equipo menor	%	6%	36,46	2,19
	TOTAL EQUIPO Y MAQUINARIA				2,19
4.-	GASTOS GENERALES				
	Gatos generales	%		6%	7,54
	TOTAL GASTOS GENERALES				7,54
5.-	UTILIDAD				
	Utilidad	%		10%	13,32
	TOTAL UTILIDADES				13,32
6.-	IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				
	Impuestos a las transacciones	%		3%	4,40
	TOTAL, IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				4,40
	TOTAL, PRECIO UNITARIO				30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.6: Costo unitario de la Instalación de caja de colectores.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA					
Actividad: Instalación caja de colectores					
Unitario: ud					
Moneda: Bolivianos					
1.-	MATERIALES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo total
	Armario	Ud.	1	234	234
	perfil de aluminio	Ud.	1	121	121
	Kid de accesorios	Ud.	2		
	Kit de colectores de 3 circuitos	Ud.	1	3715	3715
	TOTAL, MATERIALES				4070
2.-	MANO DE OBRA				
	Especialista	Hr	2	20,5	41
	Ayudante	Hr	1	12	12
	Beneficios sociales	%		55%	29,15
	Impuesto al valor agregado %	%		14,94%	12,27
	TOTAL MANO DE OBRA				94,42
3.-	EQUIPO Y MAQUINARIA				
	Herramientas y equipo menor	%	6%	36,46	2,19
	TOTAL EQUIPO Y MAQUINARIA				2,19
4.-	GASTOS GENERALES				
	Gatos generales	%		6%	250,00
	TOTAL GASTOS GENERALES				250,00
5.-	UTILIDAD				
	Utilidad	%		10%	441,66
	TOTAL UTILIDADES				441,66
6.-	IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				
	Impuestos a las transacciones	%		3%	145,75
	TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				145,75
	TOTAL PRECIO UNITARIO				5.004,02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.7: Costo unitario de la instalación de colectores planos.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA					
Actividad: Instalación Colectores planos					
Unitario: ud					
Moneda: Bolivianos					
1.-	MATERIALES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo total
	Colectores	ud	1	3000	5000
	Estructura para los colectores	ud	1	500	500
	TOTAL, MATERIALES				5500
2.-	MANO DE OBRA				
	Especialista	Hr	5	25	125
	Ayudante	Hr	2,5	12	30
	Beneficios sociales	%		55%	85,25
	Impuesto al valor agregado %	%		14,94%	35,89
	TOTAL MANO DE OBRA				276,14
3.-	EQUIPO Y MAQUINARIA				
	Herramientas y equipo menor	%	6%	36,46	2,19
	TOTAL EQUIPO Y MAQUINARIA				2,19
4.-	GASTOS GENERALES				
	Gastos generales	%		6%	346,70
	TOTAL GASTOS GENERALES				346,70
5.-	UTILIDAD				
	Utilidad	%		10%	612,50
	TOTAL UTILIDADES				612,50
6.-	IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				
	Impuestos a las transacciones	%		3%	202,13
	TOTAL IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				202,13
	TOTAL PRECIO UNITARIO				6.939,66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6.8: Costo unitario de la instalación de termostatos.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
PROYECTO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA					
Actividad: Instalación de Termostatos					
Unitario: ud					
Moneda: Bolivianos					
1.-	MATERIALES				
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Productivo	Costo total
	Termostato	Ud	1	140	140
	Cable AWG 15	m	15	2,5	37,5
	cinta aislante		0,2	8	1,6
	TOTAL, MATERIALES				179,1
2.-	MANO DE OBRA				
	Electricista	Hr	5	50	250
	Ayudante	Hr	2,5	25	62,5
	Beneficios sociales	%		55%	171,88
	Impuesto al valor agregado %	%		14,94%	72,37
	TOTAL MANO DE OBRA				556,74
3.-	EQUIPO Y MAQUINARIA				
	Herramientas y equipo menor	%	6%	36,46	2,19
	TOTAL EQUIPO Y MAQUINARIA				2,19
4.-	GASTOS GENERALES				
	Gatos generales	%		6%	44,28
	TOTAL, GASTOS GENERALES				44,28
5.-	UTILIDAD				
	Utilidad	%		10%	78,23
	TOTAL UTILIDADES				78,23
6.-	IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				
	Impuestos a las transacciones	%		3%	25,82
	TOTAL, IMPUESTOS A LAS TRANSACCIONES				25,82
	TOTAL, PRECIO UNITARIO				886,36

Fuente: Elaboración propia.

6.2.PRECIO TOTAL

Tabla 6.9: Costo total.

Actividades	Precio Unitario bolivianos	Cantidad	Ud.	Precio total Bs
Contrapiso de cemento sobre losa radiante	64,36	135	m ²	8.688,6
Cinta perimetral aislante	18,96	200	m	3.792
Elementos base de calefacción	104,48	135	m ²	14.104,8
Instalación de tubería de suelo radiante	150,96	700	m	105.672
Instalación caja de colectores	2700	4	Ud.	2.016,10
Instalación de colectores planos	4.177,71	14	Ud.	900.000
Instalación de termostatos	395	8	Ud.	3.160
Costo total en bolivianos				204.721
Costo total en dólares				29.246

Fuente: Elaboración propia.



6.3. CONCLUSIONES

La culminación de este proyecto de investigación se caracteriza por el éxito en la consecución integral de todos los objetivos generales y específicos propuestos. En un esfuerzo por proporcionar soluciones efectivas y sostenibles en el ámbito de la climatización, en el presente proyecto no solo se diseñó sino también se especificó con precisión los componentes fundamentales necesarios para la implementación exitosa de un sistema de suelo radiante en una vivienda unifamiliar.

El diseño meticuloso de este sistema ha resultado en un hito significativo, ya que se logró una carga térmica promedio de 2,4 Kcal/h para cada dependencia. Este resultado, que sirve como testimonio de la eficiencia del sistema, demuestra la capacidad del diseño propuesto para proporcionar un ambiente térmico confortable y personalizado en cada rincón de la vivienda.

La atención minuciosa prestada a la selección y especificación de los componentes ha sido clave para la consecución de estos resultados destacados. Desde la elección de los materiales hasta la consideración de los factores ambientales y la demanda específica de cada espacio, cada detalle ha sido cuidadosamente ponderado para garantizar un rendimiento óptimo y una adaptabilidad sobresaliente.

Este proyecto no solo se destaca por la implementación de un sistema de suelo radiante, sino que también establece un estándar para la investigación y diseño en el campo de la climatización residencial. La obtención de la carga térmica deseada no solo refleja una respuesta eficaz a las necesidades de calefacción de la vivienda, sino que también allana el camino para futuras aplicaciones y mejoras en tecnologías de climatización.

Además, la investigación no se limita al ámbito técnico, sino que también abarca consideraciones económicas y sostenibles. La eficiencia térmica no solo se traduce en confort para los ocupantes, sino que también posiciona este sistema como una opción viable desde el punto de vista económico, proporcionando ahorros a largo plazo y reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables.

Este logro pone de manifiesto el potencial transformador de la ingeniería en el diseño de entornos habitables más eficientes y sostenibles. La capacidad de proporcionar una carga térmica óptima en cada espacio de la vivienda no solo impacta positivamente en

el bienestar de los residentes, sino que también representa un paso significativo hacia la creación de hogares más inteligentes y respetuosos con el medio ambiente.

Es imperativo resaltar que el costo asociado con la instalación del sistema de calefacción por suelo radiante se posiciona en un nivel más elevado en comparación con otros sistemas de calefacción convencionales. Sin embargo, es crucial comprender que este desembolso inicial se traduce en beneficios sustanciales que justifican plenamente su inversión. El atractivo fundamental de este sistema radica en su capacidad para ofrecer no solo ahorros significativos en el consumo de energía, sino también en proporcionar un nivel excepcional de confort térmico para los ocupantes.

- Aunque la inversión inicial podría presentar un desafío económico para algunos, la perspectiva a largo plazo revela un panorama financiero más equilibrado y beneficioso. La eficiencia inherente del sistema de calefacción por suelo radiante reduce de manera considerable la dependencia de fuentes de energía no renovables, generando ahorros sustanciales en costos operativos a lo largo del tiempo. Este aspecto, combinado con la durabilidad y la vida útil prolongada de la instalación, demuestra que el costo inicial es más que compensado por los beneficios a largo plazo.

Además de los aspectos económicos, el sistema de calefacción por suelo radiante ofrece un nivel de confort térmico que va más allá de las expectativas convencionales. La distribución uniforme del calor en todo el espacio habitable, la eliminación de corrientes de aire y la capacidad de adaptar la temperatura de cada habitación según las preferencias individuales crean un entorno acogedor y personalizado para los residentes. Este alto grado de comodidad no solo mejora la calidad de vida, sino que también contribuye positivamente al bienestar general de los ocupantes.

Tabla 6.10: Balance energético y de costos de gas natural y energía solar térmica.

Concepto	Gas Natural	Energía solar térmica
Costo de instalación	30.000 Bs	84.542 Bs
Costo del consumo en 1 año	5.520 bs	0
Vida Útil	20 años	50 años
Ahorro energético de gas natural 1 año	2.000 m3	2.000 m3
Ahorro energético de electricidad en 1 año	2 MW	2 MW

Fuente: Elaboración propia.

6.4.RECOMENDACIONES

- Basándonos en los hallazgos y avances obtenidos a lo largo de esta investigación, se sugiere la implementación de un sistema de climatización integrado para optimizar aún más la eficiencia y el confort en la vivienda multifamiliar.
- Implementar sistemas de monitoreo continuo para evaluar el rendimiento del sistema en tiempo real. La retroalimentación constante permitirá ajustes o mejoras oportunas para garantizar un rendimiento óptimo y cumplir con las expectativas de los reside.
- Es fundamental proporcionar capacitación a los residentes sobre el uso eficiente del sistema de climatización. Educar sobre prácticas de ajuste de temperatura, gestión del sistema y el impacto de ciertos comportamientos en el consumo de energía puede optimizar los resultados obtenidos.



BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, I. (2009). *Energía solar térmica*.
- anonima. (7 de marzo de 2023). *Formmas de tranferencia de calor*. Obtenido de tranfrenca de calor: <http://www.sabelotodo.org/fisica/transferenciacalor.html>
- Arias Santafe, R. S., & Limaico Lahuasi, M. H. (2008). *Diseño y simulación de un sistema de calefacción por piso radiate*. Quito.
- Autosolar Energy Solutions SLU. (s.f.). *AutoSolar*. Obtenido de <https://autosolar.es/placas-fotovoltaicas/celula-fotovoltaica-que-es>
- Ballesteros Ruiz, M. (2012). *Análisis de Metodos de dimensionado de instalaaciones solare para ACS*. Madrid.
- Barba Nieto , Á., & Cerdán García, J. (2014). *Diseño de una instlación de ACS y calefacción por suelo radiante mediante energía solar térmica*.
- Callisaya Miranda, R. (2020). *Diseño de un sistema de climatización porsuelo radiante mediante una bomba de calor geotérmicac para una vivienda multifamiliar en viscahcani*.
- Chapman, A. (s.f.). *Transmisión de calor*.
- Costa Rica, J. (2002). *Manuales sobre energía renovable*.
- Ecofener. (9 de noviembre de 2018). *Blog Ecofener*. Obtenido de ¿Cómo se produce la energía solar térmica?: <https://ecofener.com/blog/se-produce-la-energia-solar-termica/>
- Eesa kids. (22 de disiembre de 204). *Aprende de nuestro universo*. Obtenido de https://www.esa.int/kids/es/Aprende/Nuestro_Universo/El_Sol/El_Sol
- El clima en La Paz, e. t.-W. (s.f.). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/27348/Clima-promedio-en-La-Paz-Bolivia-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- *El clima y el tiempo promedio en todo el año en La Paz*. (s.f.). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/27348/Clima-promedio-en-La-Paz-Bolivia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Temperature>
- Estadística, I. N. (s.f.). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/index.php/event/indicadores-de-consumo-de-gas-a-oct-2022/>

- EZOIC. (s.f.). *Energía Solar*. Obtenido de Solar energía : <https://solar-energia.net/>
- Guamán Molinn, J. I. (2015). *Sistema de calefacción de agua por inducción electromagnética para el uso doméstico*.
- Hernández , J. (2012). *Calefacción*.
- Hernández Quisbert, J. L. (2014). *Temas selectos de Ingeniería Térmica*. La Paz: Printed in Bolivia.
- López Cózar, J. (2066). *Energí soalr térmica*. madrid.
- Mamani, P. a.-I. (s.f.).
- Montes pita, M. J., Muñoz Domínguez, M., & Rovira de Antonio, A. (2014). *Ingeniería Térmica*.
- Mott, R. L., & Untener, J. A. (2015). *Mecánica de fluidos*.
- Ovacen. (5 de octubre de 2022). *Energía solar térmica*. Obtenido de OVACEN: <https://ovacen.com/energias-renovables/solar/termica/>
- P. Quadri, N. (2008). *Instalaciones de aire acondicionado y calefacción*. Buenos Aires: Alsina.
- Raineri, R. (2021). *Sistemas solares Térmicos II Guia de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria*. santiago.
- Sarachu, E. (24 de enero de 2023). *Eficiencia Energetica*. Obtenido de <https://e-eficiencia.com/suelo-radiante-ventajas-funcionamiento-tipos/>
- Stackhouse, P. (s.f.). Obtenido de NASA POWER | Data Access Viewer: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- STOECKER, W. (s.f.). *Refrigeración y Acondicionamiento de Aire*.
- Tapia Terrazas, M. (septiembre de 2005). Modelo de simulación de un proceso termico de la radiación solar en colectores de estanque. La Paz.
- *un-hogar-con-mucho-oficio*. (18 de diciembre de 2017). Obtenido de Todo lo que necesitas saber sobre el suelo radiante, la calefacción invisible y eficiente: <https://blogs.20minutos.es/un-hogar-con-mucho-oficio/2017/12/16/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-suelo-radiante-la-calefaccion-invisible-y-eficiente/>
- UPONOR. (s.f.). MANUAL TÉCNICO DE APLICACIONES DE CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN.
- Yana Quispe, O. O. (2014). *Diseño e instalación de un sistema de calefacción y agua caliente sanitaria con energía solar y gas natural*.

- Yana Quispe, O. O. (2014). *Diseño e instalación de un sistema de calefacción y agua caliente sanitaria con energía solar y gas natura.*

ANEXOS

INFORMACIÓN UTILIZADA PARA EL CÁLCULO DE LA CARGA TERMICA DE LA VIVIENDA

Local	T	Local	T	Local	T	Local	T
Espacios generales de edificios		- Guardarropa	16	- Retrete	20	- Comedor	18
- Aseo	20	- Habitación común profesores	18	- Sala Rayos X	22	- Dormitorio	15
- Hall de entrada	17	- Habitación	18	- Sala de estar	21	- Entrada, escalera, pasillo	17
- Hueco escalera	17	- Pasillo	17	- Sala de estar para ancianos o impedidos	22	- Gimnasio	15
- Pasillo	17	- Retrete	17	- Sala de estar (personal de plantilla del hospital)	21	- Habitación común	19
- Retrete	17	- Salón actos	17			- Sala de reunión	17
Bancos		- Sala de juegos niños	18			- Sala de estudio - biblioteca	19
- Almacén no ocupado	10	- Vestuario - ducha	19				
- Caja fuerte	10	Fábricas		Iglesias y capillas	18	Restaurantes	20
- Hall general	20	- Comedor	18	Juzgados (salas de Juicios)	20	Salas de baile	18
- Oficina	20	- Oficina	20	Lavanderías	17	Salas de banquetes	20
Bares / Cafeterías	18	- Retrete	17	Hoteles		Salas de exposición	17
Bibliotecas		Sala de trabajo:		- Baño	20	Salas de reuniones	17
- Almacén de libros	16	- Trabajo sentado	19	- Cocina y lavadero	16	Teatros	18
- Sala de lectura	20	- Trabajo ligero	17	- Comedor	20	Tiendas de pinturas	22
Cantinas	17	- Trabajo pesado	16	- Dormitorio	18	Tiendas y salas de exposición	
Colegios		- Fundiciones	15	- Dormitorio - estar	20	- Almacén	15
- Aula	18	Vestuario	17	- Habitación general	21	- Local	18
- Comedor	18	Galerías de arte	17	- Retrete	18	- Local de prueba de vestidos	21
- Entrada, escalera, pasillo	17	Gimnasios	15	- Sala de baile	20		
- Gimnasio	15	Hostales y posadas		- Sala de estar	20	Viviendas	
- Laboratorio	18	- Comedor	19	Museos	17	- Baño	20
- Sala de estudio	19	- Dormitorio	15	Oficinas		- Comedor	20
- Sala de reunión	17	- Dormitorio - estar	19	- Archivo	15	- Despensa	10
- Vestuario	17	- Habitación común	20	- Oficina general	20	- Dormitorio	15
Cuarteles		Hospitales		- Oficina privada	20	- Dormitorio - estar	20
- Comedor	18	- Baño	20	Pabellones de deporte		- Habitación de servicio	18
- Dormitorio general	15	- Cocina y lavadero	16	- Comedor	18	- Retrete y aseo	18
- Sala de estar	19	- Comedor	21	- Gimnasio	13	- Vestíbulo y pasillo	18
Escuelas		- Dormitorio (estancia día)	15	- Piscina	24		
- Aula	18	- Dormitorio (estancia noche)	15	- Sala de baile	18		
- Botiquín	20	- Dormitorio (personal del hospital)	15	- Vestuario	22		
- Comedor	17	- Dormitorio (personal del hospital)	15	Residencias			
- Gimnasio	15	- Quirofano	29-32	- Baño	19		



Tubo y Plancha aislante producidos en caucho elastomérico extrusionado y expandido (FEF) sin la utilización de CFC y HCFC, de acuerdo a los parámetros previstos en la Norma Europea EN 14304. La clasificación del humo para tubos es clase s2 (según el ensayo previsto en la Norma EN 13823) siendo el material más indicado para el aislamiento térmico de instalaciones, de refrigeración climatización, fontanería, y en instalaciones civiles e industriales.



Descripción del material: Espuma elastomérica flexible (FEF) de célula cerrada de color negro.

Gama producto: Tubo en barra (también en una versión adhesiva) y rollo con espesor de 6 a 60 mm con diámetros de 6 a 170 mm. Plancha y rollo (también en una versión adhesiva) con espesor de 6 a 60 mm. Rollos de cinta antigoteo con espesor de 3 mm.

Empleo: Aislamiento térmico de componentes en instalaciones de climatización, calefacción, refrigeración para aplicaciones civiles e industriales.

Tolerancias dimensionales: Según tabla 1 Norma EN 14304.

Información ecológica: Extrusionado y expandido sin CFC ni HCFC. No degrada la capa de ozono (ODP cero) y no provoca el efecto sierra (GWP cero).

Información adjunta: Para la versión adhesivada se utiliza un adhesivo acrílico modificado, con red de refuerzo, protegido con una película de polietileno o en hoja de papel. Pueden encontrarse trazas de silicona sobre la película protectora.

Condiciones de estocaje/conservación: Estocar el material en lugar limpio y seco con temperatura ambiente entre 0 °C y 35 °C y una H.R. comprendida entre 50% y 70%. No exponer al calor o los rayos solares antes de la instalación. La conservación de los adhesivados no ha de superar un año.

CARACTERÍSTICAS	VALOR DE REFERENCIA	TEST DE PRUEVA
Temperatura de ejercicio del fluido*	-45 °C +110 °C	EN 14706/EN 14707
Conductividad térmica λ A la temperatura media de 0 °C	Tubo esp. ≤ 25 mm ≤ 0.033 W/m·K Tubo esp. > 25 mm ≤ 0.035 W/m·K Plancha esp. ≤ 32 mm ≤ 0.033 W/m·K Plancha esp. > 32 mm ≤ 0.034 W/m·K Cinta ≤ 0.033 W/m·K	EN 12667/EN ISO 8497
A la temperatura media de + 40 °C	Tubo esp. ≤ 25 mm ≤ 0.037 W/m·K Tubo esp. > 25 mm ≤ 0.039 W/m·K Plancha esp. ≤ 32 mm ≤ 0.037 W/m·K Plancha esp. > 32 mm ≤ 0.038 W/m·K Cinta ≤ 0.037 W/m·K	
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)	≥ 7000	EN 13469/EN 12086
Absorción de agua	$< 0,1$ kg/m ²	EN 13472/EN 1609
Clasificación de reacción al fuego Euroclase	Tubo B _L -s2,d0 Cinta B-s2,d0 Plancha B-s3,d0 Plancha 60 mm E	EN 13501-1
UK: Fire propagation Surface spread of flame Building Regulations	$i_1 \leq 6.0$ Class 1 Class 0	BS476: Part 6 BS476: Part 7 BS476 Parts 6 and 7
USA, Canada	Approved UL Flame Class V-0, hasta 13 mm. Flame Class V-0, HF-1 - esp. 3 mm	UL 94 UL 746 A - UL 746 B
Aplicación naval (MED Marine)	De acuerdo con los requisitos	IMO Res. MSC.307(88); IMO MSC/Circ. 1004 (Directiva MED 2014/90/UE Módulos B y D)
Resistencia al ozono	Excelente	ISO 7326
Comportamiento antimicrobiano	de acuerdo con los requisitos	AATCC test method 30-2004
Riesgo corrosiones	de acuerdo con los requisitos	EN 13486

* NB: per applicazione a temperature inferiori, contattare il ns ufficio tecnico.

Para información relativa a la resistencia química del producto consultar la documentación técnica específica.

Para plancha y cinta autoadhesiva la temperatura máxima de uso es de +90 °C. Para aplicaciones a temperatura superior, contactar con nuestra oficina técnica.

Marcado **CE** en Sistema 1 según la Norma EN 14304.

Certificado de Garantía de Prestaciones remitido por CSI S.p.A. - Bollate IT-20021.

El producto cumple con los requisitos de las disposiciones requeridas para obtener la marca Eco-Bau.

Todas las normativas citadas en el presente documento están actualizadas según la última versión publicada.

Para aplicaciones en exteriores, Eurobatex está protegido con revestimiento externo tipo Union Covering o con barniz polimérico tipo Vec. Union Foam S.p.A. se reserva la posibilidad de modificar la información anterior sin previo aviso.



EUROBATEX®

TUBO AISLANTE DE LONGITUD 2 m

GAMA DE PRODUCTO

TUBO COBRE (Cu)		TUBO HIERRO (Fe)			TUBO PE/PP/PVC	Espesor 6 mm		Espesor 9 mm		Espesor 13 mm	
Ø est. mm	Ø nomin. DN	Ø est. mm	Ø pulg.	Ø nomin. DN	Ø nomin. DN	Codigo articulo espesor x Ø int.	m/ct	Codigo articulo espesor x Ø int.	m/ct	Codigo articulo espesor x Ø int.	m/ct
6	4					06-06 EUR	496	09-06 EUR	352	13-06 EUR	220
8	6					06-08 EUR	432	09-08 EUR	300	13-08 EUR	210
10	8	10,20	1/8"	6		06-10 EUR	364	09-10 EUR	266	13-10 EUR	172
12	10				12	06-12 EUR	316	09-12 EUR	234	13-12 EUR	162
14	10	13,60	1/4"	8		06-14 EUR*	266	09-14 EUR*	192	13-14 EUR*	136
15/16					16	06-15/16 EUR	266	09-15/16 EUR	192	13-15/16 EUR	136
17/18	15	17,20	3/8"	10		06-17/18 EUR	220	09-17/18 EUR	166	13-17/18 EUR	118
20					20	06-20 EUR*	180	09-20 EUR*	136	13-20 EUR*	98
22	20	21,30	1/2"	15		06-22 EUR	180	09-22 EUR	136	13-22 EUR	98
25	20	25,0			25	06-25 EUR*	152	09-25 EUR*	108	13-25 EUR*	80
27/28	25	26,90	3/4"	20		06-27/28 EUR	130	09-27/28 EUR	98	13-27/28 EUR	78
34/35	32	33,7	1"	25		06-34/35 EUR	100	09-34/35 EUR	76	13-34/35 EUR	58
38								09-38 EUR*	66	13-38 EUR*	50
42		42,4	1,1/4"	32		06-42 EUR	90	09-42 EUR	60	13-42 EUR	48
48		48,3	1,1/2"	40				09-48 EUR	50	13-48 EUR	40
54								09-54 EUR	46	13-54 EUR	34
57								09-57 EUR*	46	13-57 EUR*	32
60		60,3	2"	50				09-60 EUR	46	13-60 EUR	32
64								09-64 EUR*	46	13-64 EUR*	30
70		70,0						09-70 EUR	40	13-70 EUR	26
76	65	76,1	2,1/2"	65				09-76 EUR	40	13-76 EUR	26
80								09-80 EUR*	36	13-80 EUR*	24
90	80	88,9	3	80				09-90 EUR	36	13-90 EUR	24
101		101,6/104,3	3,1/2"					09-101 EUR	22	13-101 EUR	16
108								09-108 EUR*	22	13-108 EUR*	16
114	100	114,3	4"	100				09-114 EUR	22	13-114 EUR	16
127		127,0								13-127 EUR*	12
133		133,0								13-133 EUR*	12
140		139,7								13-140 EUR*	12
160		160,0								13-160 EUR*	12
168										13-168 EUR*	10

* Artículo suministrado bajo pedido específico. Dimensiones embalaje: 212 x 33 x 39 cm.



EUROBATEX TUBO LONGITUD 2 m

TUBO COBRE (Cu)		TUBO HIERRO (Fe)			TUBO PE/PP/PVC	Espesor 19 mm		Espesor 25 mm		Espesor 32 mm	
Ø est. mm	Ø nomin. DN	Ø est. mm	Ø pulg.	Ø nomin. DN	Ø nomin. DN	Código artículo espesor x Ø int.	m/ct	Código artículo espesor x Ø int.	m/ct	Código artículo espesor x Ø int.	m/ct
10	8	10,20	1/8"	6		19-10 EUR	98				
12	10					19-12 EUR	88				
14	10	13,60	1/4"	8		19-14 EUR*	78				
15/16					12	19-15/16 EUR	78				
17/18	15	17,20	3/8"	10		19-17/18 EUR	72	25-17/18 EUR	50	32-17/18 EUR	32
20					16	19-20 EUR*	66				
22	20	21,30	1/2"	15		19-22 EUR	64	25-22 EUR	42	32-22 EUR	32
25	20	25,0			20	19-25 EUR*	50				
27/28	25	26,90	3/4"	20		19-27/28 EUR	48	25-27/28 EUR	40	32-27/28 EUR	24
34/35	32	33,7	1"	25	25	19-34/35 EUR	36	25-34/35 EUR	24	32-34/35 EUR	22
38						19-38 EUR*	32				
42		42,4	1,1/4"	32		19-42 EUR	32	25-42 EUR	22	32-42 EUR	16
48		48,3	1,1/2"	40		19-48 EUR	24	25-48 EUR	18	32-48 EUR	14
54						19-54 EUR	24	25-54 EUR	16	32-54 EUR	12
57						19-57 EUR*	22				
60		60,3	2"	50		19-60 EUR	22	25-60 EUR	12	32-60 EUR	10
64						19-64 EUR*	18	25-64 EUR*	12	32-64 EUR*	10
70		70,0				19-70 EUR	18	25-70 EUR*	12	32-70 EUR*	8
76	65	76,1	2,1/2"	65		19-76 EUR	18	25-76 EUR	10	32-76 EUR	8
80						19-80 EUR*	14			32-80 EUR*	8
90	80	88,9	3	80		19-90 EUR	14	25-90 EUR	8	32-90 EUR	8
101		101,6/104,3	3,1/2"			19-101 EUR	14	25-101 EUR	8	32-101 EUR	6
108						119-108 EUR*	12	25-108 EUR*	6	32-108 EUR	6
114	100	114,3	4"	100		19-114 EUR	12	25-114 EUR	6	32-114 EUR	6
127		127,0				19-127 EUR*	10				
133		133,0				19-133 EUR*	8	25-133 EUR	6	32-133 EUR	6
140		139,7				19-140 EUR*	8	25-140 EUR	4	32-140 EUR	4
160		160,0				19-160 EUR*	8	25-160 EUR*	4	32-160 EUR*	4
168						19-168 EUR*	8	25-168 EUR*	4	32-168 EUR*	4

*Artículo suministrado bajo pedido específico. Dimensiones embalaje: 212 x 33 x 39 cm. Otros espesores y diámetros se pueden producir bajo pedido.

EUROBATEX Espesores y diámetros acordes al RITE

Ø		Espesor 20 mm	Espesor 25 mm	Espesor 30 mm	Espesor 40 mm	Espesor 50 mm	Espesor 60 mm
Pulgadas	mm						
	6	19 x 06					
1/8"	10	19 x 10					
	12	19 x 12					
1/4"	14	19 x 15					
3/8"	18	19 x 18	25 x 18	30 x 18	40 x 18	50 x 18	
1/2"	22	19 x 22	25 x 22	30 x 22	40 x 22	50 x 22	
3/4"	28	19 x 28	25 x 28	30 x 28	40 x 28	50 x 28	
1"	35	19 x 35	25 x 35	30 x 35	40 x 35	50 x 35	
1,1/4"	42	19 x 42	25 x 42	30 x 42	40 x 42	50 x 42	
1,1/2"	48	19 x 48	25 x 48	30 x 48	40 x 48	50 x 48	
	54	19 x 54	25 x 54	30 x 54	40 x 54	50 x 54	
	57						
2"	60	19 x 60	25 x 60	30 x 60	40 x 60	50 x 60	
2,1/2"	76	19 x 76	25 x 76	30 x 76	40 x 76	50 x 76	
3"	89	19 x 89	25 x 89	30 x 89	40 x 89	50 x 89	
4"	114	19 x 114	25 x 114	30 x 114	40 x 114	50 x 114	60 x 114
	140	19 x 140	25 x 140	30 x 140	40 x 140	50 x 140	60 x 140



UPS2 SOSTITUTO UNIVERSALE

Compatto, ad alta efficienza, conforme ai requisiti EuP per il 2015, il sostituto perfetto per le pompe di circolazione Grundfos UPS 4m, 5m e 6m da installare in spazi ristretti.

La rinomata affidabilità di Grundfos abbinata alla massima compatibilità e rapidità di installazione.

- Attraverso la nuova elettronica ed idraulica, il nuovo UPS2 con un unico modello sostituisce le versioni 4m, 5m e 6m dei vecchi UPS.
- Lo stesso pressacavo minimizza i tempi di cablaggio.

E dove la precedente installazione è in ottime condizioni, basta acquistare e sostituire solo la testa della pompa!

- Non c'è bisogno di scollegare le tubazioni.
- Riduce al minimo i problemi di accesso e i rischi di perdite.



DATI TECNICI

Portata, Q_{max}:	3,4 m ³ /h
Prevalenza, H_{max}:	6 m
Temperatura Liquido:	da +2° C a +95° C
Pressione in funz., P_{max}:	1.0 MPa / 10 bar
Potenza:	7-48 W
Temperatura Ambiente:	da 0° C a +40° C (+55 C in armadi chiusi)
EEl:	≤ 0,23
Classe di protezione:	IP 44

UPS2 CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Tre pompe in una

Il nuovo UPS2 vi permette di scegliere fra 4m, 5m e 6m. Basta scegliere l'impostazione che più si adatta alle esigenze del vostro impianto e la pompa è già pronta per funzionare.

Nessun problema

Un'interruzione di alimentazione elettrica non è un problema, l'UPS2 mantiene le sue impostazioni.

Installazione flessibile

La scatola di controllo del UPS2 può essere montata a faccia in su, in giù, a destra e a sinistra.

Compatibilità assoluta

E' possibile scegliere di sostituire solo la testa della pompa di una vecchia installazione se lo si desidera. Il nuovo UPS2 è compatibile con tutte le ALPHA, ALPHA Pro, ALPHA+ e UPS 100 a 4 m, 5 m e 6 m.

Facile Sostituzione

Il nuovo UPS2 ha le stesse dimensioni del vecchio modello UPS, questo significa che non avrete problemi durante le sostituzioni. Anche, il pressacavo dell'UPS2 è lo stesso del vecchio modello UPS.



CURVE DI PRESTAZIONI

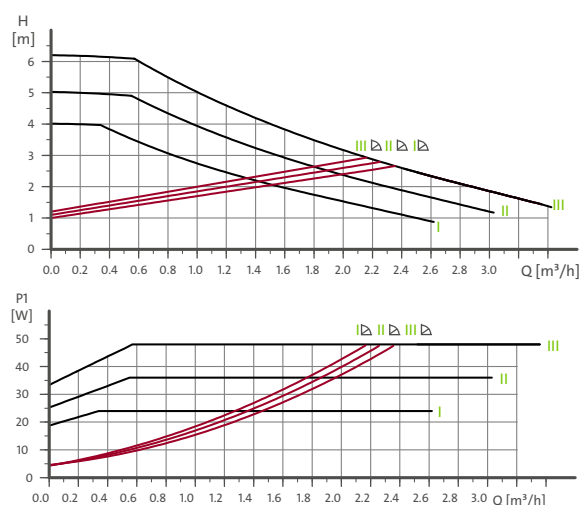
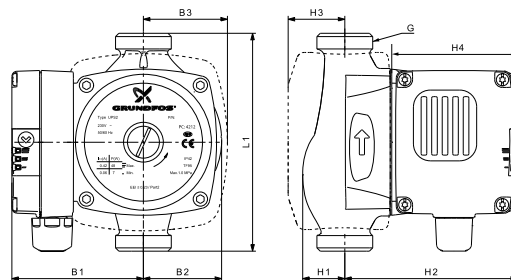


TABELLA DI CONVERSIONE

ATTUALE POMPA	IMPOSTAZIONE VELOCITÀ SUL VECCHIO UPS GIÀ INSTALLATO	IMPOSTAZIONE EQUIVALENTE SUL NUOVO UPS
4 Metri	Tutte le impostazioni: H-III	I
	I	I
	II	II
5 Metri	III	II
	I	I
	II	II
6 Metri	III	III
	I	I
	II	II

TIPI E DIMENSIONI

Tipo circolatore	≤ EEI	Dimensioni (mm)									Codice prodotto
		L1	B1	B2	B3	H1	H2	H3	H4	G	
UPS2 15-40/60	0.23	130	79	47	87	28	102	79	76	1	98243667
UPS2 25-40/60	0.23	130	79	47	87	29	102	81	76	1½	98243668
UPS2 PH-40/60	0.23	-	-	-	-	-	-	-	76	-	98334567



PLASTIBOX

PLASTIC BOX FOR MANIFOLDS
 CAJA DE PLÁSTICO PARA COLECTORES
 CASSETTA IN PLASTICA PER COLLETTORI
 COFFRET EN PLASTIQUE POUR COLLECTEURS
 CAIXA PARA COLECTORES EM PLÁSTICO
 Пластмассовый шкаф для коллекторов



Components / Denominación / Denominazione
 Dénomination / Denominação / Наименование

Material / Materiales / Materiale
 Matériel / Materiais / Материал

Box / Caja / Scatola / Boîtier / Caixa / Коробка

ABS

Cover / Tapa / Coperchio / Couvercle / Tapa / Крышка

PS rigid shock-resistant

Support for manifold / Soportes para colectores / Supporti per collettori / Supports pour collecteurs /
 Suportes par colector / Опоры для коллекторов

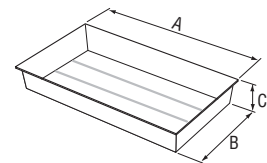
PA6

GP 2785
 PLASTIBOX



Plastibox, white plastic box for manifolds. It is provided complete with rear plaster base synthetic mesh and worksite cardboard protection.

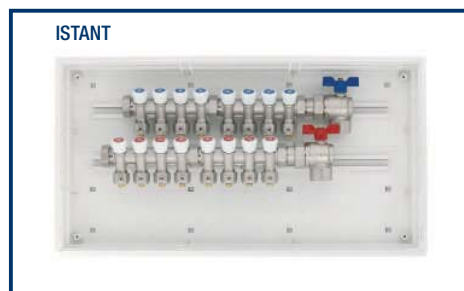
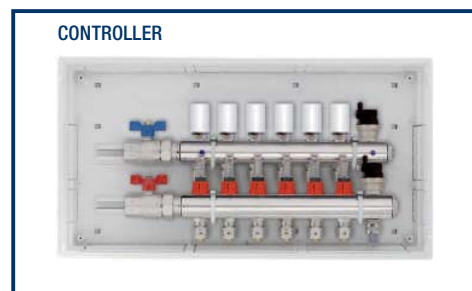
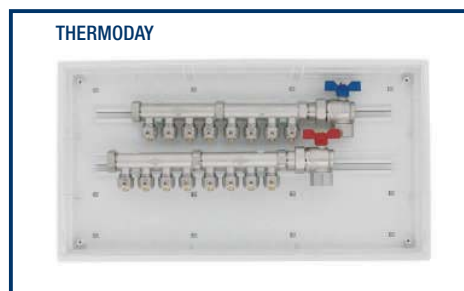
Plastibox, caixa para colectores en plástico de color blanco.
 Se suministra con malla sintética para enlucido posterior y cartón de protección de obra.
 Plastibox, cassetta per collettori in plastica bianca.
 Viene fornita completa di rete sintetica porta intonaco posteriore e cartone di protezione da cantiere.
 Plastibox, coffret pour collecteurs en plastique blanc.
 Fourni avec treillis de support enduit arrière synthétique et carton de protection pour chantier.
 Plastibox, caixa para colectores em plástico branco.
 É fornecida com rede sintética porta reboco traseiro e cartão de protecção para obra.
 шкаф для коллекторов из белой пластмассы Plastibox. Поставляется с задней синтетической сеткой для штукатурки и защитным картоном для стройплощадки.



CODE CÓDIGO	A mm	B mm	C mm	Conf. pz/sc	Price €
9707P533	310	310	90	5	24,28
9707P548	460	310	90	3	31,20
9707P563	610	310	90	2	37,23

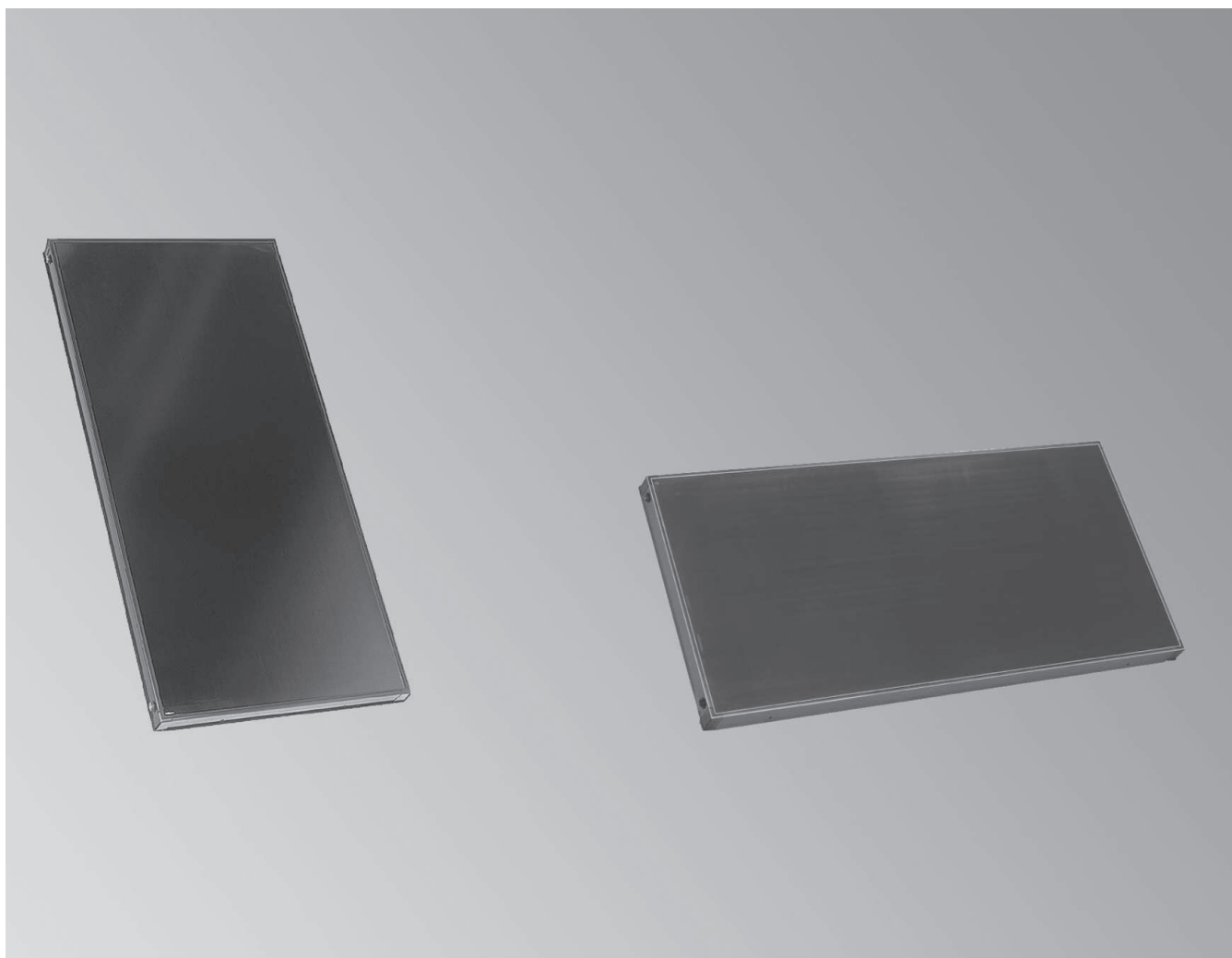
Plastibox combined with manifolds

Combinación de colectores con caja de plástico Plastibox / Abbinamento collettori con cassetta in plastica Plastibox / Association des collecteurs avec coffret en plastique Plastibox
 Combinação Plastibox com colectores / Сочетание коллекторов с пластмассовым шкафом Plastibox



Datos técnicos

Nº de pedido y precios: consultar Lista de precios



VITOSOL 200-F Modelos SV2C/D y SH2C

Colector plano para montaje vertical u horizontal, para montaje sobre cubiertas planas e inclinadas, así como para montaje sobre estructura de apoyo.

Montaje del modelo SH2C también en fachadas.

Para calentamiento de ACS, de agua de calefacción y de piscinas a través de un intercambiador de calor y para suministro de calor a procesos industriales.

Descripción del Vitosol 200-F, modelos SV2C/D y SH2C

El componente principal de Vitosol 200-F, modelo SV2C/SH2C es el absorbedor con recubrimiento altamente selectivo, que garantiza una elevada absorción de la radiación solar y una reducida emisión de radiación térmica. El absorbedor cuenta con un tubo de cobre en forma de serpentín por el que circula el medio portador de calor.

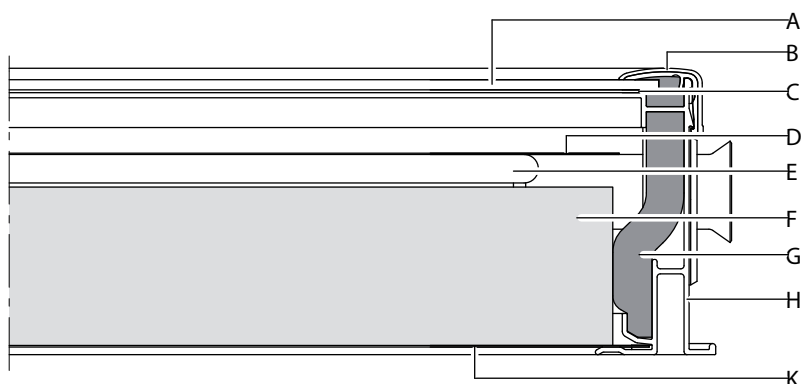
El medio portador de calor recibe el calor del absorbedor a través del tubo de cobre. El absorbedor está envuelto en una carcasa altamente aislante, gracias a la cual se minimizan las pérdidas de calor del colector.

El excelente aislamiento térmico resiste elevadas temperaturas y evita la desgasificación. El colector está cubierto por una lámina de vidrio solar que se caracteriza por su bajo contenido de hierro, lo que incrementa la transmisión de la radiación solar.

Se pueden montar baterías de hasta 12 colectores interconectados. Para este fin se suministran tubos de unión flexibles hermetizados con juntas tóricas.

Un juego de conexión con uniones por anillos de presión permite conectar de forma sencilla la batería de colectores a las tuberías del circuito de energía solar. En la impulsión del circuito de energía solar se instala, con ayuda de un juego de vainas de inmersión, la sonda de temperatura del colector.

Vitosol 200-F, modelo SV2D con recubrimiento especial del absorbedor está diseñado para el uso en zonas costeras (consultar el capítulo "Datos técnicos").



- A Recubrimiento de vidrio solar de 3,2 mm
- B Listón embellecedor de aluminio
- C Junta continua de la plancha de vidrio
- D Absorbedor
- E Tubo de cobre en forma de serpentín

- F Aislamiento térmico de material celular de resina de melamina
- G Aislamiento térmico de material celular de resina de melamina
- H Perfil de marco de aluminio en color azul oscuro.
- K Chapa de fondo de acero con recubrimiento de aluminio-zinc

Ventajas del Vitosol 200-F, modelos SV2C/D y SH2C

- Potente colector plano provisto de un absorbedor con recubrimiento altamente selectivo.
- Absorbedor en forma de serpentín con colectores integrados. Se pueden conectar en paralelo hasta 12 colectores (impulsión y retorno por lados opuestos), o hasta 10 colectores (impulsión y retorno por el mismo lado).
- Diseño universal apto para montaje sobre cubierta, integración en cubierta y montaje sobre estructura de apoyo, en vertical o en horizontal. El modelo SH también se puede montar en fachadas.
- Colector de atractivo diseño, marco en color azul oscuro. Si se solicita, el marco está disponible en toda la gama de colores RAL.
- El absorbedor con recubrimiento selectivo, la cubierta de vidrio solar de bajo contenido en hierro y el eficaz aislamiento térmico garantizan un elevado aporte de energía solar.
- El marco de aluminio moldeado en una pieza y la junta continua del vidrio solar proporcionan una hermeticidad permanente y una gran estabilidad.
- Pared posterior resistente a los golpes y a la corrosión.
- Sistema de fijación de Viessmann de fácil montaje con piezas de acero inoxidable y aluminio comprobadas estáticamente y resistentes a la corrosión: estándar para todos los colectores Viessmann.
- Conexión rápida y segura de los colectores mediante un conector flexible de tubos ondulados de acero inoxidable.

Datos técnicos del Vitosol 200-F, modelos SV2C/D y SH2C

Vitosol 200-F se puede adquirir con 2 recubrimientos distintos del absorbedor. El modelo SV2D tiene un recubrimiento especial del absorbedor que permite el uso de los colectores en zonas costeras.

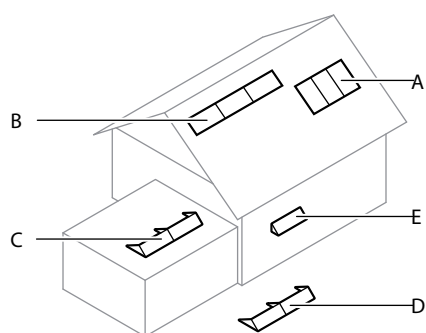
Indicación

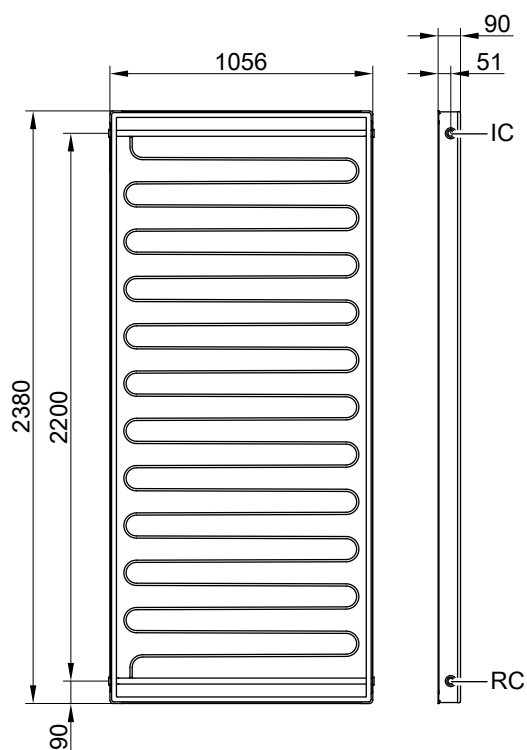
Viessmann no asumirá ninguna responsabilidad si se utiliza el modelo SV2C/SH2C en estas zonas.

Distancia con respecto a la costa:

- Hasta 100 m:
utilice solamente el modelo SV2D
- Entre 100 y 1000 m:
recomendamos utilizar el modelo SV2D

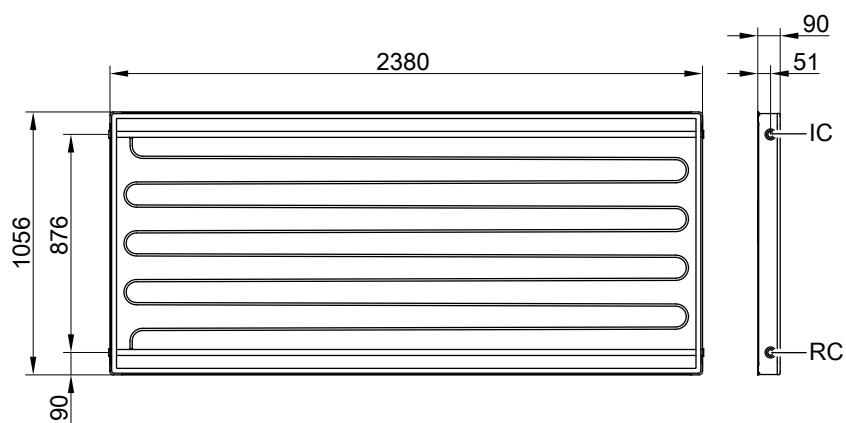
Modelo		SV2C	SH2C	SV2D
Superficie bruta	m ²	2,513	2,513	2,513
Superficie de absorción	m ²	2,324	2,324	2,324
Superficie de apertura	m ²	2,327	2,327	2,327
Posición de montaje (consultar la siguiente Fig.)		Ⓐ (Montaje sobre la cubierta) Ⓒ Ⓓ	Ⓑ (Montaje sobre la cubierta) Ⓒ Ⓓ Ⓔ	Ⓐ (Montaje sobre la cubierta) Ⓒ Ⓓ
Distancia entre colectores	mm			
Dimensiones				
Anchura:	mm	1056	2380	1056
Altura:	mm	2380	1056	2380
Profundidad	mm	90	90	90
Los valores siguientes se refieren a la superficie de absorción:				
– Rendimiento óptico (área apertura)	%	82,3		81,7
– Coeficiente de pérdida de calor k_1	W/(m ² · K)	3,792		3,538
– Coeficiente de pérdida de calor k_2	W/(m ² · K ²)	0,021		0,023
Capacidad térmica	kJ/(m ² · K)	4,89	5,96	5,47
Peso	kg		52	
Volumen de fluido (medio portador de calor)	litros	1,83	2,40	1,83
Presión de servicio adm.: (consultar el capítulo "Depósito de expansión solar")	bar		6	
Temperatura máx. de inactividad	°C		210	
Capacidad de producción de vapor				
– Posición de montaje favorable	W/m ²		60	
– Posición de montaje desfavorable	W/m ²		100	
Conexión	Ø en mm		22	





Modelo SV2C/SV2D

RC Retorno del colector (entrada)
 IC Impulsión del colector (salida)



Modelo SH2C

RC Retorno del colector (entrada)
 IC Impulsión del colector (salida)

Calidad probada

Calidad probada

Los colectores cumplen los requisitos de la insignia de protección del medio ambiente "Ángel Azul" según RAL UZ 73.
 Comprobado según Solar-KEYMARK y EN 12975.



Homologación CE conforme a las Directivas de la CE vigentes.

5458 626 ES-VAR

PLASTIBOX

PLASTIC BOX FOR MANIFOLDS
 CAJA DE PLÁSTICO PARA COLECTORES
 CASSETTA IN PLASTICA PER COLLETTORI
 COFFRET EN PLASTIQUE POUR COLLECTEURS
 CAIXA PARA COLECTORES EM PLÁSTICO
 Пластмассовый шкаф для коллекторов



Components / Denominación / Denominazione
 Dénomination / Denominação / Наименование

Material / Materiales / Materiale
 Matériel / Materiais / Материал

Box / Caja / Scatola / Boîtier / Caixa / Коробка

ABS

Cover / Tapa / Coperchio / Couvercle / Tapa / Крышка

PS rigid shock-resistant

Support for manifold / Soportes para colectores / Supporti per collettori / Supports pour collecteurs /
 Suportes par colector / Опоры для коллекторов

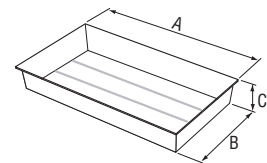
PA6

GP 2785
 PLASTIBOX



Plastibox, white plastic box for manifolds. It is provided complete with rear plaster base synthetic mesh and worksite cardboard protection.

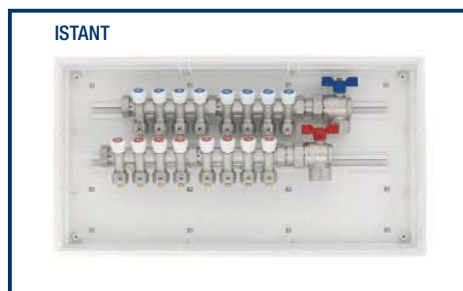
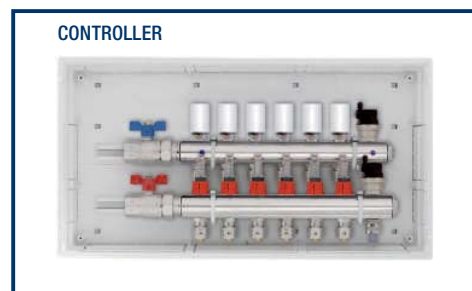
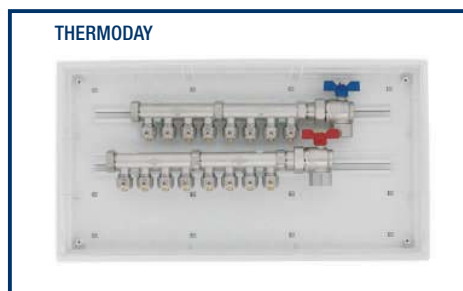
Plastibox, caja para colectores en plástico de color blanco.
 Se suministra con malla sintética para enlucido posterior y cartón de protección de obra.
 Plastibox, cassetta per collettori in plastica bianca.
 Viene fornita completa di rete sintetica porta intonaco posteriore e cartone di protezione da cantiere.
 Plastibox, coffret pour collecteurs en plastique blanc.
 Fourni avec treillis de support enduit arrière synthétique et carton de protection pour chantier.
 Plastibox, caixa para colectores em plástico branco.
 É fornecida com rede sintética porta reboco traseiro e cartão de protecção para obra.
 шкаф для коллекторов из белой пластмассы Plastibox. Поставляется с задней синтетической сеткой для штукатурки и защитным картоном для стройплощадки.



CODE CÓDIGO	A mm	B mm	C mm	Conf. pz/sc	Price €
9707P533	310	310	90	5	24,28
9707P548	460	310	90	3	31,20
9707P563	610	310	90	2	37,23

Plastibox combined with manifolds

Combinación de colectores con caja de plástico Plastibox / Abbinamento collettori con cassetta in plastica Plastibox / Association des collecteurs avec coffret en plastique Plastibox
 Combinação Plastibox com colectores / Сочетание коллекторов с пластмассовым шкафом Plastibox



GP 2799
PLASTIBOX



Support KIT with 10 pairs in each pack, for CONTROLLER manifold.

KIT de soportes compuesto de 10 pares cada envase, para colector CONTROLLER.
KIT supporti composto da 10 paia ogni confezione, per collettore CONTROLLER.
KIT de supports composé de 10 paires par paquet, pour collecteur CONTROLLER.
Kit suportes composto por 10 pares cada embalagem, para colector CONTROLLER.
КОМПЛЕКТ опор из 10 пар в упаковке для коллектора CONTROLLER.

CODE CÓDIGO	Size Medida	Conf. pz/sc	Price €
9738P006	1"	1	12,86

GP 2799
PLASTIBOX



Support KIT including 10 pair pack, for THERMODAY / Istant manifold.

KIT de soportes compuesto de 10 par cada envase, para colector THERMODAY / Istant.
KIT supporti composto da 10 paia ogni confezione, per collettore THERMODAY / Istant.
KIT supports composé de 10 paire par confection, pour collecteur THERMODAY / Istant.
Kit suportes composto por 10 par cada embalagem, para colector THERMODAY / Istant.
КОМПЛЕКТ опор из 10 пар в упаковке для коллектора THERMODAY / Istant.

CODE CÓDIGO	Size Medida	Conf. pz/sc	Price €
9739P005	3/4"	1	11,18
9739P006	1"	1	11,18

GP 2799
PLASTIBOX



Support KIT including 10 pieces per pack, for INTERSET manifold.

KIT de soportes compuesto de 10 piezas cada envase, para colector INTERSET.
KIT supporti composto da 10 pezzi ogni confezione, per collettore INTERSET.
KIT supports composé de 10 pièces par confection, pour collecteur INTERSET.
Kit suportes composto por 10 peças cada embalagem, para colector INTERSET.
КОМПЛЕКТ опор из 10 пар в упаковке для коллектора INTERSET.

CODE CÓDIGO	Size Medida	Conf. pz/sc	Price €
9740P005	3/4" - 1"	1	11,18

GP 2799
PLASTIBOX



Aluminium profile for supports manifolds, complete with screws and plugs.

Perfiles de aluminio para soportes colectores, completo con tornillos y tacos..
Binario alluminio per supporti collettori, completo di viti e tasselli..
Profils en aluminium pour supports collecteur, complet avec vis et chevilles..
Perfis em alumínio para suportes colector, completo com parafusos e plugues..
Алюминиевая направляющая для опор коллекторов, с винтами и вставками.

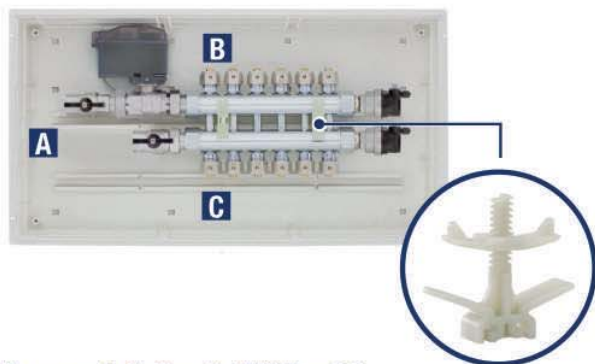
CODE CÓDIGO	Size Medida	Conf. pz/sc	Price €
01306400	400 mm	1	16,13

GUIDE TO SELECTING THE TYPE OF PLASTIBOX

GUÍA PARA LA ELECCIÓN DE LA CAJA PLASTIBOX / GUIDA ALLA SCELTA DELLA CASSETTA PLASTIBOX

GUIDE AU CHOIX DU COFFRET PLASTIBOX / GUIA PARA A ESCOLHA DA CAIXA BOX SYSTEM / РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ ШКАФА PLASTIBOX

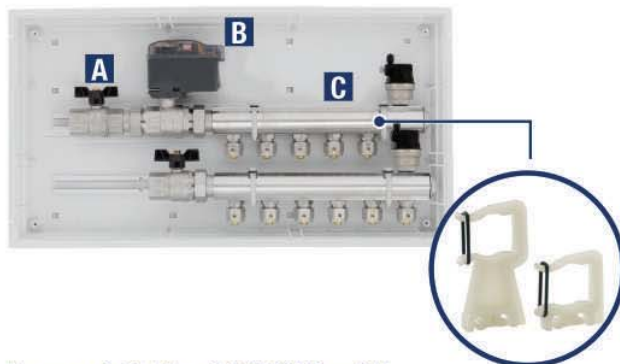
Plastibox with INTERSET manifold Plastibox con colectores INTERSET



Nr. ways max for Plastibox with INTERSET manifold
Nr. vías max aconsejado para Plastibox con colectores INTERSET

PLASTIBOX (mm)	1"	3/4"	1"	3/4"	1"	3/4"
	A+C	A+C	B+C	B+C	A+B+C	A+B+C
310x310	—	—	—	—	—	—
460x310	4 vie	4 vie	4 vie	4 vie	—	2 vie
610x310	8 vie	8 vie	8 vie	8 vie	6 vie	6 vie

Plastibox with CONTROLLER manifold Plastibox con colectores CONTROLLER



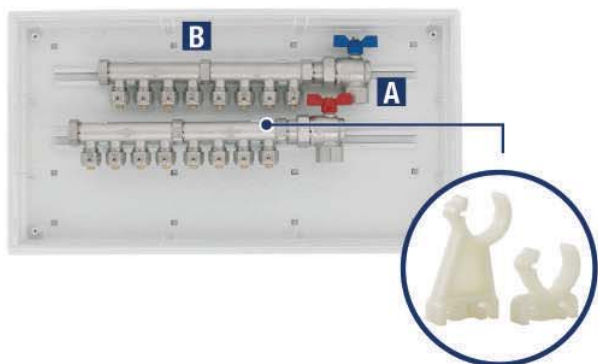
Nr. ways max for Plastibox with CONTROLLER manifold
Nr. vías max aconsejado para Plastibox con colectores CONTROLLER

PLASTIBOX (mm)	1"	3/4"	3/4"	1"	3/4"	3/4"	1"	3/4"	3/4"
	A+C	A+C (*)	A+C (**)	B+C	B+C (*)	CB+C (**)	A+B+C	A+B+C (*)	A+B+C (**)
310x310	2 vie	3 vie	4 vie	—	2 vie	2 vie	—	—	—
460x310	5 vie	6 vie	8 vie	4 vie	5 vie	6 vie	3 vie	4 vie	5 vie
610x310	8 vie	9 vie	12 vie	7 vie	8 vie	11 vie	6 vie	7 vie	9 vie

(*) Takeoffs / Distancia entre derivaciones 50 mm

(**) Takeoffs / Distancia entre derivaciones 36 mm

Plastibox with THERMODAY manifold Plastibox con colectores THERMODAY

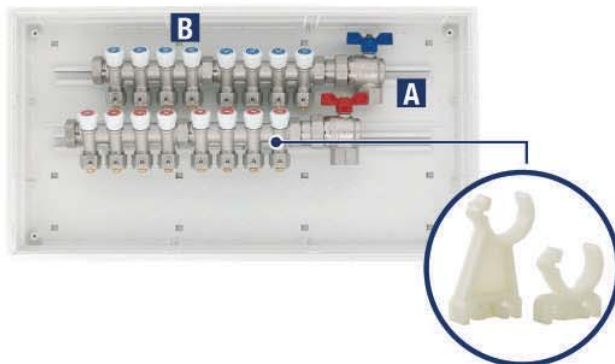


Nr. ways max for Plastibox with THERMODAY manifold
Nr. vías max aconsejado para Plastibox con colectores THERMODAY

PLASTIBOX (mm)	1"	3/4"
	A+B (**)	A+B (**)
310x310	3 vie	4 vie
460x310	7 vie	8 vie
610x310	12 vie	12 vie

(**) Takeoffs / Distancia entre derivaciones 36 mm

Plastibox with INSTANT manifold Plastibox con colectores INSTANT



Nr. ways max for Plastibox with INSTANT manifold
Nr. vías max aconsejado para Plastibox con colectores INSTANT

PLASTIBOX (mm)	1"	3/4"
	A+B	A+B
310x310	3 vie	4 vie
460x310	7 vie	8 vie
610x310	12 vie	12 vie



Tubo y Plancha aislante producidos en caucho elastomérico extrusionado y expandido (FEF) sin la utilización de CFC y HCFC, de acuerdo a los parámetros previstos en la Norma Europea EN 14304. La clasificación del humo para tubos es clase s2 (según el ensayo previsto en la Norma EN 13823) siendo el material más indicado para el aislamiento térmico de instalaciones, de refrigeración climatización, fontanería, y en instalaciones civiles e industriales.



Descripción del material: Espuma elastomérica flexible (FEF) de célula cerrada de color negro.

Gama producto: Tubo en barra (también en una versión adhesiva) y rollo con espesor de 6 a 60 mm con diámetros de 6 a 170 mm. Plancha y rollo (también en una versión adhesiva) con espesor de 6 a 60 mm. Rollos de cinta antigoteo con espesor de 3 mm.

Empleo: Aislamiento térmico de componentes en instalaciones de climatización, calefacción, refrigeración para aplicaciones civiles e industriales.

Tolerancias dimensionales: Según tabla 1 Norma EN 14304.

Información ecológica: Extrusionado y expandido sin CFC ni HCFC. No degrada la capa de ozono (ODP cero) y no provoca el efecto sierra (GWP cero).

Información adjunta: Para la versión adhesivada se utiliza un adhesivo acrílico modificado, con red de refuerzo, protegido con una película de polietileno o en hoja de papel. Pueden encontrarse trazas de silicona sobre la película protectora.

Condiciones de estocaje/conservación: Estocar el material en lugar limpio y seco con temperatura ambiente entre 0 °C y 35 °C y una H.R. comprendida entre 50% y 70%. No exponer al calor o los rayos solares antes de la instalación. La conservación de los adhesivados no ha de superar un año.

CARACTERÍSTICAS	VALOR DE REFERENCIA	TEST DE PRUEVA
Temperatura de ejercicio del fluido*	-45 °C +110 °C	EN 14706/EN 14707
Conductividad térmica λ A la temperatura media de 0 °C	Tubo esp. ≤ 25 mm ≤ 0.033 W/m·K Tubo esp. > 25 mm ≤ 0.035 W/m·K Plancha esp. ≤ 32 mm ≤ 0.033 W/m·K Plancha esp. > 32 mm ≤ 0.034 W/m·K Cinta ≤ 0.033 W/m·K	EN 12667/EN ISO 8497
A la temperatura media de + 40 °C	Tubo esp. ≤ 25 mm ≤ 0.037 W/m·K Tubo esp. > 25 mm ≤ 0.039 W/m·K Plancha esp. ≤ 32 mm ≤ 0.037 W/m·K Plancha esp. > 32 mm ≤ 0.038 W/m·K Cinta ≤ 0.037 W/m·K	
Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)	≥ 7000	EN 13469/EN 12086
Absorción de agua	$< 0,1$ kg/m ²	EN 13472/EN 1609
Clasificación de reacción al fuego Euroclase	Tubo B _L -s2,d0 Cinta B-s2,d0 Plancha B-s3,d0 Plancha 60 mm E	EN 13501-1
UK: Fire propagation Surface spread of flame Building Regulations	$i_1 \leq 6.0$ Class 1 Class 0	BS476: Part 6 BS476: Part 7 BS476 Parts 6 and 7
USA, Canada	Approved UL Flame Class V-0, hasta 13 mm. Flame Class V-0, HF-1 - esp. 3 mm	UL 94 UL 746 A - UL 746 B
Aplicación naval (MED Marine)	De acuerdo con los requisitos	IMO Res. MSC.307(88); IMO MSC/Circ. 1004 (Directiva MED 2014/90/UE Módulos B y D)
Resistencia al ozono	Excelente	ISO 7326
Comportamiento antimicrobiano	de acuerdo con los requisitos	AATCC test method 30-2004
Riesgo corrosiones	de acuerdo con los requisitos	EN 13486

* NB: per applicazione a temperature inferiori, contattare il ns ufficio tecnico.

Para información relativa a la resistencia química del producto consultar la documentación técnica específica.

Para plancha y cinta autoadhesiva la temperatura máxima de uso es de +90 °C. Para aplicaciones a temperatura superior, contactar con nuestra oficina técnica.

Marcado **CE** en Sistema 1 según la Norma EN 14304.

Certificado de Garantía de Prestaciones remitido por CSI S.p.A. - Bollate IT-20021.

El producto cumple con los requisitos de las disposiciones requeridas para obtener la marca Eco-Bau.

Todas las normativas citadas en el presente documento están actualizadas según la última versión publicada.

Para aplicaciones en exteriores, Eurobatex está protegido con revestimiento externo tipo Union Covering o con barniz polimérico tipo Vec. Union Foam S.p.A. se reserva la posibilidad de modificar la información anterior sin previo aviso.



EUROBATEX®

TUBO AISLANTE DE LONGITUD 2 m

GAMA DE PRODUCTO

TUBO COBRE (Cu)		TUBO HIERRO (Fe)			TUBO PE/PP/PVC	Espesor 6 mm		Espesor 9 mm		Espesor 13 mm	
Ø est. mm	Ø nomin. DN	Ø est. mm	Ø pulg.	Ø nomin. DN	Ø nomin. DN	Codigo articulo espesor x Ø int.	m/ct	Codigo articulo espesor x Ø int.	m/ct	Codigo articulo espesor x Ø int.	m/ct
6	4					06-06 EUR	496	09-06 EUR	352	13-06 EUR	220
8	6					06-08 EUR	432	09-08 EUR	300	13-08 EUR	210
10	8	10,20	1/8"	6		06-10 EUR	364	09-10 EUR	266	13-10 EUR	172
12	10				12	06-12 EUR	316	09-12 EUR	234	13-12 EUR	162
14	10	13,60	1/4"	8		06-14 EUR*	266	09-14 EUR*	192	13-14 EUR*	136
15/16					16	06-15/16 EUR	266	09-15/16 EUR	192	13-15/16 EUR	136
17/18	15	17,20	3/8"	10		06-17/18 EUR	220	09-17/18 EUR	166	13-17/18 EUR	118
20					20	06-20 EUR*	180	09-20 EUR*	136	13-20 EUR*	98
22	20	21,30	1/2"	15		06-22 EUR	180	09-22 EUR	136	13-22 EUR	98
25	20	25,0			25	06-25 EUR*	152	09-25 EUR*	108	13-25 EUR*	80
27/28	25	26,90	3/4"	20		06-27/28 EUR	130	09-27/28 EUR	98	13-27/28 EUR	78
34/35	32	33,7	1"	25		06-34/35 EUR	100	09-34/35 EUR	76	13-34/35 EUR	58
38								09-38 EUR*	66	13-38 EUR*	50
42		42,4	1,1/4"	32		06-42 EUR	90	09-42 EUR	60	13-42 EUR	48
48		48,3	1,1/2"	40				09-48 EUR	50	13-48 EUR	40
54								09-54 EUR	46	13-54 EUR	34
57								09-57 EUR*	46	13-57 EUR*	32
60		60,3	2"	50				09-60 EUR	46	13-60 EUR	32
64								09-64 EUR*	46	13-64 EUR*	30
70		70,0						09-70 EUR	40	13-70 EUR	26
76	65	76,1	2,1/2"	65				09-76 EUR	40	13-76 EUR	26
80								09-80 EUR*	36	13-80 EUR*	24
90	80	88,9	3	80				09-90 EUR	36	13-90 EUR	24
101		101,6/104,3	3,1/2"					09-101 EUR	22	13-101 EUR	16
108								09-108 EUR*	22	13-108 EUR*	16
114	100	114,3	4"	100				09-114 EUR	22	13-114 EUR	16
127		127,0								13-127 EUR*	12
133		133,0								13-133 EUR*	12
140		139,7								13-140 EUR*	12
160		160,0								13-160 EUR*	12
168										13-168 EUR*	10

* Artículo suministrado bajo pedido específico. Dimensiones embalaje: 212 x 33 x 39 cm.



EUROBATEX TUBO LONGITUD 2 m

TUBO COBRE (Cu)		TUBO HIERRO (Fe)			TUBO PE/PP/PVC	Espesor 19 mm		Espesor 25 mm		Espesor 32 mm	
Ø est. mm	Ø nomin. DN	Ø est. mm	Ø pulg.	Ø nomin. DN	Ø nomin. DN	Código artículo espesor x Ø int.	m/ct	Código artículo espesor x Ø int.	m/ct	Código artículo espesor x Ø int.	m/ct
10	8	10,20	1/8"	6		19-10 EUR	98				
12	10					19-12 EUR	88				
14	10	13,60	1/4"	8		19-14 EUR*	78				
15/16					12	19-15/16 EUR	78				
17/18	15	17,20	3/8"	10		19-17/18 EUR	72	25-17/18 EUR	50	32-17/18 EUR	32
20					16	19-20 EUR*	66				
22	20	21,30	1/2"	15		19-22 EUR	64	25-22 EUR	42	32-22 EUR	32
25	20	25,0			20	19-25 EUR*	50				
27/28	25	26,90	3/4"	20		19-27/28 EUR	48	25-27/28 EUR	40	32-27/28 EUR	24
34/35	32	33,7	1"	25	25	19-34/35 EUR	36	25-34/35 EUR	24	32-34/35 EUR	22
38						19-38 EUR*	32				
42		42,4	1,1/4"	32		19-42 EUR	32	25-42 EUR	22	32-42 EUR	16
48		48,3	1,1/2"	40		19-48 EUR	24	25-48 EUR	18	32-48 EUR	14
54						19-54 EUR	24	25-54 EUR	16	32-54 EUR	12
57						19-57 EUR*	22				
60		60,3	2"	50		19-60 EUR	22	25-60 EUR	12	32-60 EUR	10
64						19-64 EUR*	18	25-64 EUR*	12	32-64 EUR*	10
70		70,0				19-70 EUR	18	25-70 EUR*	12	32-70 EUR*	8
76	65	76,1	2,1/2"	65		19-76 EUR	18	25-76 EUR	10	32-76 EUR	8
80						19-80 EUR*	14			32-80 EUR*	8
90	80	88,9	3	80		19-90 EUR	14	25-90 EUR	8	32-90 EUR	8
101		101,6/104,3	3,1/2"			19-101 EUR	14	25-101 EUR	8	32-101 EUR	6
108						119-108 EUR*	12	25-108 EUR*	6	32-108 EUR	6
114	100	114,3	4"	100		19-114 EUR	12	25-114 EUR	6	32-114 EUR	6
127		127,0				19-127 EUR*	10				
133		133,0				19-133 EUR*	8	25-133 EUR	6	32-133 EUR	6
140		139,7				19-140 EUR*	8	25-140 EUR	4	32-140 EUR	4
160		160,0				19-160 EUR*	8	25-160 EUR*	4	32-160 EUR*	4
168						19-168 EUR*	8	25-168 EUR*	4	32-168 EUR*	4

*Artículo suministrado bajo pedido específico. Dimensiones embalaje: 212 x 33 x 39 cm. Otros espesores y diámetros se pueden producir bajo pedido.

EUROBATEX Espesores y diámetros acordes al RITE

Ø		Espesor 20 mm	Espesor 25 mm	Espesor 30 mm	Espesor 40 mm	Espesor 50 mm	Espesor 60 mm
Pulgadas	mm						
	6	19 x 06					
1/8"	10	19 x 10					
	12	19 x 12					
1/4"	14	19 x 15					
3/8"	18	19 x 18	25 x 18	30 x 18	40 x 18	50 x 18	
1/2"	22	19 x 22	25 x 22	30 x 22	40 x 22	50 x 22	
3/4"	28	19 x 28	25 x 28	30 x 28	40 x 28	50 x 28	
1"	35	19 x 35	25 x 35	30 x 35	40 x 35	50 x 35	
1,1/4"	42	19 x 42	25 x 42	30 x 42	40 x 42	50 x 42	
1,1/2"	48	19 x 48	25 x 48	30 x 48	40 x 48	50 x 48	
	54	19 x 54	25 x 54	30 x 54	40 x 54	50 x 54	
	57						
2"	60	19 x 60	25 x 60	30 x 60	40 x 60	50 x 60	
2,1/2"	76	19 x 76	25 x 76	30 x 76	40 x 76	50 x 76	
3"	89	19 x 89	25 x 89	30 x 89	40 x 89	50 x 89	
4"	114	19 x 114	25 x 114	30 x 114	40 x 114	50 x 114	60 x 114
	140	19 x 140	25 x 140	30 x 140	40 x 140	50 x 140	60 x 140



BLISS

YOUR HOME YOUR CLIMATE



TERMOSTATO Y CRONOTERMOSTATO





BLISS



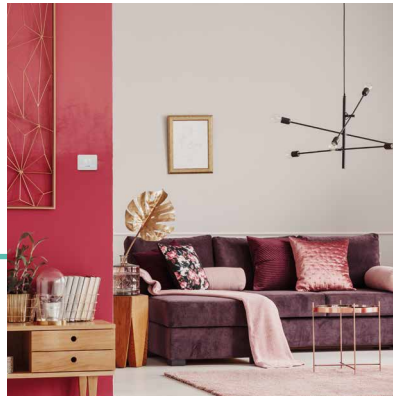
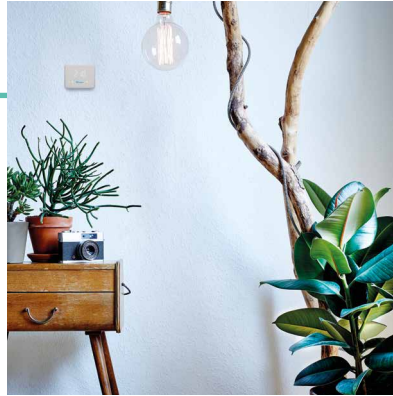
Pronuncia: [blis]

Adjetivo

1. Gran felicidad; alegría o satisfacción.
2. En teología. La alegría del cielo.
3. Referente a la preciosidad, a una joya.



Siempre adaptado a tu estilo.



DISEÑO ESENCIAL

Perfecto para cualquier
tipo de ambiente.

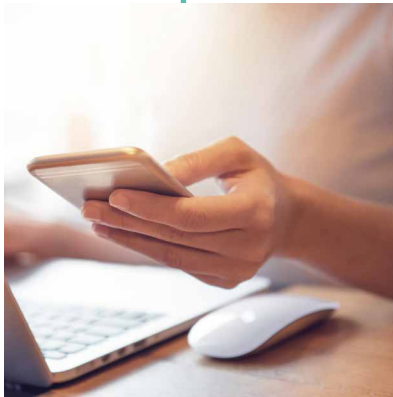


CONTROL REMOTO - WIFI

Controla la temperatura
donde sea que estés.

SENCILLO

Programación manual
o mediante la app



AHORRO ENERGÉTICO

Situación siempre bajo
control gracias a estadísticas
e informes sobre el
consumo en tu hogar.

Válvulas automáticas de purga de aire ROBOCAL

serie 5024 - 5025 - 5026 - 5027



01033/08 E

domoticus
innovamos tu vida



BSI EN ISO 9001:2000
Cert. n.º FM 21654



UNI EN ISO 9001:2000
Cert. n.º 0003



Función

Las válvulas automáticas de purga de aire eliminan, sin necesidad de intervención manual, el aire que se acumula en el interior de los sistemas de climatización. Esto evita efectos indeseados, como el ruido, el desgaste de los dispositivos instalados en el circuito y la pérdida de rendimiento de los elementos de calefacción.



Gama de productos

Serie 5024 Purgador automático con descarga horizontal	medidas 1/4" y 3/8" M
Serie 5025 Purgador automático con descarga horizontal y grifo de corte automático	medida 3/8" M
Serie 5026 Purgador automático descarga vertical	medidas 3/8" y 1/2" M
Serie 5027 Purgador automático con descarga vertical y grifo de corte automático	medidas 3/8" M

Características técnicas

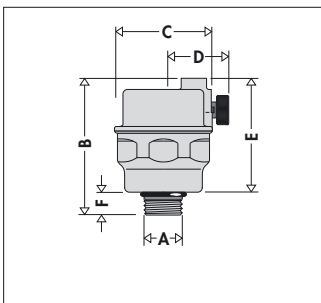
Materiales:

Cuerpo y tapa:	latón EN 12165 CW617N
Boya:	PP
Obturador:	goma de silicona
Resorte:	acero inoxidable
Juntas:	EPDM
Junta del grifo de corte:	PTFE

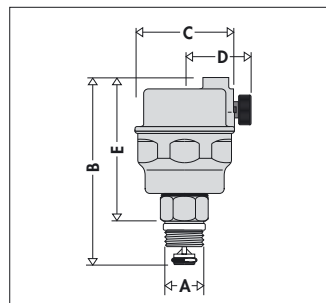
Prestaciones:

Fluidos utilizables:	agua o soluciones de glicol
Porcentaje máximo de glicol:	30%
Presión máxima de servicio:	10 bar
Presión máxima de descarga:	5024 y 5025 4 bar 5026 y 5027 6 bar
Temperatura máxima de servicio:	5024 y 5026 115°C 5025 y 5027 110°C

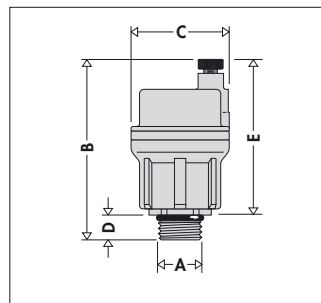
Dimensiones



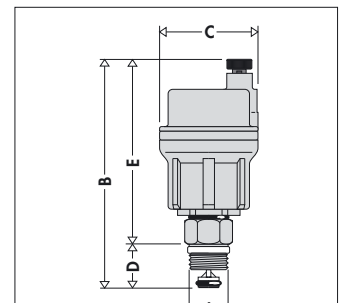
Código	A	B	C	D	E	F	Peso (kg)
502420	1/4"	55	∅ 40	25	45	10	0,140
502430	3/8"	55	∅ 40	25	45	10	0,147



Código	A	B	C	D	E	Peso (kg)
502530	3/8"	72	∅ 40	25	57	0,167

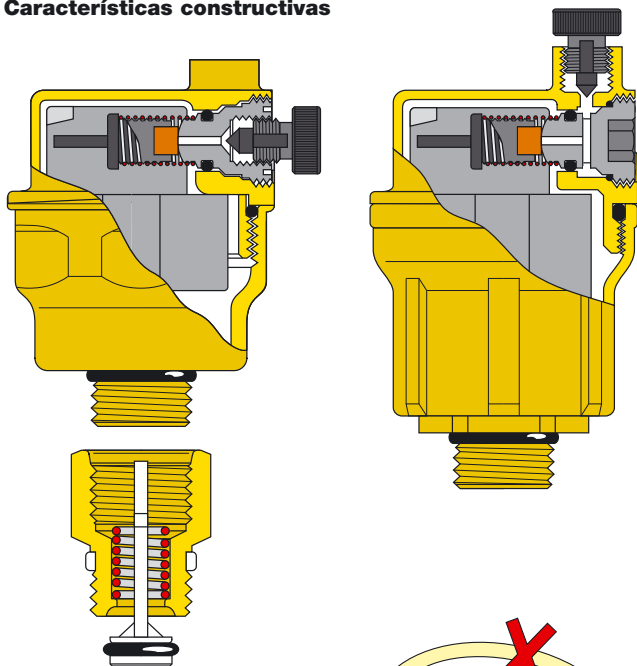


Código	A	B	C	D	E	Peso (kg)
502630	3/8"	77	∅ 40	10	67	0,155
502640	1/2"	77	∅ 40	10	67	0,160



Código	A	B	C	D	E	Peso (kg)
502730	3/8"	101	∅ 40	19	82	0,175

Características constructivas



Sistema antirrotación y anti-vibración de la boya

La boya se fija de modo tal que, en posición de reposo, el obturador no se vea afectado por los movimientos externos.

Obturador en seco

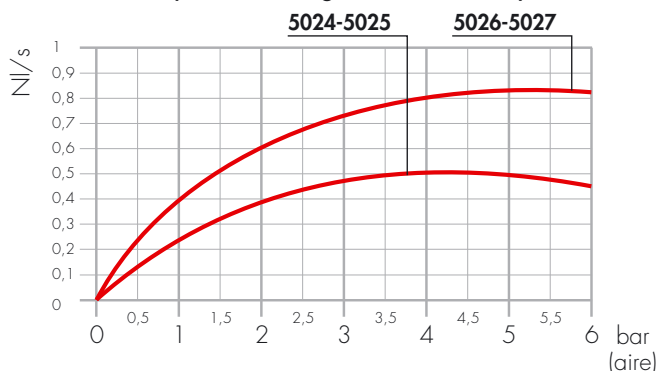
La posición de la boya y de los demás órganos internos impide que el agua llegue al obturador, evitando así los inconvenientes que causaría la infiltración de las impurezas presentes en el líquido.

Versiones con grifo de corte

El grifo de corte automático, montado en el cuerpo de la válvula con una junta tórica de EPDM para asegurar su estanqueidad, facilita el mantenimiento porque permite interrumpir el flujo de agua con la válvula desactivada, y también controlar el funcionamiento del dispositivo de purga.

Características fluidodinámicas

Caudal de aire (durante la carga de la instalación)



Instalación

- Para efectuar la purga, se debe girar el tapón del orificio de salida hacia la izquierda, dándole una vuelta completa desde la posición de totalmente cerrado. Si el tapón se deja en esta posición, el aire sale automáticamente.
- No se aconseja instalar válvulas de purga de aire en sitios no inspeccionables o expuestos a heladas.

Accesorios

- Para las medidas 3/8" y 1/2" se utilizan los grifos de corte serie 561.
- En todas las series ROBOCAL se puede montar el tapón antiaspiración cód. 562200.



ESPECIFICACIONES

Serie 5024

Purgador automático. Conexión roscada 1/4" M (3/8" M). Cuerpo y tapa de latón. Obturador en goma de silicona. Temperatura máxima de servicio 115°C. Presión máxima de servicio 10 bar. Presión máxima de descarga 4 bar. Sistema antirrotación y antivibración de la boya. Descarga horizontal.

Serie 5025

Purgador automático con grifo automático de corte. Conexión roscada 3/8" M. Cuerpo y tapa de latón. Obturador en goma de silicona. Temperatura máxima de servicio 110°C. Presión máxima de servicio 10 bar. Presión máxima de descarga 4 bar. Sistema antirrotación y antivibración de la boya. Descarga horizontal.

Serie 5026

Purgador automático. Conexión roscada 3/8" M (1/2" M). Cuerpo y tapa de latón. Obturador en goma de silicona. Temperatura máxima de servicio 115°C. Presión máxima de servicio 10 bar. Presión máxima de descarga 6 bar. Sistema antirrotación y antivibración de la boya. Descarga vertical.

Serie 5027

Purgador automático con grifo automático de corte. Conexión roscada 3/8" M. Cuerpo y tapa de latón. Obturador en goma de silicona. Temperatura máxima de servicio 110°C. Presión máxima de servicio 10 bar. Presión máxima de descarga 6 bar. Sistema antirrotación y antivibración de la boya. Descarga vertical.

Características constructivas

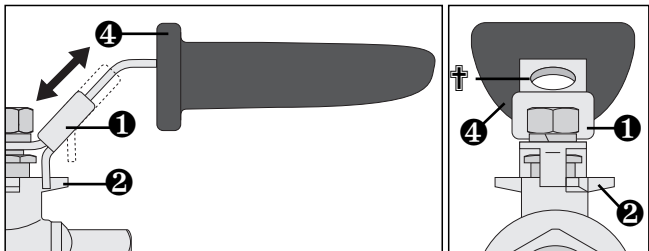
Dispositivo de bloqueo

Para garantizar una mayor seguridad, es posible bloquear la posición de la palanca de mando. Abrir o cerrar la válvula y, a continuación, deslizar la corona perfilada (1) hacia abajo e introducirla en el asiento que sobresale (2) del cuerpo de la válvula.

En el orificio (3), realizado en la palanca de mando, se puede colocar un precinto antimanipulación o un candado (no se incluye) para bloquear la corona (1).

Mando de la palanca

El mando de protección (4) de la palanca es de material plástico con baja conductividad térmica. Ha sido diseñado específicamente para resistir a las altas temperaturas, evita el riesgo de quemadura durante el accionamiento y resiste al desgaste típico de los materiales plásticos utilizados normalmente en las instalaciones exteriores.



Componentes de acero inoxidable

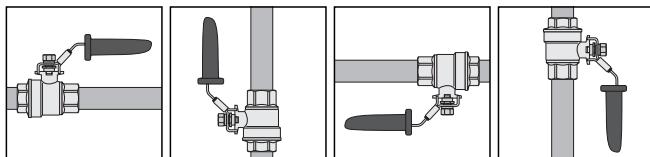
En las instalaciones exteriores, aumenta el deterioro de los componentes debido a la acción de los agentes atmosféricos y se reducen los tiempos de funcionamiento previstos.

Gracias al empleo de acero inoxidable para fabricar los componentes de la válvula serie 240, ha sido posible producir un dispositivo fiable y funcional a lo largo del tiempo. Además, garantiza la seguridad en contacto con agua glicolada a altas temperaturas.

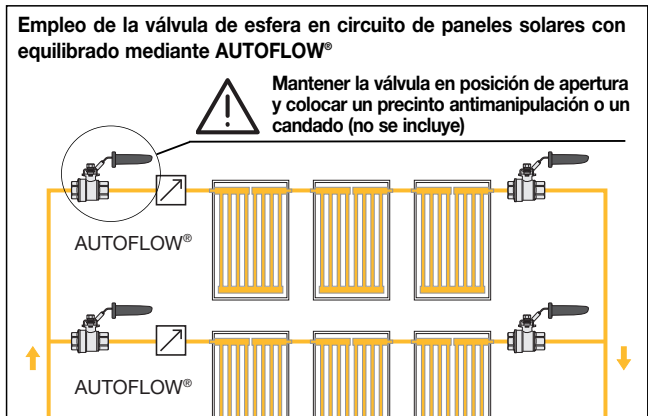
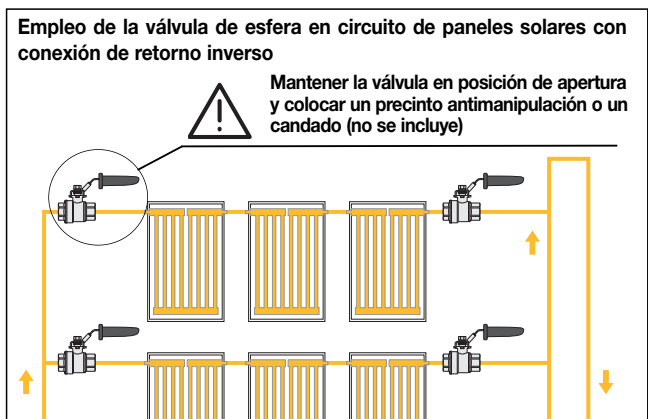
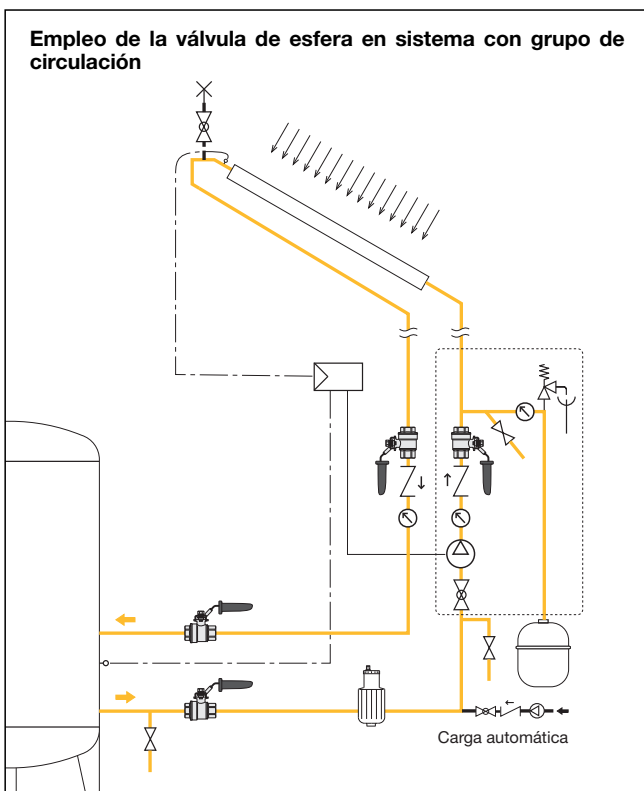
Instalación

La válvula se puede montar indistintamente en tubos verticales u horizontales.

Comprobar que una vez instalada la válvula, sea posible accionar la palanca de mando para abrirla o cerrarla.



Esquemas de aplicación



ESPECIFICACIONES

Serie 240

Válvula de esfera para instalaciones solares. Conexiones roscadas 1/2" x 1/2" (de 1/2" a 1") H. Cuerpo, palanca, eje y esfera en acero inoxidable. Asiento de la esfera en PTFE y grafito. Mando en PUR expandido. Fluido utilizable: agua o soluciones de glicol, porcentaje máximo de glicol 50%. Presión nominal PN 63. Campo de temperatura -30÷200°C.

Expansion vessels

556 - 568 - 5557 series



01079/13 GB

domoticus
innovamos tu vida



Function

Expansion vessels are devices designed to accommodate the increase in the volume of water due to the raising of its temperature, both in heating systems and in domestic hot water production systems. They are also used as hydro-pneumatic well in domestic water distribution systems.

CE 0045

CE 1370

Product range

556 series Welded expansion vessel for heating systems, CE certified _____ capacity (litres): 8, 12, 18, 25, 35, 50, 80, 100, 140, 200, 250, 300, 400, 500, 600

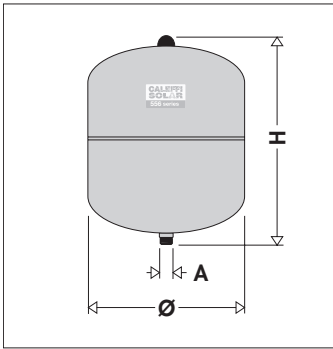
568 series Welded expansion vessel for domestic water systems and hydro-pneumatic well applications, CE certified _____ capacity (litres): 8, 12, 18, 25, 33, 50, 60, 80, 100, 200, 300, 400, 500

5557 series Welded expansion vessel for domestic water systems, CE certified _____ capacity (litres): 2, 5, 8

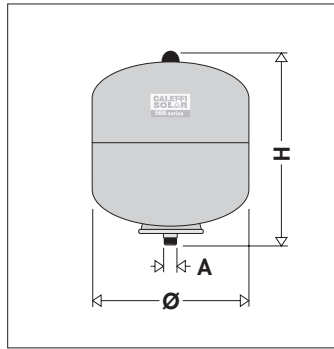
Technical specifications

series	556	568	5557
Materials:			
Body:	steel	steel	steel
Membrane:	SBR	8-33 l, butyl 50-500 l, EPDM	2-8 l, butyl
Type of membrane:	diaphragm	bladder (can be replaced for volumes from 60 to 500 l)	bladder
Pipe connection:	galvanised steel	galvanised steel	galvanised steel
Protection for pipe connection:	-	8-33 l, plastic insert 50-500 l, epoxy coating	plastic insert
Colour:	red	blue	white
Performance:			
Medium:	water, glycol solutions	water	water
Max. percentage of glycol:	50%	not applicable	not applicable
Max. working pressure:	6 bar	10 bar	10 bar
Pre-charge pressure:	1,5 bar	2,5 bar	2,5 bar
System working temperature range:	-10-120°C	-10-70°C	-10-100°C
Membrane working temperature range:	-10-70°C	-10-70°C	-10-100°C
Construction:	conforms to DIN 4807-2 and EN 13831	conforms to DIN 4807-2 and EN 13831	conforms to EN 13831
Application:	heating	domestic water, hydro-pneumatic well conforms to D.M. 6th April 2004, no. 174	domestic water conforms to D.M. 6th April 2004, no. 174
Connections:			
Pipe connection:	8-50 l: 3/4" M (ISO 7-1) 80-600 l: 1" M (ISO 7-1)	8-33 l: 3/4" M (ISO 228-1) 50-100 l: 1" M (ISO 228-1) 200-500 l: 1 1/4" M (ISO 228-1)	2 l: 1/2" M (ISO 228-1) 5 and 8 l: 3/4" M (ISO 228-1)

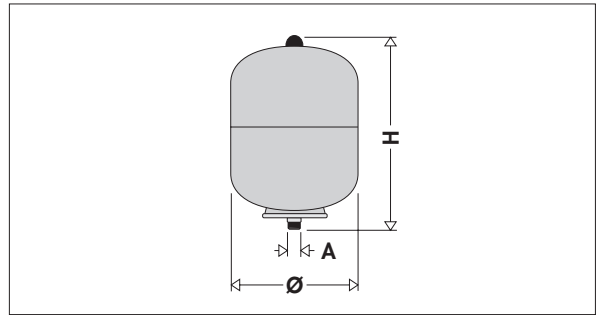
Dimensions



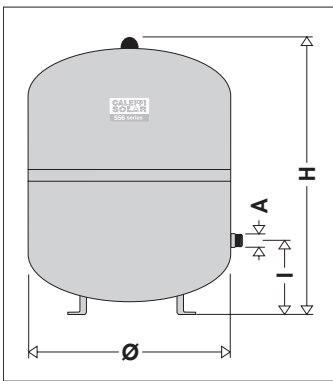
Code	Litres	A	Ø	H	Mass (kg)
556008	8	3/4"	206	285	1,7
556012	12	3/4"	280	275	2,3
556018	18	3/4"	280	345	2,8
556025	25	3/4"	280	465	3,5



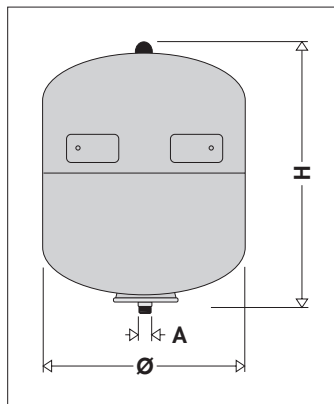
Code	Litres	A	Ø	H	Mass (kg)
568008	8	3/4"	206	320	1,8
568012	12	3/4"	280	310	2,4
568018	18	3/4"	280	380	2,8
568025	25	3/4"	280	500	3,7



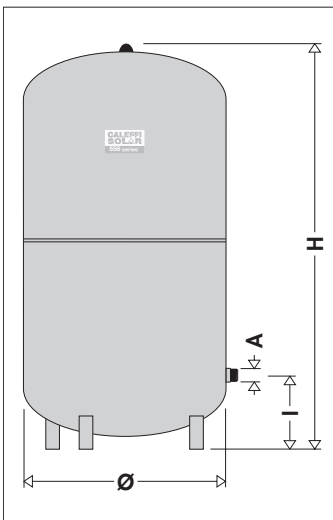
Codice	Litres	A	Ø	H	Mass (kg)
555702	2	1/2"	120	240	1,0
555705	5	3/4"	175	275	1,5
555708	8	3/4"	230	305	2,1



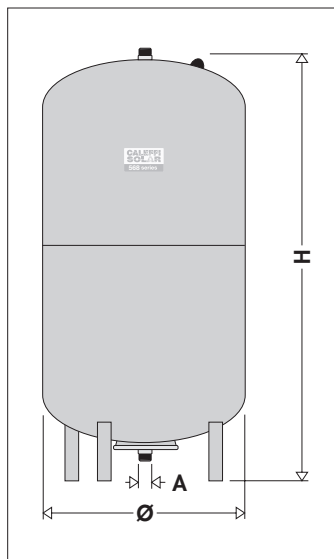
Code	Litres	A	Ø	H	I	Mass (kg)
556035	35	3/4"	354	460	130	5,7
556050	50	3/4"	409	493	175	7,5
556080	80	1"	480	565	175	9,9
556100	100	1"	480	670	175	11,2
556140	140	1"	480	912	175	14,5
556200	200	1"	634	760	205	36,7
556250	250	1"	634	890	205	45,0



Code	Litres	A	Ø	H	Mass (kg)
568033	33	3/4"	354	455	6,6



Code	Litres	A	Ø	H	I	Mass (kg)
556300	300	1"	634	1060	235	52,0
556400	400	1"	740	1070	245	65,0
556500	500	1"	740	1290	245	79,0
556600	600	1"	740	1530	245	85,0



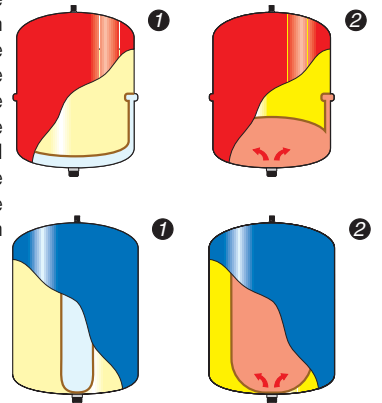
Code	Litres	A	Ø	H	Mass (kg)
568050	50	1"	409	605	9,5
568060	60	1"	409	740	14,0
568080	80	1"	480	730	16,0
568100	100	1"	480	835	19,0
568200	200	1 1/4"	634	970	47,0
568300	300	1 1/4"	634	1270	53,0
568400	400	1 1/4"	740	1245	70,0
568500	500	1 1/4"	740	1475	79,0

Operating principle

Expansion vessel for heating and domestic water circuits

The closed expansion vessel with membrane consists of a closed container divided into two parts by a membrane which separates the water from the gas (usually nitrogen) and acts as an expansion accommodator.

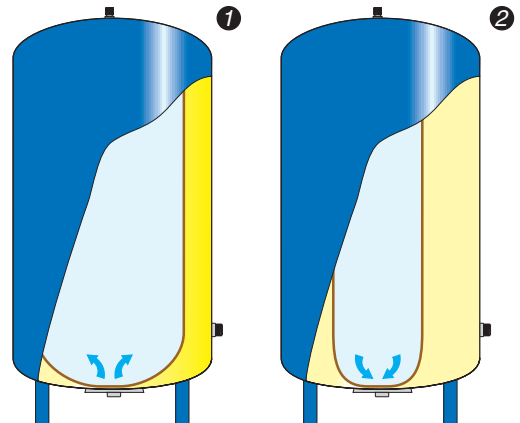
Following an increase in temperature, an increase in pressure takes place in the vessel in relation to the pre-charge pressure when cold (fig. 1) until it reaches the value corresponding to the maximum expansion (fig. 2).



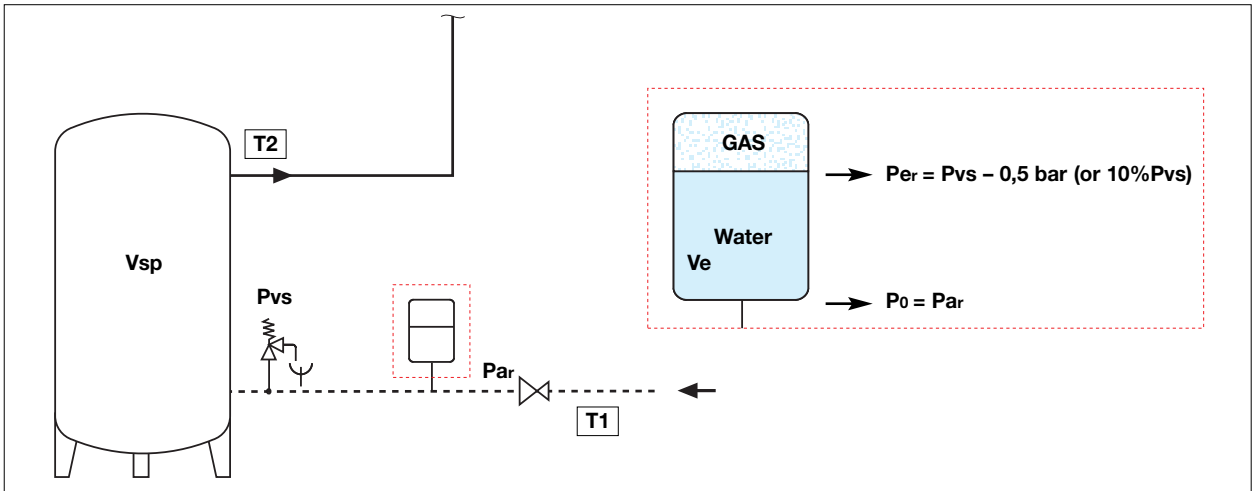
Hydro-pneumatic well

The operating principle of hydro-pneumatic wells is as follows. The pump, activated by the pressure switch, starts up and the vessel starts to fill. When the pressure reaches the setting value, the pump stops: the vessel has reached its maximum capacity (fig. 1).

In case of water request by the user, pressure is used to supply water to the system and gradually decreases in the period between activation and deactivation of the pumps (fig. 2).



Domestic water systems



Sizing method

T1 = cold water supply temperature
T2 = hot water storage temperature
e = water expansion coefficient, calculated according to the maximum temperature difference between the cold water supply and the hot water storage

$$e = n_{T2}/100 - n_{T1}/100$$

Definition of volumes

Vn = vessel volume (l), to be calculated
Vsp = volume of the heated water (l) (inside the storage)
Ve = expansion volume due to the water heating up (l)

Pressure definition - all the pressures listed below are measured at the pressure gauge (relative pressures):

P0 = vessel pre-charge pressure at the gas side (bar)
Pvs = safety relief valve setting pressure (bar)
Par = initial relative pressure (bar) at the water side, represented by the maximum inlet pressure (setting value of the pressure reducing valve or the maximum mains supply pressure)

$$Par = P0$$

Per = maximum system working pressure (bar) at the gas side (Pvs), decreased by a pressure value which prevents the safety relief valve from opening.

$$Per = Pvs - 0,5 \text{ bar (10\% Pvs if Pvs > 5 bar)}$$

The capacity of a closed expansion vessel with membrane (diaphragm) for domestic water systems with storage is calculated by the following formula:

$$Vn = \frac{e \cdot Vsp}{1 - \frac{Pa}{Pe}} \quad (2)$$

Absolute pressures

Pa = initial absolute pressure at the gas side (bar), equal to the maximum inlet pressure Par + atmospheric pressure (1 bar). In practice this is the cold preset pressure of the vessel increased by 1 bar.

$$Pa = Par + 1 = P0 + 1$$

Pe = final absolute pressure at the gas side (bar), obtained from the maximum relative system working pressure Per + atmospheric pressure (1 bar).

$$Pe = Per + 1$$

Indicative coefficient "n" as the temperature "T (°C)" varies in relation to the temperature of 10°C, without glycol

°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
n	0	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,7	2,3	2,9	3,6

Example:

Sizing an expansion vessel for a domestic water system with the following technical specifications:

Vsp = volume of the heated water (storage) = **600 l**
T1 = cold water supply temperature = **10°C**
T2 = hot water storage temperature = **80°C**
Par = initial pressure at the water side = **3,5 bar**
Pvs = safety relief valve setting pressure = **6 bar**

Solution:

From the table of "n" coefficient values we can see:

for T1 = 10°C -> n_{T1} = 0,1 for T2 = 80°C -> n_{T2} = 2,9 therefore "e" for ΔT = 70°C is obtained from:

$$e = (2,9/100) - (0,1/100) = 0,028$$

P0 = vessel pre-charge pressure at the gas side = Par = **3,5 bar**
Per = maximum system working pressure at the gas side = Pvs - 0,5 bar = 6 - 0,5 = **5,5 bar**

Pa = initial absolute pressure at the gas side = Par + 1 = 3,5 + 1 = **4,5 bar**

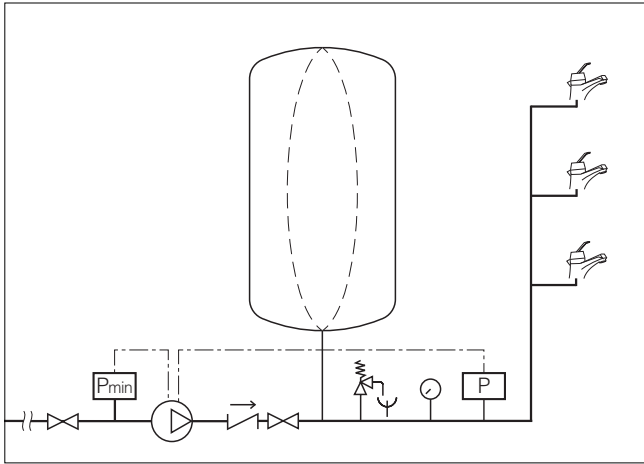
Pe = final absolute pressure at the gas side = Per + 1 = 5,5 + 1 = **6,5 bar**

Formula (2) is applied to calculate the volume of the vessel Vn:

$$Vn = \frac{0,028 \cdot 600}{1 - \frac{4,5}{6,5}} = \mathbf{54,54 \text{ l}}$$

A 60 l vessel should therefore be selected (this must be pre-charged to 3,5 bar)

Hydro-pneumatic well with membrane



Sizing method

- V_n = volume of the vessel (hydro-pneumatic well) (l)
 G_{pr} = design flow rate (l/s)
 P_{min} = minimum pressure rise (bar), equal to the **minimum pressure switch trigger value**
 P_{max} = maximum pressure rise (bar), equal to the **maximum pressure switch trigger value**
 a = maximum number of hourly pump interventions (h⁻¹)
 $a = 30$ for pump power < 3 kW
 $a = 25$ for pump power 3–5 kW
 $a = 20$ for pump power 5–7 kW
 $a = 15$ for pump power 7–10 kW
 $a = 10$ for pump power > 10 kW

The capacity of an expansion vessel to be used as hydro-pneumatic well with membrane is calculated with the following formula:

$$V_n = 6 \cdot \frac{G_{pr} \cdot 60}{a} \cdot \frac{P_{max} + 1}{P_{max} - P_{min}} \quad (3)$$

Example:

Sizing a hydro-pneumatic well with membrane for a network with the following technical specifications:

- $G_{pr} = 3,4$ l/s
 $P_{min} = 5$ bar
 $P_{max} = 6$ bar
 Pump power $P = 1,5$ kW

Solution:

Formula (3) is applied to calculate the volume of the vessel V_n :

$$V_n = 6 \cdot \frac{3,4 \cdot 60}{30} \cdot \frac{6 + 1}{6 - 5} = 285,6 \text{ l}$$

A 300 l vessel should therefore be selected.



Construction details

The expansion vessels are supplied preset with nitrogen. The pre-charge pressure can be modified with compressed air.

Vessel specifications for domestic water systems

Gas valve position

For 8 to 50 l vessels, the top cap (1) can be removed manually and protects the gas pre-charging valve (2) used to change or restore the pre-charge pressure.

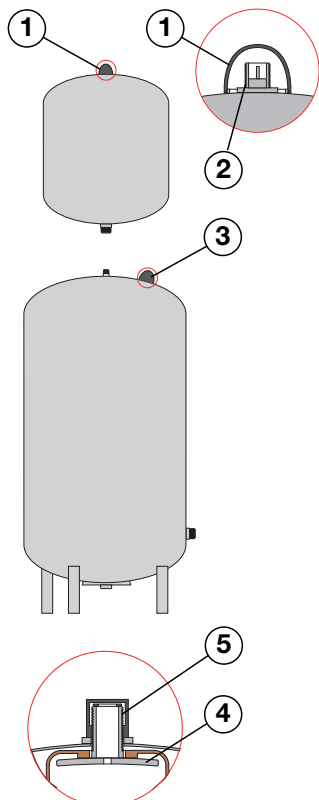
For 80 to 500 l vessels, the gas presetting valve with protection cover is positioned at the side (3).

Replaceable membrane

The internal membrane can be replaced in 60 to 500 litre models.

Bladder membrane in 80 to 500 l vessels

In this range of vessels, the internal membrane is drilled on top and rests on the internal support (4). A 1/2" male connection (5) with cap offers contact with the water contained inside.



Reference standards

The reference European standard is Directive 97/23/EC, also known as P.E.D. (Pressure Equipment Directive) which until 29.05.2002 coexisted with the Italian standard.

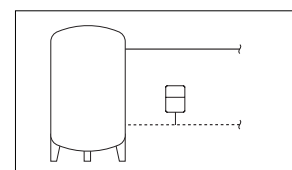
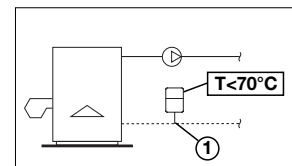
Caleffi 556 - 568 series expansion vessels are CE marked and a declaration of conformity is available.

Installation

It is advisable to install expansion vessels on the pipe containing the lowest temperature water. For heating systems, the correct installation should be on the return pipe.

If the temperature at the point of installation (1) causes the vessel to reach a temperature over 70°C, it is advisable to adopt suitable system devices, such as an intermediate through-vessel.

For domestic water systems, the correct installation should be on the incoming cold water supply pipe.



Accessories



5580

Shut-off ball valve for expansion vessels, with drain cock for domestic water circuit.

Max. working pressure: 6 bar.
Max. working temperature: 85°C.

Code

558050	3/4"
558060	1"
558070	1 1/4"

Vessel preset check

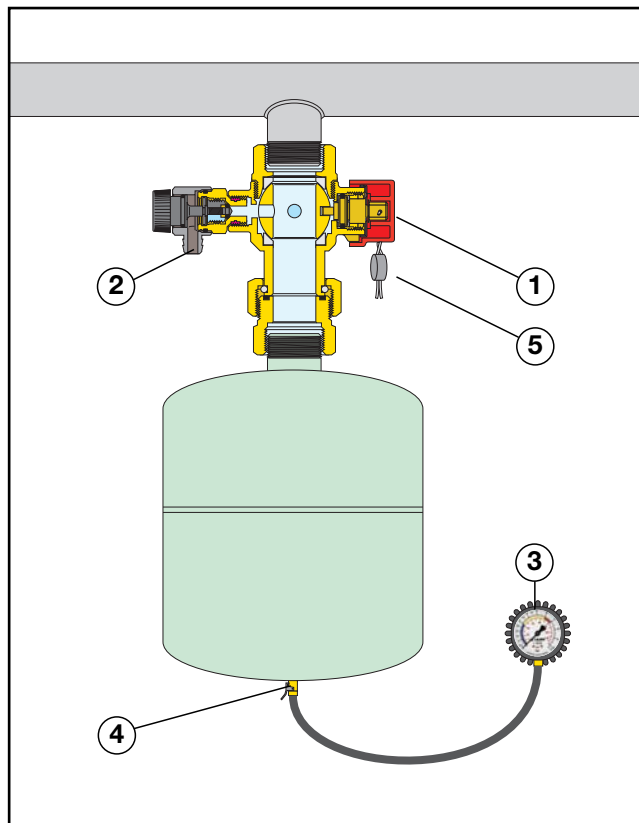
For the system to work properly, the vessel pre-charge value (at the gas side) must be checked regularly. The 5580 series valve* allows checking without having to drain the entire system, using the following method:

- Close the shut-off valve (1) after removing the seal
- Drain the vessel (2)
- Check the pre-charge value using the 5560 series pressure gauge (3)

Once the vessel has been checked (procedures in steps A, B and C), the pre-charging pressure may be restored as necessary using the gas pre-charging valve (4).

* The 5580 series valve is sealed (5) to prevent tampering or unauthorised operations.

Application diagram for 5580 series shut-off valve on domestic water vessel



SPECIFICATION SUMMARY

556 series

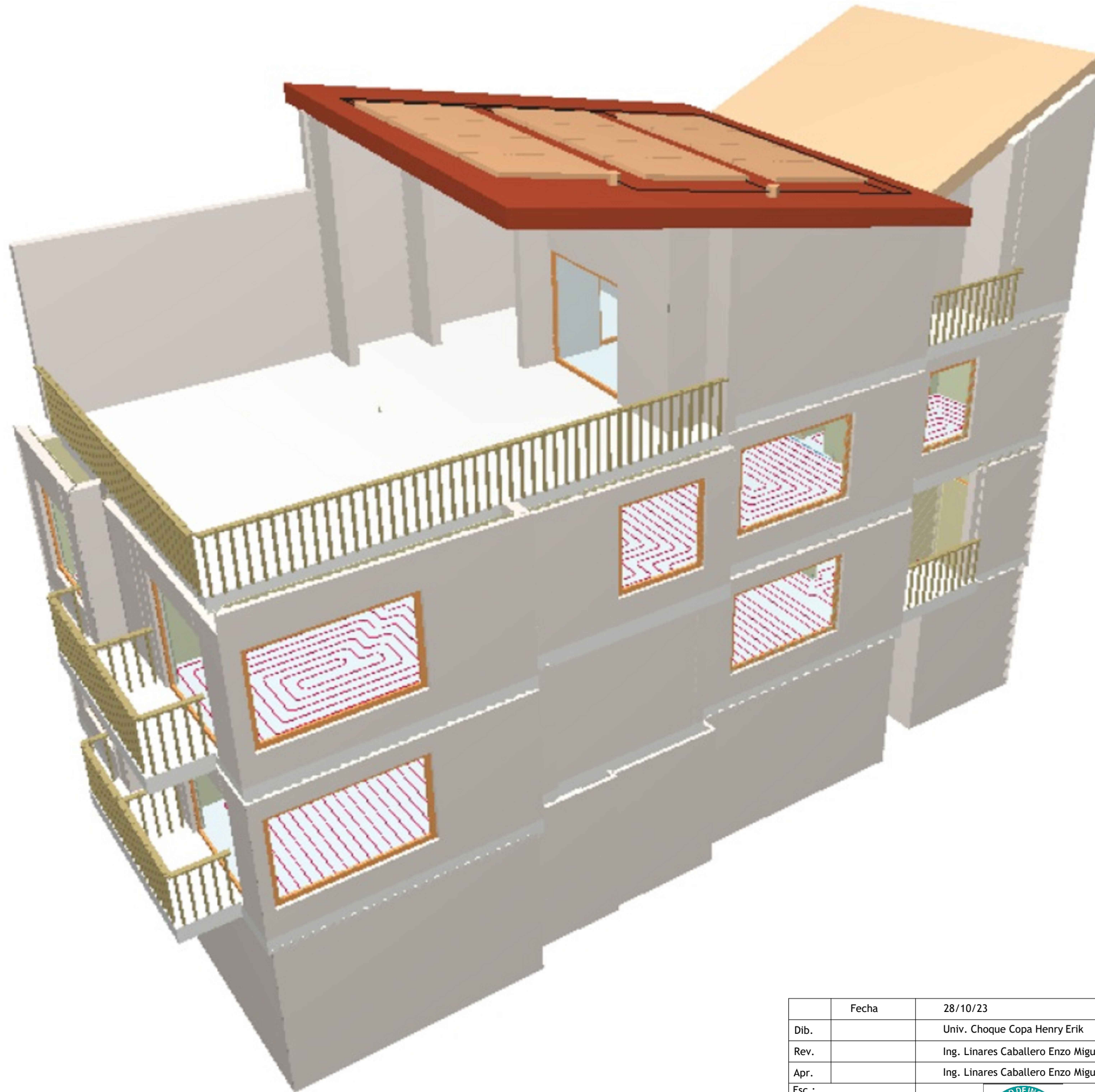
Welded expansion vessel for heating systems, CE certified. Connection 3/4" (3/4" from 8 to 50 l and 1" from 80 to 600 l) M (ISO 7-1). Steel body. SBR diaphragm membrane. Galvanised steel connection to pipe. Red colour. Medium water and glycol solutions; maximum percentage of glycol 50%. Maximum working pressure 6 bar. Pre-charge pressure 1,5 bar. System working temperature range -10-120°C; membrane working temperature range -10-70°C.


568 series

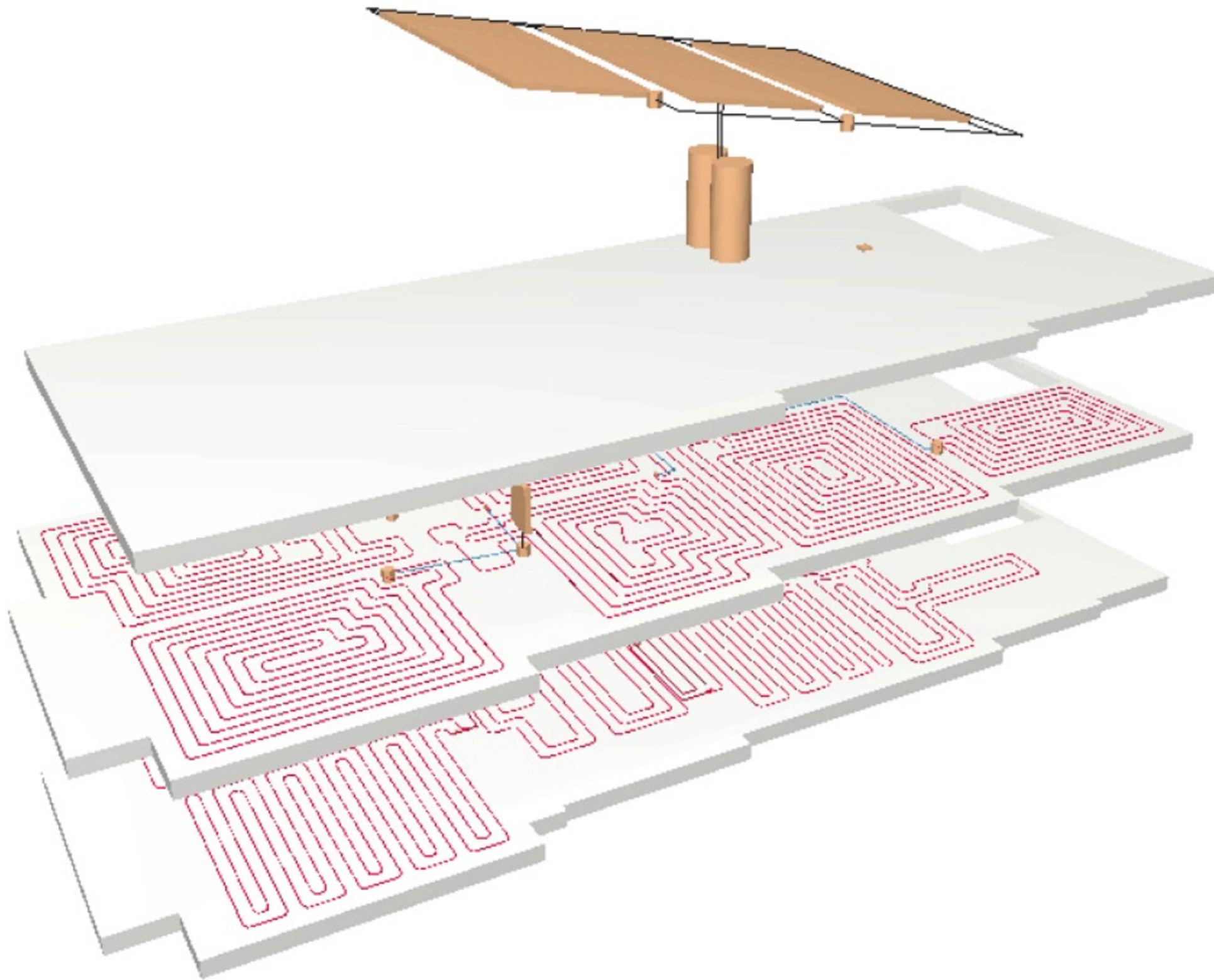
Welded expansion vessel for domestic water systems and hydro-pneumatic well applications, CE certified. Connection 3/4" (3/4" from 8 to 33 l, 1" from 50 to 100 l and 1 1/4" from 200 to 500 l) M (ISO 228-1). Steel body. Bladder membrane; in butyl (from 8 to 33 l) or in EPDM (from 50 to 500 l; replaceable for volumes from 60 to 500 l). Galvanised steel connection to pipe. Protection for connection to pipe: plastic insert (8 to 33 l) or epoxy coating (50 to 500 l). Blue colour. Medium water. Maximum working pressure 10 bar. Pre-charge pressure 2,5 bar. System working temperature range -10-70°C; membrane working temperature range -10-70°C.


5557 series

Welded expansion vessel for domestic water systems, CE certified. Connection 1/2" (1/2" 2 l; 3/4" 5 and 8 l) M (ISO 228-1). Steel body. Bladder membrane in butyl. Galvanised steel connection to pipe. Protection for connection to pipe, plastic insert. White colour. Medium water. Maximum working pressure 10 bar. Pre-charge pressure 2,5 bar. System working temperature range -10-100°C; membrane working temperature range -10-100°C.

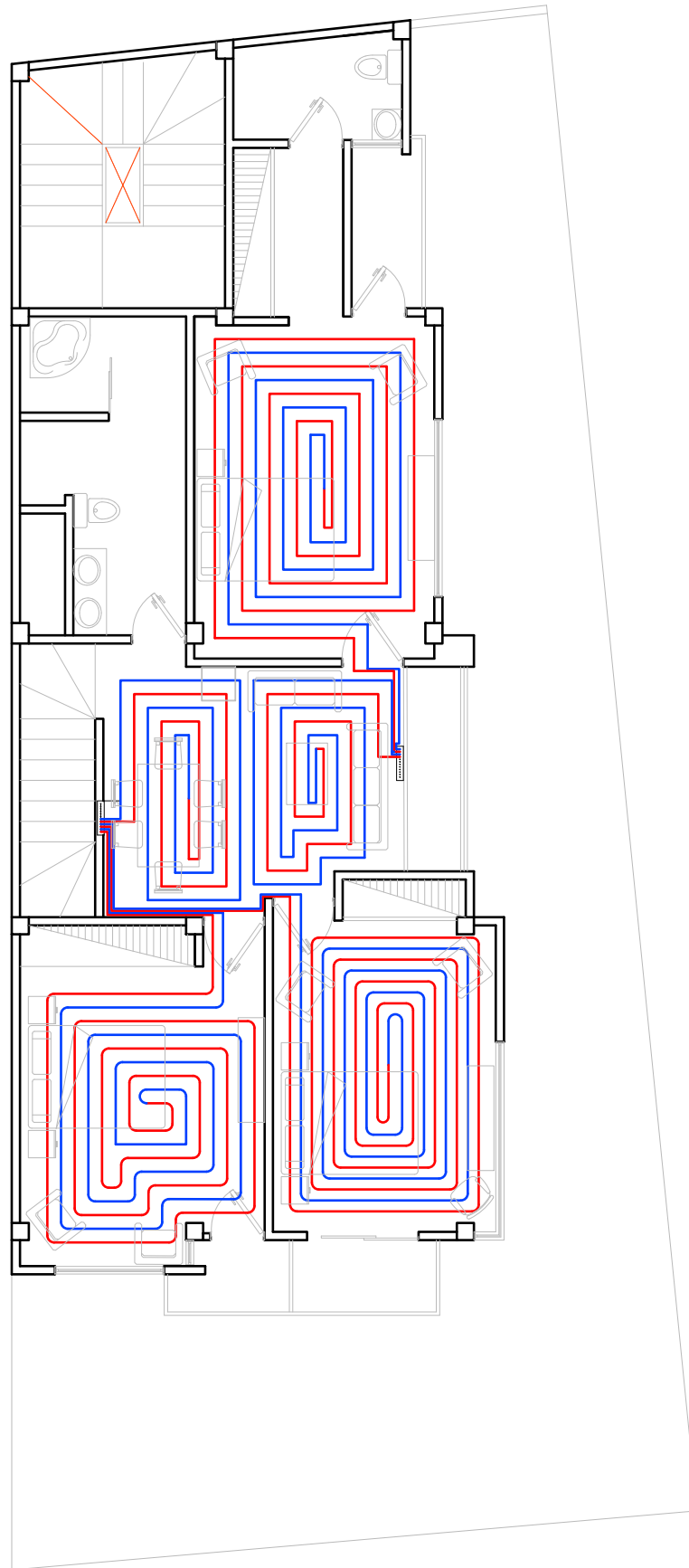



	Fecha	28/10/23	Firma	TITULO:	
Dib.		Univ. Choque Copa Henry Erik		DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA	
Rev.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Apr.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Esc.:			Carrera:	MEC 530	Nro. hoja 1
			INGENIERÍA MECÁNICA		Nro. hojas 15



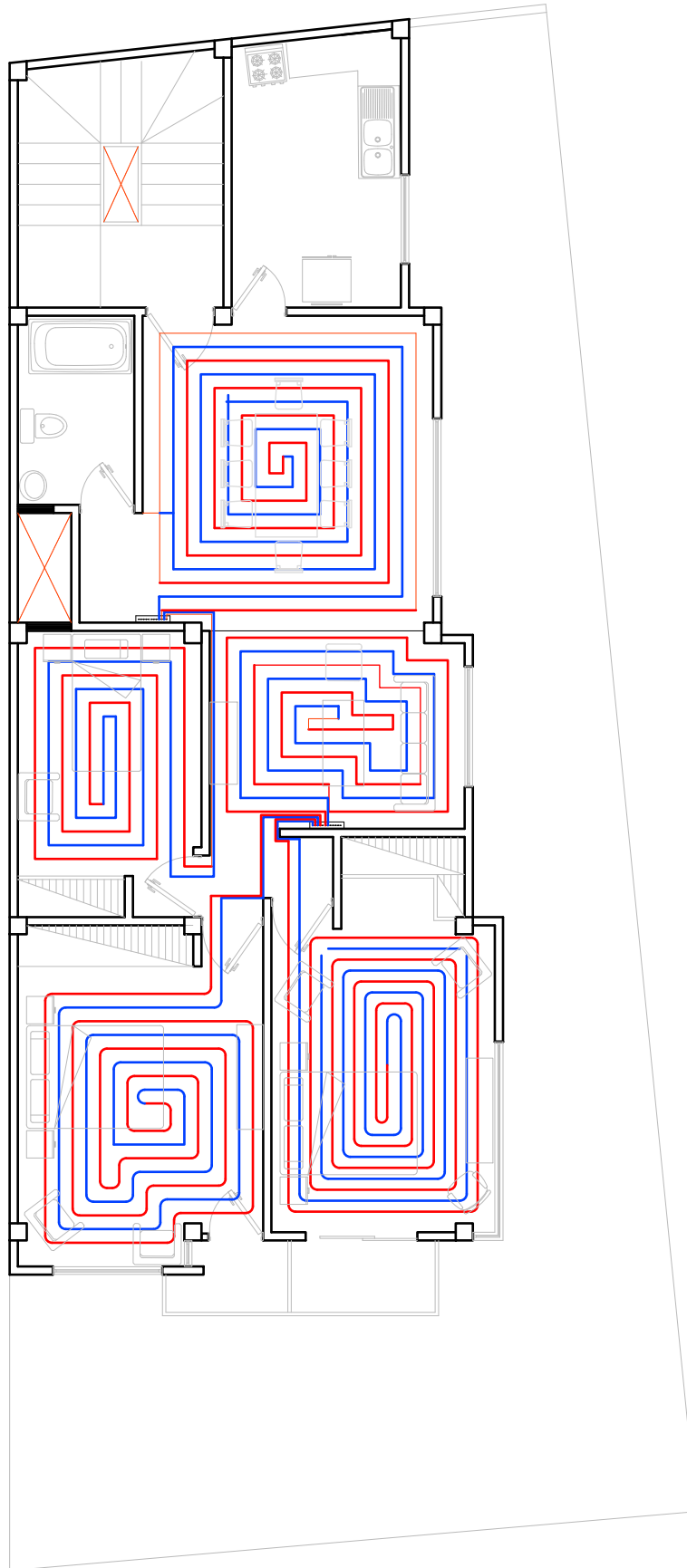
	Fecha	28/10/23	Firma	TITULO:	
Dib.		Univ. Choque Copa Henry Erik		DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA	
Rev.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Apr.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Esc.:			Carrera:	MEC 530	Nro. hoja
			INGENIERÍA MECÁNICA		2
					Nro. hojas
					15


PLANTA 2

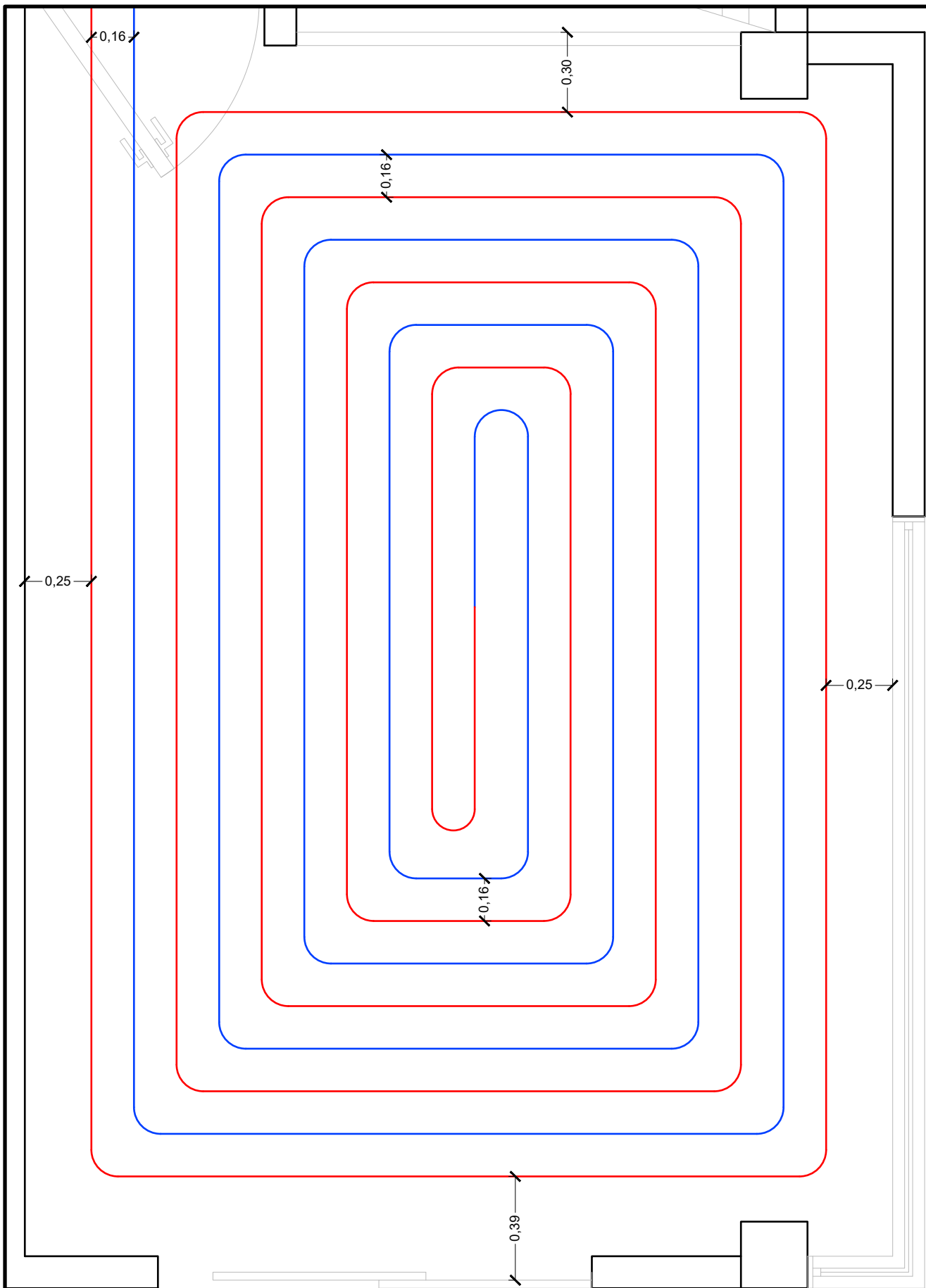



	Fecha	28/10/23	Firma	TITULO:	
Dib.		Univ. Choque Copa Henry Erik		DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA	
Rev.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Apr.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Esc.:	1:100		Carrera:	INGENIERÍA MECÁNICA	MEC 530
					Nro. hoja 3
					Nro. hojas 15

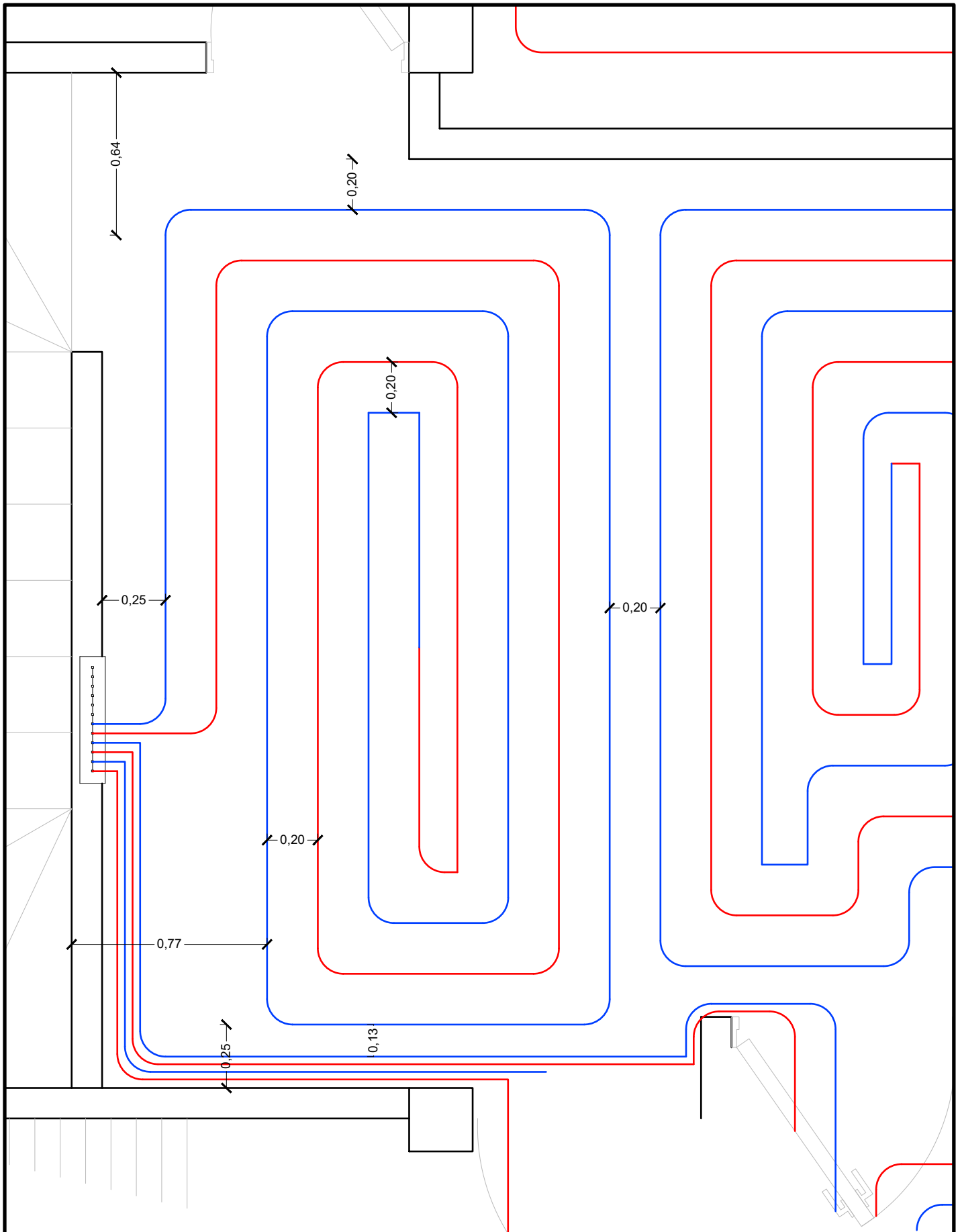
PLANTA 3



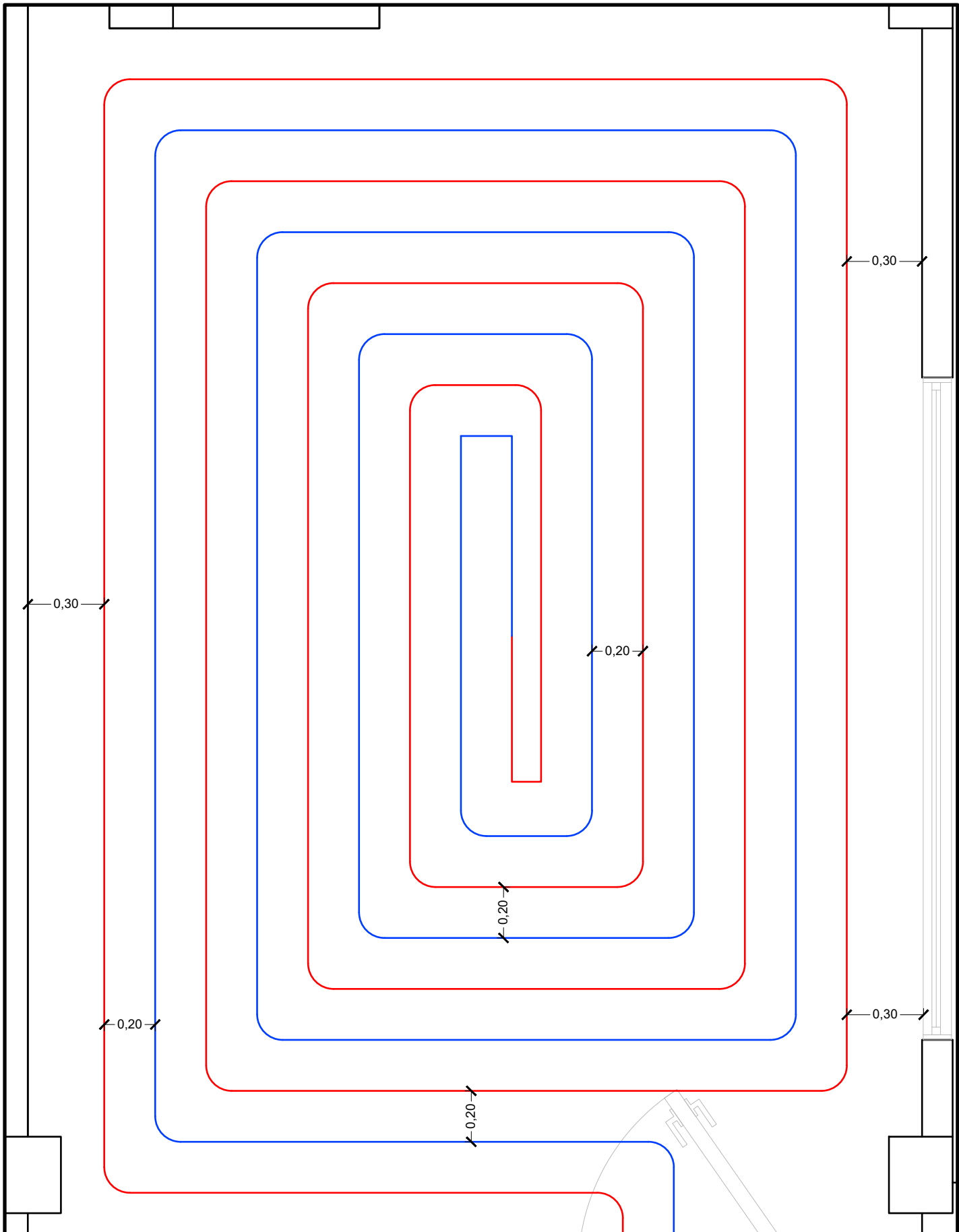
	Fecha	28/10/23	Firma	TITULO:	
Dib.		Univ. Choque Copa Henry Erik		DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA	
Rev.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Apr.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Esc.:	1:100		Carrera:	INGENIERÍA MECÁNICA	MEC 530
					Nro. hoja 3
					Nro. hojas 15




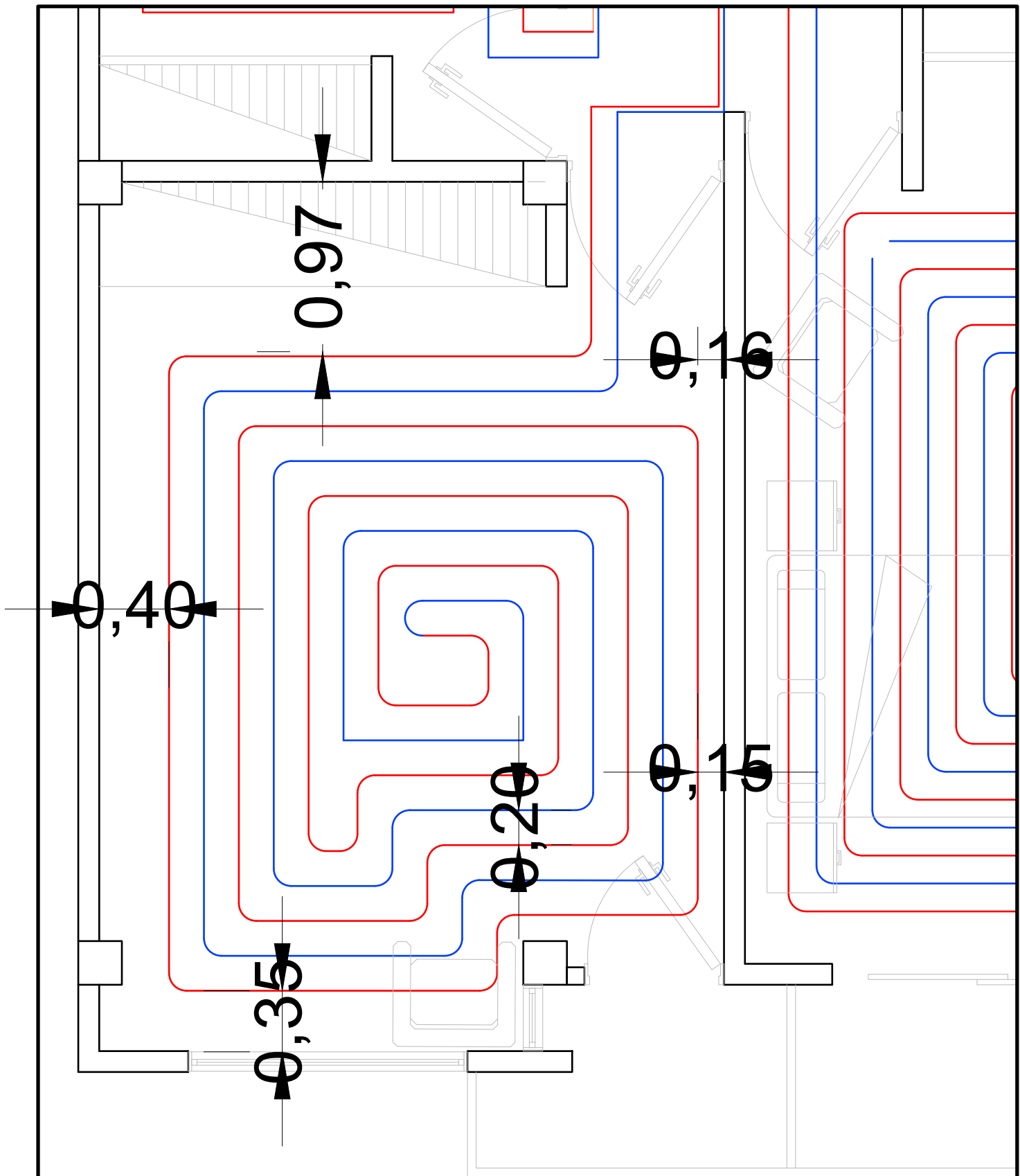
Item	Diámetro del tubo de circulación de agua: Ø16 mm				
	Fecha	28/10/23	Firma		
Dib.		Univ. Choque Copa Henry Erik		TITULO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA	
Rev.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Apr.		Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Esc.:	1:20		Carrera:	INGENIERÍA MECÁNICA	MEC 530
					Nro. hoja 6
					Nro. hojas 15




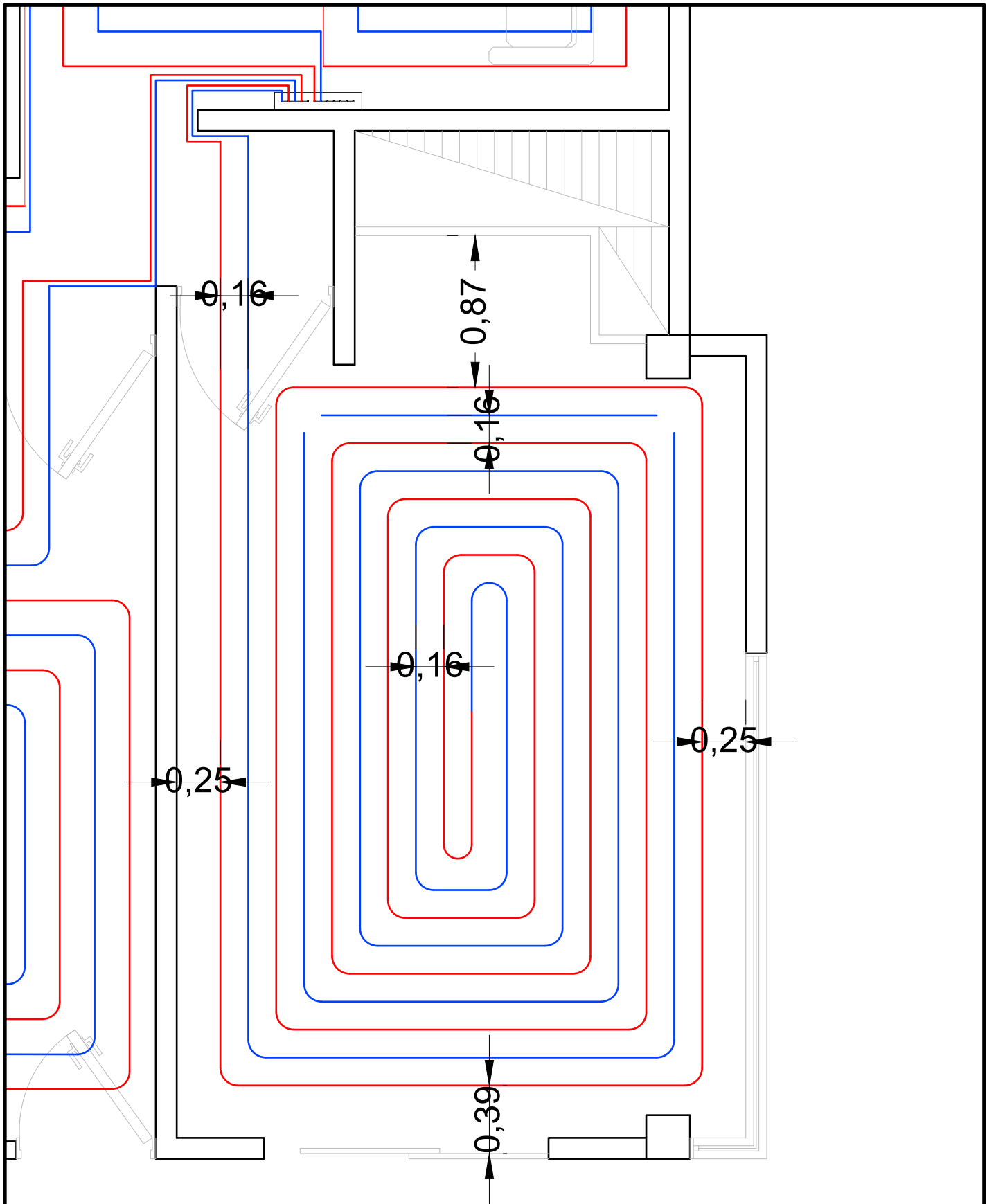
Item	Diámetro del tubo de circulación de agua: Ø16 mm				
	Fecha	28/10/23		Firma	
Dib.	Univ. Choque Copa Henry Erik				TITULO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA
Rev.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel				
Apr.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel				
Esc.:	1:20			Carrera:	PLANTA 2 ESTAR INTIMO MEC 530
				INGENIERÍA MECÁNICA	Nro. hoja 7 Nro. hojas 15



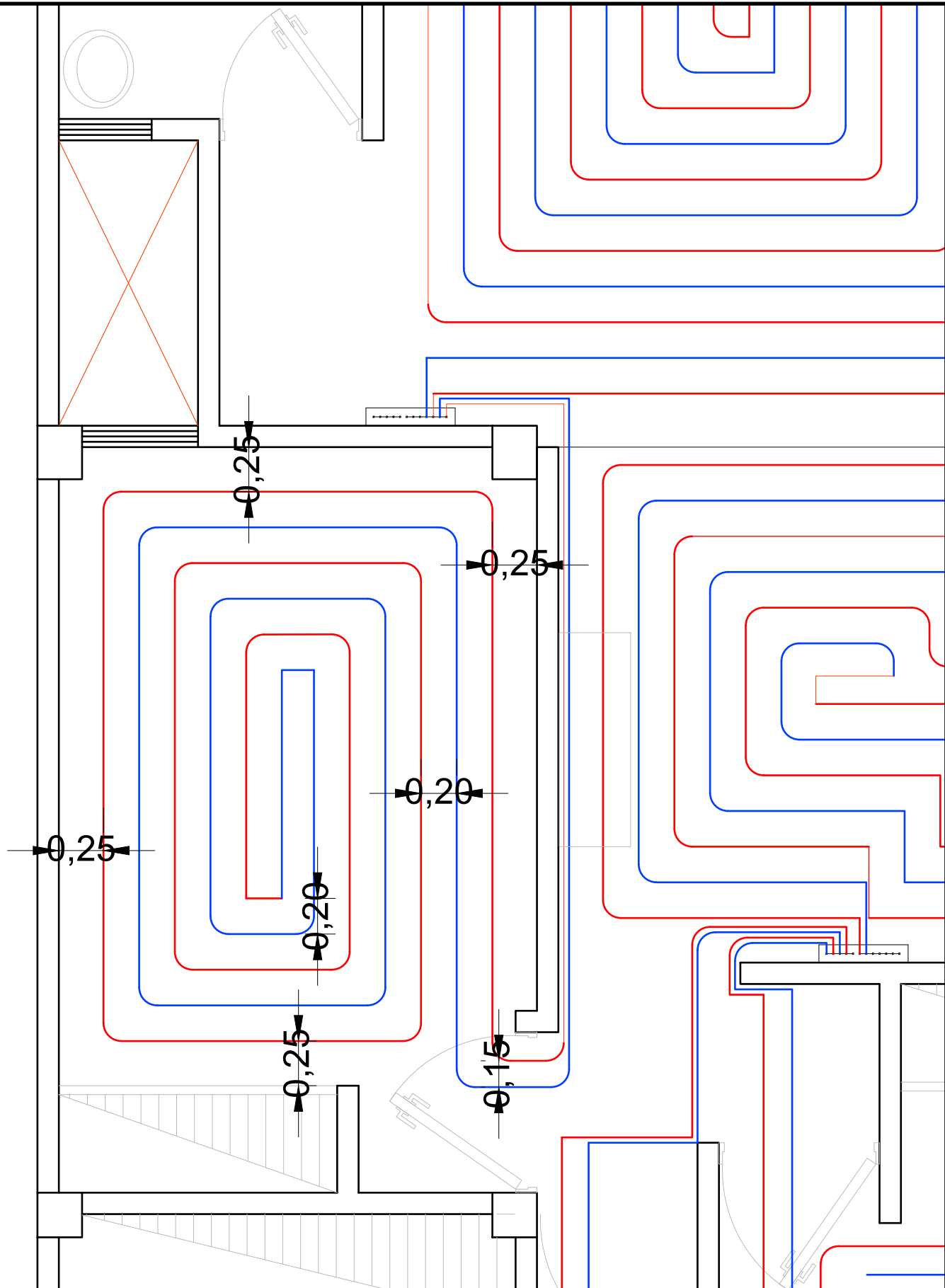
Item	Diámetro del tubo de circulación de agua: Ø16 mm			
	Fecha	28/10/23	Firma	
Dib.	Univ. Choque Copa Henry Erik			TITULO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA
Rev.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Apr.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Esc.:	1:20		Carrera:	PLANTA 2 DORMITORIO PRINCIPAL
			INGENIERÍA MECÁNICA	MEC 530
				Nro. hoja
				8
				Nro. hojas
				15




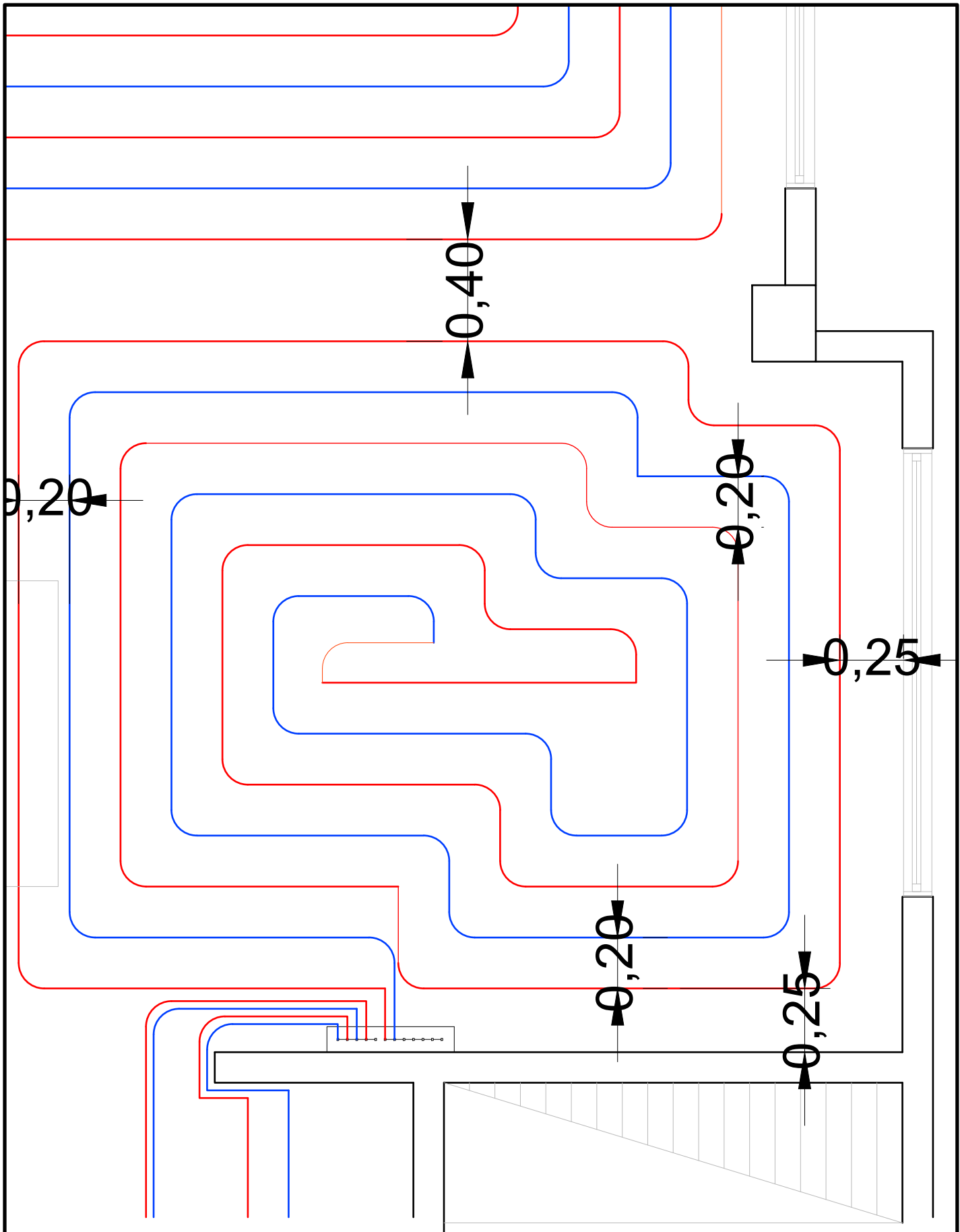
Item	Diámetro del tubo de circulación de agua: Ø16 mm			
	Fecha	28/10/23	Firma	
Dib.	Univ. Choque Copa Henry Erik			TÍTULO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA
Rev.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Apr.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Esc.:	1:30		Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA	PLANTA 3 DORMITORIO 1 MEC 530
				Nro. hoja 9 Nro. hojas 15




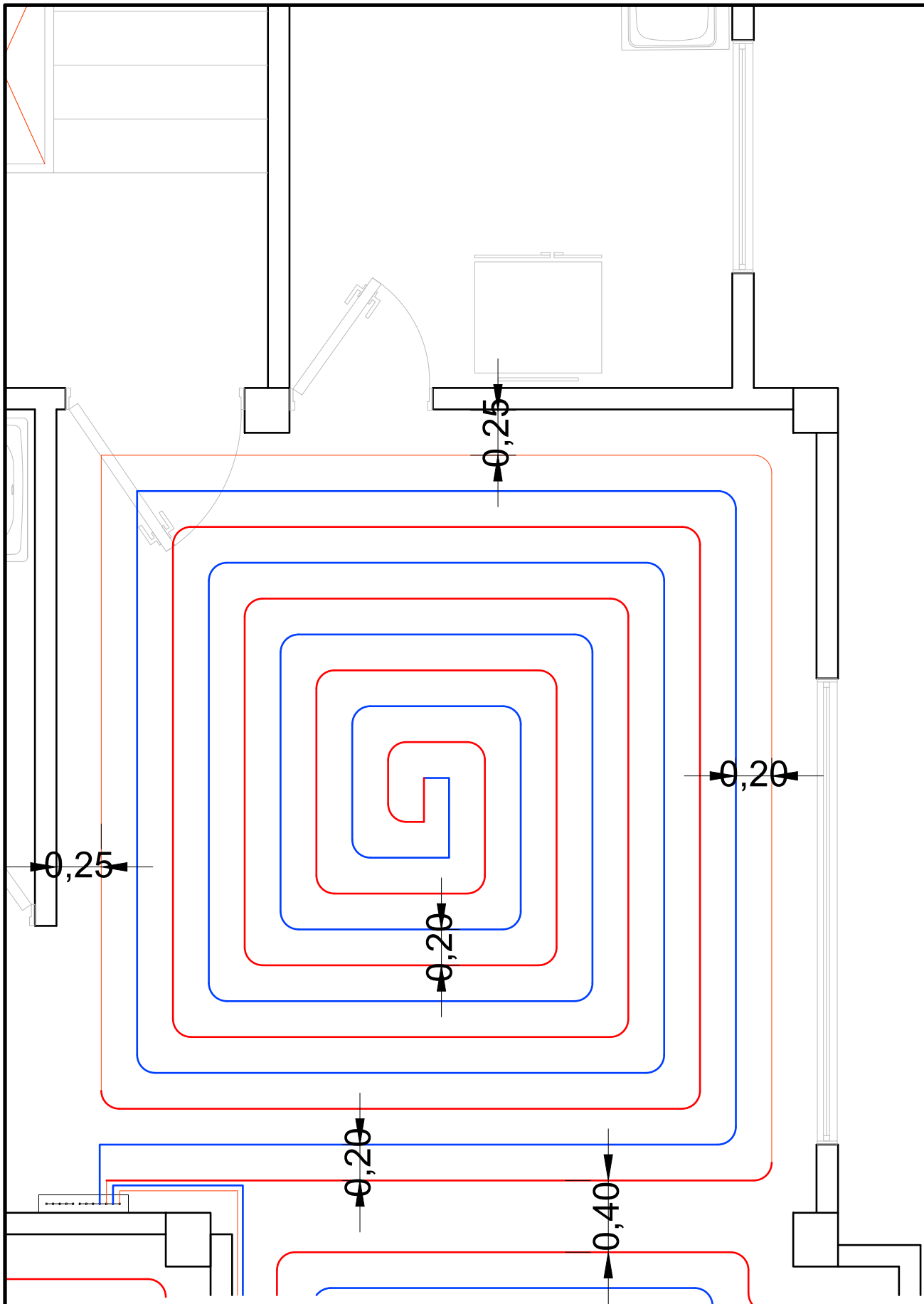
Item	Diámetro del tubo de circulación de agua: Ø16 mm			TÍTULO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA
	Fecha	28/10/23	Firma	
Dib.	Univ. Choque Copa Henry Erik			PLANTA 3 DORMITORIO 2
Rev.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Apr.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel			
Esc.:	1:30		Carrera: INGENIERÍA MECÁNICA	Nro. hoja 10 Nro. hojas 15



Item	Diámetro del tubo de circulación de agua: Ø16 mm					
	Fecha	28/10/23		Firma		
Dib.	Univ. Choque Copa Henry Erik			TITULO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA		
Rev.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel					
Apr.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel					
Esc.:	1:30			Carrera:	PLANTA 3 DORMITORIO 3 MEC 530	
				INGENIERÍA MECÁNICA		Nro. hoja
					Nro. hojas	15



Item	Diámetro del tubo de circulación de agua: Ø16 mm			TÍTULO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA PLANTA 3 cto 1 Estar Comedor	
	Fecha	28/10/23	Firma		
Dib.	Univ. Choque Copa Henry Erik				
Rev.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel				
Apr.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel				
Esc.:	1:30		Carrera:		Nro. hoja
			INGENIERÍA MECÁNICA	MEC 530	12
					Nro. hojas
					15



Item	Diámetro del tubo de circulación de agua: Ø16 mm			TÍTULO: DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA	
	Fecha	28/10/23	Firma		
Dib.	Univ. Choque Copa Henry Erik			PLANTA 3 cto 2 Estar Comedor	
Rev.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel				
Apr.	Ing. Linares Caballero Enzo Miguel				
Esc.:	1:30		Carrera:	MEC 530	Nro. hoja
			INGENIERÍA MECÁNICA		Nro. hojas
					13
					15

Nombre: Henry Erik Choque Copa

C.I: 6149414 LP

Celular: 75234417

Correo electrónico: henry.e.choque.copa@gmail.com



**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-1368/2024
La Paz, 06 de mayo de 2024**

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **26 de abril de 2024**, por **HENRY ERIK CHOQUE COPA** con **C.I. N° 6149414 LP**, con número de trámite **DA 738/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena"*



fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

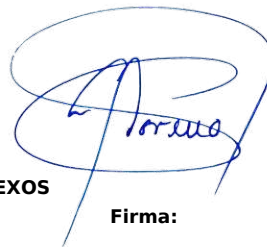
INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: "**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA CALIENTE SANITARIA Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LLOJETA**" a favor del autor y titular: **HENRY ERIK CHOQUE COPA** con **C.I. N° 6149414 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudiesen demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

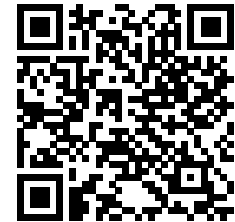
CASA/lm

Firmado Digitalmente por:

Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI
CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS
LA PAZ - BOLIVIA



Firma:



Q1rly6Fh5Xb74H

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB www.senapi.gob.bo/verificacion Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriagoitia,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 72018160

