



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

Diseño y evaluación técnico-económica de sistemas de poligeneración para distritos urbanos, neutros en carbono, basados en energía solar y con almacenamiento de energía térmica

English title:

Design and techno-economic evaluation of polygeneration systems for urban districts, carbon neutral, based on solar energy and thermal energy storage

Autor:

Luis Gil Gil

Directores:

Luis María Serra de Renobales

Miguel Ángel Lozano Serrano

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética - Curso 2022/2023

RESUMEN

El trabajo consiste en realizar un diseño y análisis de diferentes configuraciones optimizadas, con el fin de atender mediante sistemas de poligeneración, activados con energía solar, las demandas energéticas horarias de un conjunto de edificios en la ciudad de Zaragoza.

Para conseguirlo, se ha llevado a cabo un estudio de las tecnologías existentes para cada uno de los equipos necesarios: colectores solares, enfriadoras mecánicas y de absorción, ciclo Rankine orgánico (ORC), almacenamiento de energía térmica y calderas de gas. También se ha recopilado la información relevante que es necesaria para la optimización de los sistemas propuestos: obtención de todos los parámetros (técnicos, económicos y relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero) y ecuaciones que marcan el comportamiento de los dispositivos seleccionados, datos climatológicos que afectan en la operación de dichos equipos, búsqueda y análisis de las demandas energéticas (refrigeración, electricidad y calor para agua caliente sanitaria y/o calefacción) de los edificios que componen el distrito y por último, obtención de los costes de los recursos energéticos (energía eléctrica y gas natural) así como de las emisiones de gases de efecto invernadero que su generación provoca.

Para realizar el modelo de los sistemas y la obtención de resultados se han propuesto los modelos matemáticos con el software "Lingo", el cual, a partir de la minimización del coste anual permite dimensionar los equipos y optimizar su operación horaria a lo largo del año para abastecer cualquier demanda.

Además de la optimización de las configuraciones con el criterio económico de minimización del coste anual, también se han analizado los diferentes resultados desde un aspecto medioambiental, ya sea, imponiendo una determinada producción energética con energía solar (fracción solar) o simplemente intentando evaluar y minimizar las emisiones de CO₂ equivalentes.

Para un estudio más exhaustivo, se ha considerado realizar 3 sistemas diferentes, en el primero de ellos, solamente se atiende la demanda de refrigeración, en el segundo, se atiende también la demanda de electricidad del distrito y en el último, se añade la demanda de calor al anterior.

Tras haber realizado diferentes análisis de cada sistema e incluso entre ellos, se puede concluir que es viable técnicamente diseñar sistemas de poligeneración basados en energía solar. Sin embargo, en un primer momento, aunque económicamente con el precio base (precio de la electricidad del primer semestre de 2021) no lo era, tras aumentar este precio base 1,75 veces, sí se han obtenido sistemas de poligeneración basados en energía solar rentables con unas fracciones solares muy considerables: 28,36% para el sistema primero que sólo atiende la demanda de refrigeración, 51,24% para el segundo, que produce electricidad y frío, y 56,88% para el tercero de trigeneración (electricidad, calor y refrigeración).

Con todo ello, se demuestran las ventajas que conlleva la poligeneración con energía solar y la necesidad de contar con ella para una transición energética, solamente un panorama económico desfavorable (aumento precios tecnologías y/o gran disminución de precios de la electricidad) impedirían su progreso.

ABSTRACT

The work consists of carrying out a design and analysis of different optimised configurations in order to meet the hourly energy demands of a group of buildings in the city of Zaragoza by means of polygeneration systems activated with solar energy.

To achieve this, a study was carried out of the existing technologies for each of the necessary equipment: solar collectors, mechanical and absorption chillers, organic Rankine cycle (ORC), storage and gas boilers. A correct collection of the information influencing the composition and development of the systems has also been carried out: obtaining all the parameters and equations that mark the operation of the selected devices, consideration of the climatological data that affect the operation of said equipment, research and analysis of the energy demands (cooling, electricity and heat for domestic hot water and/or heating) of the buildings that make up the district and, finally, obtaining the costs of the energy resources (electrical energy and natural gas) as well as the emissions that their generation causes.

To model the systems and obtain the results, mathematical models have been proposed with the "Lingo" software, which, based on the minimisation of the annual cost, makes it possible to size the equipment and optimise its hourly operation throughout the year to meet any demand.

In addition to the optimisation of the configurations with the economic criterion of cost minimisation, the different results have also been analysed from an environmental point of view, either by imposing a certain energy production with solar energy (solar fraction) or simply trying to evaluate and minimise CO₂ emissions.

For a more exhaustive study, 3 different systems have been considered, in the first one, only the cooling demand is served, in the second one, the electricity demand of the district is also served and in the last one, the heat demand is added to the previous one.

After having carried out different analyses of each system and even between them, it can be concluded that it is technically feasible to design polygeneration systems based on solar energy. However, at first, economically with the base price (electricity price of the first half of 2021) it was not, after increasing this base price x1.75, all the systems were profitable with very considerable solar fractions, 28.36% for the first one, 51.24% for the second one and 56.88% for the third one.

Furthermore, it is noted that system 2, with such renewable generation, saved 3% of the total annual cost and 36% of CO₂ emissions compared to conventional systems without renewable generation.

This demonstrates the advantages of polygeneration with solar energy and the need to count on it for an energy transition, only an unfavourable economic outlook (increase in technology prices and/or a large decrease in electricity prices) would prevent its progress.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN	1
1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO	2
1.3. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.....	3
2. EQUIPOS.....	3
2.1. CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS.....	3
2.1.1. COLECTORES TÉRMICOS PLANOS (HTH).....	4
2.1.2. COLECTORES PLANOS DE VACÍO (TVP).....	4
2.1.3. COLECTORES DE CONCENTRACIÓN	5
2.2. ENFRIADORAS.....	6
2.2.1. ENFRIADORA MECÁNICA	6
2.2.2. ENFRIADORA DE ABSORCIÓN.....	7
2.3. CICLO RANKINE ORGÁNICO.....	7
2.4. ALMACENAMIENTO TÉRMICO.....	8
2.5. CALDERA DE GAS.....	8
3. DATOS	8
3.1. EQUIPOS.....	8
3.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS Y AMBIENTALES	11
3.3. DEMANDAS ENERGÉTICAS DE LOS EDIFICIOS	12
3.4. COSTES DE LA ENERGÍA Y EMISIONES DE CO ₂ eq.....	15
4. METODOLOGÍA.....	17
4.1. FUNCIÓN OBJETIVO.....	17
4.2. CASOS ESTUDIADOS	18
4.2.1. SISTEMA 1 – REFRIGERACIÓN.....	18
4.2.2. SISTEMA 2 – REFRIGERACIÓN Y ELECTRICIDAD.....	22
4.2.3. SISTEMA 3 – REFRIGERACIÓN, ELECTRICIDAD Y CALOR.....	24
5. RESULTADOS.....	26
5.1. SISTEMA 1	26
5.2. SISTEMA 2	30
5.3. SISTEMA 3	36
6. CONCLUSIONES	40
7. BIBLIOGRAFÍA.....	41
ANEXOS.....	43

ANEXO I – Datos climáticos	43
ANEXO II – Demandas energéticas de los edificios	46
ANEXO III – Ficha técnica de los equipos	58

Índice de figuras

Figura 1. Colector térmico plano. Fuente: [5].....	4
Figura 2. Colector solar plano de vacío MT-Power. Fuente:[6].	5
Figura 3. Colectores de concentración NEP Polytrough (izda.) y SKYTrough (dcha.). Fuente:[7]..	5
Figura 4. Esquema de funcionamiento de una enfriadora mecánica. Fuente:[8].	6
Figura 5. Radiación incidente sobre superficie inclinada 35º en Zaragoza.....	11
Figura 6. Temperaturas mensuales en Zaragoza.	12
Figura 7. Distribución mensual de la refrigeración en oficinas.	13
Figura 8. Distribución por días tipo de la refrigeración en una oficina.	14
Figura 9. Distribución horaria de la refrigeración en una oficina.	14
Figura 10. Diagrama de flujos del sistema 1.....	19
Figura 11. Diagrama de flujos del sistema 2.....	22
Figura 12. Diagrama de flujos del sistema 3.....	24
Figura 13. Variación costes fijos y variables en los 6 casos.....	27
Figura 14. Emisiones anuales según precio de la electricidad sistema 1.....	29
Figura 15. Distribución del abastecimiento mensual de refrigeración en el sistema 1, fracción solar 28,36% y precio electricidad x1,75 veces el precio base.....	29
Figura 16. Distribución de costes de los casos del sistema 2.	31
Figura 17. Distribución costes anuales en función de la fracción solar en sistema 2.	32
Figura 18. Flujos energéticos en función de la fracción solar en sistema 2.....	33

Índice de tablas

Tabla 1. Características técnicas de los colectores solares seleccionados.	9
Tabla 2. Características técnicas de la enfriadora mecánica seleccionada.....	9
Tabla 3. Características técnicas de las enfriadoras de absorción seleccionadas.....	10
Tabla 4. Características técnicas de los ORC seleccionados.....	10
Tabla 5. Características técnicas de la caldera seleccionada.....	10
Tabla 6. Distribución anual días festivo y laborales.	14
Tabla 7. Demandas anuales de los edificios por unidad característica.	15
Tabla 8. Demandas anuales totales de los edificios.....	15
Tabla 9. Términos de energía de la factura con impuestos incluidos.	16
Tabla 10. Distribución de periodos a lo largo del año.....	16
Tabla 11. Emisiones de CO ₂ eq horarias en los meses corregidas a 2021.	17

Tabla 12. Casos por estudiar en el sistema 1.	19
Tabla 13. Casos por estudiar en el sistema 2.	23
Tabla 14. Caso por estudiar en el sistema 3.	25
Tabla 15. Solución óptima para el sistema 1.	26
Tabla 16. Resumen resultados de los 6 casos para el sistema 1.	27
Tabla 17. Afectación del precio en la fracción solar del caso 1 en el sistema 1.	28
Tabla 18. Resumen resultados de los 3 casos para el sistema 2.	30
Tabla 19. Resultados de la optimización variando la fracción solar en el sistema 2.	31
Tabla 20. Resultados de la comparación entre Distritos vs Edificios individuales en el sistema 2.	33
Tabla 21. Variación fracción solar según día tipo en el sistema 2.	34
Tabla 22. Flujos energéticos de las Oficinas según día tipo en el sistema 2.	35
Tabla 23. Equipos utilizados y relación en cada edificio en el sistema 2.	35
Tabla 24. Ahorro conseguido en cada caso para el sistema 2.	36
Tabla 25. Resultados configuración óptima en el sistema 3.	37
Tabla 26. Comparación resultados sistema 2 más caldera vs sistema 3.	37
Tabla 27. Comparación resultados sistema 2 más caldera vs sistema 3 para cada edificio.	38
Tabla 28. Ahorro conseguido sistema 2 más caldera vs sistema 3 para cada edificio.	38
Tabla 29. Flujos energéticos del sistema 2 y 3 en el centro comercial.	39
Tabla 30. Flujos energéticos del sistema 2 y 3 en el hospital.	39
Tabla 31. Temperatura media horaria del aire seco.	43
Tabla 32. Temperatura media horaria del aire húmedo.	44
Tabla 33. Radiación global sobre superficie inclinada 35º, media horaria mensual.	44
Tabla 34. Radiación directa sobre superficie inclinada 35º, media horaria mensual.	45
Tabla 35. Demanda de refrigeración en un centro comercial en día laboral.	46
Tabla 36. Demanda de refrigeración en un centro comercial en día festivo.	46
Tabla 37. Demanda de electricidad en un centro comercial en día laboral.	47
Tabla 38. Demanda de electricidad en un centro comercial en día festivo.	47
Tabla 39. Demanda de calor en un centro comercial en día laboral.	48
Tabla 40. Demanda de calor en un centro comercial en día festivo.	48
Tabla 41. Demanda de refrigeración en un hospital en día laboral.	49
Tabla 42. Demanda de refrigeración en un hospital en día festivo.	49
Tabla 43. Demanda de electricidad en un hospital en día laboral.	50
Tabla 44. Demanda de electricidad en un hospital en día festivo.	50
Tabla 45. Demanda de calor en un hospital en día laboral.	51

Tabla 46. Demanda de calor en un hospital en día festivo.	51
Tabla 47. Demanda de refrigeración en una vivienda en día laboral.	52
Tabla 48. Demanda de refrigeración en una vivienda en día festivo.	52
Tabla 49. Demanda de electricidad en una vivienda en día laboral.	53
Tabla 50. Demanda de electricidad en una vivienda en día festivo.	53
Tabla 51. Demanda de calor en una vivienda en día laboral.	54
Tabla 52. Demanda de calor en una vivienda en día festivo.	54
Tabla 53. Demanda de refrigeración en unas oficinas en día laboral.	55
Tabla 54. Demanda de refrigeración en unas oficinas en día festivo.	55
Tabla 55. Demanda de electricidad en unas oficinas en día laboral.	56
Tabla 56. Demanda de electricidad en unas oficinas en día festivo.	56
Tabla 57. Demanda de calor en unas oficinas en día laboral. Fuente: Elaboración propia.	57
Tabla 58. Demanda de calor en unas oficinas en día festivo. Fuente: Elaboración propia.	57

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN

La demanda energética mundial está aumentando debido a factores demográficos y económicos. El crecimiento del consumo mantiene una tendencia creciente, obviando el periodo afectado por la pandemia mundial sufrida por el Covid-19 en el que se redujo. De hecho, ya se ha recuperado la anterior tendencia ascendente [1].

Este incremento está fuertemente ligado al desarrollo humano, aumentando anualmente tanto la calidad de vida como la población mundial. Según las previsiones realizadas por la ONU en 2050 habrá 9.700 millones de personas, mientras que actualmente hay 8.000 millones en el mundo. Por tanto, el consumo energético que ascendió en 2022 a 15.000 Mtep, alcanzará para dicha época como mínimo 17.000 Mtep [2]. Estas cifras hacen saltar las alarmas energéticas, más aún cuando los combustibles fósiles desempeñan un papel vital siendo una energía tan limitada y contaminante.

En este sentido los países industrializados se han comprometido a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procurando mantener la seguridad y equidad energética. Para conseguirlo, se identifican tres principales acciones de máxima prioridad en dicha transición: transformación de la oferta energética aumentando la generación con fuentes renovables y recursos energéticos no convencionales, medidas de eficiencia energética y la descarbonización del sector energético [3].

Ante estas imperiosas necesidades, los sistemas de poligeneración se presentan como una prometedora solución, ya que son altamente eficientes energéticamente, permitiendo así un gran ahorro de energía primaria con la consiguiente reducción y ahorro de emisiones. Por tanto, la poligeneración se ha postulado como una herramienta clave de la política energética y medioambiental europea, contribuyendo contra el cambio climático a nivel nacional con: un ahorro anual de energía de 14 millones de barriles de petróleo, un ahorro anual de 25 millones de m³ de agua y evita la emisión de 4 millones de toneladas de CO₂ al año [4].

Actualmente a nivel nacional, la cogeneración es una herramienta energética clave para más de 600 fábricas de sectores industriales como el alimentario, químico, papeler, refino, cerámico y automovilístico, que producen el 20% del PIB industrial y que exportan más de un 50% internacionalmente. Además, produce el 11% de la electricidad nacional (50% autoconsumida), y utiliza el 20 % del total del gas nacional en todas fábricas [4].

Sin embargo, uno de los principales problemas es el complejo diseño de este tipo de instalaciones, se debe tener en cuenta muchos aspectos, como los múltiples recursos energéticos disponibles, los productos energéticos requeridos y las diversas opciones tecnológicas existentes. Además, se debe prestar especial atención a una correcta integración óptima de los sistemas de poligeneración, ya que no solo requiere caracterizar con precisión el sistema sino también el entorno que lo rodea.

Otra de las principales dificultades en estos sistemas es determinar las capacidades que tendrán las tecnologías usadas y cómo operarán hora a hora. Tradicionalmente, este procedimiento se ha hecho basándose en la experiencia previa, a partir de soluciones de diseño existentes. Pero, en muchas ocasiones la configuración propuesta no resulta ser la óptima.

1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

El trabajo surge con el interés de ser capaces de modelar este tipo de sistemas de poligeneración para un distrito urbano, basados en energía solar y con almacenamiento de energía térmica, que a ser posible lleguen a ser neutros en carbono. Para ello es necesario considerar todos los datos relevantes de los diferentes elementos que influyen en dicho sistema, estos son: datos técnicos, económicos y de emisiones de gases de efecto invernadero de los diferentes equipos; datos climatológicos y de radiación solar; datos de las demandas de los distintos tipos de edificios; precios de los combustibles y emisiones de gases de efecto invernadero (evaluadas en toneladas de CO₂ equivalente –CO₂eq) que influyan en el diseño de la configuración y desempeño del sistema.

A partir de aquí, el objetivo se centrará en el planteamiento de modelos matemáticos para, con toda la información obtenida, representar el diseño y operación horaria del abastecimiento energético de este tipo de sistemas de poligeneración. Además, se buscarán las configuraciones óptimas teniendo en cuenta los objetivos de minimización del coste total anual, generación renovable y emisiones de CO₂eq, satisfaciendo así criterios de sostenibilidad.

Se estudiarán 3 tipos diferentes de sistema de producción, el primero de ellos atiende únicamente la demanda de refrigeración, el segundo atiende también la demanda de electricidad y, por último, el tercero engloba el consumo energético de refrigeración, electricidad y de calor (para calefacción y/o agua caliente sanitaria).

Otro de los aspectos interesantes a estudiar es observar los beneficios y desventajas existentes entre, atender el consumo energético con sistemas que integran energías renovables, frente al uso de sistemas convencionales sin ellas.

Por último, también se desea realizar la comparación entre el abastecimiento de la demanda energética de un distrito frente a la atención individual de cada edificio por separado.

Todos los análisis citados se llevarán a cabo desde varias perspectivas, siguiendo criterios económicos, criterios de producción con energía renovable o haciendo hincapié en aspectos ambientales como las emisiones de CO₂eq.

1.3. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

El trabajo comienza con una breve descripción de la tecnología que se ha seleccionado para los diferentes equipos, en algún caso existen varias tecnologías, éstas se usarán dependiendo del funcionamiento y finalidad del sistema que se estudie.

Después, en el siguiente apartado (apdo.3) se citan y explican los datos de partida para las simulaciones y análisis. Dentro de éste, al comienzo, se muestran tanto los modelos concretos de cada equipo como los parámetros que los caracterizan. A continuación, se citan los datos climatológicos intervinientes en el sistema. En tercer lugar, se cuantifican las demandas energéticas de los edificios y se muestra el procedimiento de obtención de las mismas. Por último, se observan los costes asociados a la energía y las emisiones de CO₂eq derivadas de ella.

En el cuarto apartado se explica la metodología llevada a cabo para diseñar el modelo matemático. Se define la función objetivo, que es la minimización del coste total anual y se describe la implementación de cada modelo para cada uno de los tres sistemas estudiados.

Tras explicar la metodología a seguir, en el apartado 5, se muestran y discuten los resultados obtenidos de la simulación de los modelos matemáticos. Asimismo, en alguno de los sistemas se realizan varios casos de estudio optimizando la función objetivo.

Para terminar el documento, tras mostrar y analizar los resultados, se encuentra el último apartado en el que se enumeran las conclusiones obtenidas de los diferentes análisis realizados a lo largo del documento. Además, se adjunta a éste una serie de anexos citados a lo largo de la memoria, con el fin de añadir y esclarecer datos e información.

2. EQUIPOS

En este apartado se van a explicar las diferentes tecnologías seleccionadas para incluir en los sistemas de producción. Como se pretende realizar el diseño de tres sistemas con diferente finalidad, los dispositivos que forman cada sistema no pueden ser los mismos, por esta razón, en algunos equipos, se han seleccionado varias tecnologías, para que puedan ser compatibles con el resto de los elementos y cumplan la finalidad del sistema a la perfección.

2.1. CAPTADORES SOLARES TÉRMICOS

Los captadores solares térmicos son los dispositivos encargados de capturar la energía recibida por el sol y, elevando la temperatura de un fluido térmico, se transforma la radiación electromagnética en energía térmica. A continuación, se verán varias tecnologías de captación, con diferentes niveles térmicos de operación:

2.1.1 COLECTORES TÉRMICOS PLANOS (HTH)

Este tipo de paneles solares térmicos (véase Figura 1) tienen una buena relación coste-efectividad en climas moderados y se adapta correctamente a un gran número de aplicaciones térmicas (sin superar los 100° C) , como por ejemplo: producción de agua caliente sanitaria (ACS), climatización de piscinas, apoyo a la calefacción mediante energía solar térmica y para precalentamiento de fluidos industriales.

La radiación del sol incide en el absorbedor del colector, parte de esa energía se convierte en calor, aumentando la temperatura del captador solar. Si se hace pasar un fluido por el interior del colector, parte de este calor se transfiere al líquido. El resto de la energía se pierde en forma de radiación desde el colector hacia el ambiente [5].



Figura 1. Colector térmico plano. Fuente: [5].

El rendimiento del captador se calcula con la siguiente ecuación (Eq.1):

$$\eta = \frac{Q_s}{A * G} = \eta_0 * k_b - a_1 * \frac{T_{avg} - T_a}{G} - a_2 * \frac{(T_{avg} - T_a)^2}{G} \quad (\text{Eq.1})$$

Donde η_0 , a_1 y a_2 son valores característicos de cada equipo (se mostrarán en la Tabla 1), T_{avg} es la temperatura de operación del colector, T_a la temperatura seca del lugar y G es la irradiación global.

Por último, se observa un factor de corrección, k_b (Eq.2), donde b depende también del equipo (véase Tabla 1) y (θ) es el ángulo de incidencia entre el sol y la superficie de captación.

$$k_b = 1 - b * \left(\frac{1}{\cos \theta} - 1 \right) \quad (\text{Eq.2})$$

2.1.2 COLECTORES PLANOS DE VACÍO (TVP)

La diferencia entre los colectores anteriores y los de vacío es simplemente el aislamiento. Con el fin de reducir las pérdidas térmicas por conducción y convección entre el absorbedor y la cubierta de vidrio, en los tubos de vacío se elimina el aire. Como el vacío no puede ser completo también ayuda sustituir el aire por otro gas de menor conductividad térmica.

El utilizado es el MT-Power (véase Figura 2), es un panel térmico plano de alta gama y alto vacío, diseñado como fuente de energía térmica para aplicaciones a gran escala entre 80°C y 180°C, tales como: aire acondicionado, desalinización y producción de calor para procesos [6].



Figura 2. Colector solar plano de vacío MT-Power. Fuente:[6].

Del mismo modo que antes, el rendimiento juega un papel fundamental y se calcula también con las Eq.1 y Eq.2 enunciadas anteriormente.

2.1.3 COLECTORES DE CONCENTRACIÓN

Este tipo de colector se basa en la captación y reflexión de los rayos solares para focalizar la radiación procedente desde un área hasta un foco o área menor, así se consiguen altas temperaturas, se utilizan para la producción masiva de energía.

Se pueden distinguir dos tipos de colectores de concentración, de tipo NEP Polytrough y los SKYTrough (véase la Figura 3), los primeros son más compactos y trabajan a una temperatura inferior (180-215°C), mientras que los últimos son colectores de alto rendimiento diseñados para su uso en plantas solares termoeléctricas y suministro de calor a procesos industriales, con una temperatura máxima de operación de 400°C [5].



Figura 3. Colectores de concentración NEP Polytrough (izda.) y SKYTrough (dcha.). Fuente:[7].

En esta ocasión, el rendimiento no se calcula de la misma forma para ambos:

- Colectores de concentración de tipo NEP, se utiliza la ecuación (Eq.3) y la ecuación (Eq.2):

$$\eta = \frac{Q_s}{A \cdot DNI \cdot \cos \theta} = \eta_0 * k_b - a_1 * \frac{T_{avg} - T_a}{DNI \cdot \cos \theta} - a_2 * \frac{(T_{avg} - T_a)^2}{DNI \cdot \cos \theta} \quad (\text{Eq.3})$$

- Colectores de concentración tipo SKY:

$$\eta = \frac{Q_s}{A * DNI * \cos \theta} = -1,26 * 10^{-6} * x^3 + 3,02 * 10^{-5} * x^2 - 3,24 * 10^{-4} * x^{-4} + 0,773 \quad (\text{Eq.4})$$

Donde:
$$x = \frac{T_{avg} - T_a}{(DNI * \cos \theta)^{0.33}} \quad (\text{Eq.5})$$

Todos los términos anteriores han sido ya definidos (Eq.1 y Eq.2) exceptuando $DNI * \cos \theta$ que se trata de la radiación directa sobre la superficie del colector [5].

2.2. ENFRIADORAS

Las enfriadoras son sistemas que extraen energía térmica a través de un intercambio térmico con agua, aire u otro líquido, a fin de reducir la temperatura de dicho medio.

2.2.1. ENFRIADORA MECÁNICA

Las enfriadoras mecánicas se basan en el ciclo frigorífico de compresión de vapor para la obtención del efecto frigorífico, fundamentado en el ciclo inverso de Rankine, sus componentes básicos son un compresor, un evaporador, un condensador y un sistema de expansión (véase la Figura 4).

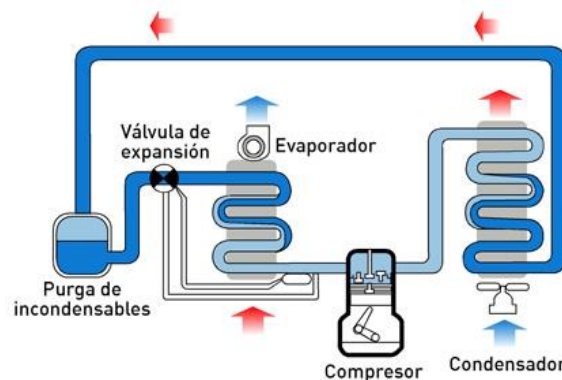


Figura 4. Esquema de funcionamiento de una enfriadora mecánica. Fuente:[8].

El principio básico es la absorción de calor por parte de un líquido para realizar el cambio de estado a vapor, enfriando un medio externo. El refrigerante vaporizado, está dentro de un circuito cerrado y es recuperado para que se produzca cíclicamente el cambio de estado para una producción de frío continua.

La evaporación del refrigerante se produce a baja presión en el evaporador. Mediante un aporte externo de energía, se eleva la temperatura del gas a su paso por el compresor mediante una compresión. En el condensador se pasa de nuevo al estado líquido mediante la cesión de calor a alta presión. Por último, una válvula de expansión baja la presión del refrigerante mediante una expansión adiabática e irreversible y lo lleva a las condiciones de entrada del evaporador para un nuevo cambio de estado [9].

2.2.2 ENFRIADORA DE ABSORCIÓN

Las enfriadoras de absorción, al igual que los sistemas de refrigeración por compresión, aprovechan el fenómeno físico por el cual las sustancias absorben calor al cambiar de estado (líquido a gas).

Existen diversos tipos de enfriadoras de absorción, como los sistemas amoníaco-agua o los sistemas de agua-bromuro de litio, siendo el último el más común. Se utiliza el bromuro de litio como absorbente y el agua como refrigerante. El absorbedor químico y un generador reemplazan al compresor, junto con una bomba para proporcionar el cambio de presión. Como una bomba requiere mucha menos energía que un compresor, el consumo de energía eléctrica es mucho menor, ya que la fuente de calor proporciona la mayor parte de la energía.

Este tipo de enfriamiento funciona porque algunos pares de sustancias químicas poseen una gran afinidad para disolverse entre sí. Por ejemplo, una disolución fuerte de bromuro de litio en agua extraerá vapor de agua de su entorno para diluir la disolución. Esta afinidad se utiliza en el enfriamiento por absorción, para extraer agua (que es el refrigerante) de un evaporador convencional al absorbedor. Desde este, la solución debilitada se bombea a una presión más alta, al generador.

También se pueden agrupar las enfriadoras por la complejidad de su efecto, el doble efecto aporta prestaciones superiores al efecto simple, además, existe un triple efecto que mejora aún más las condiciones, este último opera en unos rangos térmicos superiores.

2.3. CICLO RANKINE ORGÁNICO

El ciclo orgánico de Rankine (ORC) tiene como objetivo la conversión de calor que se encuentra a temperatura media (100-400 °C) en trabajo.

Utiliza un fluido de trabajo que alternativamente evapora y condensa, éste es un fluido orgánico. Mediante la quema de un combustible, el vapor del fluido es producido en una caldera a alta presión para luego ser llevado a una turbina donde se expande para generar trabajo mecánico en su eje (este eje, solidariamente unido al de un generador eléctrico, es el que generará la electricidad en la central térmica). El vapor de baja presión que sale de la turbina se introduce en un condensador, equipo donde el vapor condensa y cambia al estado líquido (habitualmente el calor es evacuado mediante una corriente de refrigeración de agua o aire). Posteriormente, una bomba se encarga de aumentar la presión del fluido en fase líquida para volver a introducirlo en la caldera, cerrando de esta manera el ciclo.

Es este trabajo también se utilizará un ORC capaz de generar calor a través de un intercambiador de calor y electricidad a través de una turbina. Esta cogeneración aumenta el rendimiento económico y eleva la producción de energía por unidad de combustible [10].

2.4. ALMACENAMIENTO TÉRMICO

Este tipo de almacenamiento es junto al electroquímico en baterías y al hidrógeno, los que están llamados a ser más relevantes en el proceso de descarbonización y apuesta por las energías renovables.

El principal valor del almacenamiento térmico (TES, por sus siglas en inglés) reside en la gran capacidad de almacenar cantidades de energía a un bajo coste y en sectores diversos como el de calefacción y refrigeración. La energía térmica de estos sistemas puede ser almacenada de tres maneras: mediante calor sensible, a través del calor latente o por una reacción química [11].

2.5. CALDERA DE GAS

Las calderas de condensación son unas calderas de gas de alto rendimiento ya que permite aprovechar una parte muy grande del calor latente de condensación presente en los humos de combustión. Esta recuperación de energía reduce considerablemente la temperatura de los gases de combustión.

Si se comparan con las calderas convencionales, el uso de esta tecnología, permite un ahorro en torno al 25-30% en el consumo de energía y se reducen hasta en un 70%, las emisiones de óxido de nitrógeno y dióxido de carbono [12].

3. DATOS

A continuación, se detallan los datos de entrada usados en el cálculo, éstos son: datos específicos de cada equipo citado en el apartado anterior, datos climatológicos, las demandas energéticas de los edificios y los costes de la energía y emisiones de CO₂eq.

3.1. EQUIPOS

Una vez explicado el funcionamiento en el apartado anterior, en este subapartado se especificarán las características propias de cada dispositivo elegido, éstas podrán ser consultadas en los catálogos originales del anexo III.

- Colectores solares: Se han escogido 9 colectores solares pertenecientes a 4 modelos, con el fin de optimizar los sistemas propuestos, ya que operan a diferentes temperaturas:

Tabla 1. Características técnicas de los colectores solares seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Colect. solar	Modelo	Área (m ²)	Coste (€/m ²)	η_0	a_1 (W/m ² K ²)	a_2 (W/m ² K ²)	b	Topo (°C)	Emisiones (kgCO ₂ eq/m ²)
HTHb	HTHeat	13,6	300	0,737	2,067	0,009	0,18	75	95
HTHa								95	
TVPb	MTPower	1,96	330	0,732	0,5	0,006	0,09	95	
TVPa								180	
NEPb	Polytrough	36,9	350	0,689	0,36	0,001	0,13	180	
NEPa								215	
SKYb	Skytrough	83,4	400	-	-	-	-	215	
SKYa								265	
SKYc								280	

Se ha realizado la consideración de que todos los modelos tienen las mismas emisiones, esto se ha realizado por falta de datos de cada colector en particular y dicho valor se ha tomado de la tesis doctoral de Pina [13].

- Enfriadoras mecánicas: Se ha seleccionado un único modelo para todos los casos.

Tabla 2. Características técnicas de la enfriadora mecánica seleccionada. Fuente: Elaboración propia y [14].

Enfriadora	Modelo	Pn (kW _r)	Coste Inversión (€/kW _r)	CONMAZ (kW _e /kW _r)	P1=P2	C1	C2	Emisiones (kgCO ₂ eq /MWh)
RMAZ	Trane Centravac CVHH	6.000	140	0,181	0	2,76*e-3	0	6,52

El parámetro más relevante es el coeficiente de rendimiento COP. En la Tabla 2 se muestra su inverso *CONMAZ* que es el consumo eléctrico específico. Este valor se corrige linealmente (Eq.6) cuando la temperatura de salida del agua de refrigeración t_r no es la nominal (35 °C):

$$\frac{c}{c_n} = CONMAZ_r = 1 - c_1 * (t - t_r) - c_2 * (t - t_r)^2 \quad (\text{Eq.6})$$

El parámetro de potencia no es necesario corregirlo con la temperatura en este modelo.

- Enfriadora de absorción: En la Tabla 3 se muestran 3 modelos, uno para cada número de efectos, con el fin de adaptarse a la temperatura de operación que proporciona el colector correspondiente. También en esta ocasión y por falta de datos se ha realizado una aproximación, estableciendo el mismo valor en las emisiones de CO₂eq para los distintos modelos [13].

Tabla 3. Características técnicas de las enfriadoras de absorción seleccionadas. Fuente: Elaboración propia.

Enfriador	Modelo	Pn (kW _r)	Coste Inversión (€/kW _r)	CONABS (kW _q /kW _r)	P1	P2	Emissiones (kgCO ₂ eq/kW)
RASE	Thermax 5G 6L C	1.786	320	1,3	6,62*e-2	2,53*e-3	165
RADE	Thermax 40° C	1.570	350	0,79	4,38*e-2	2,76*e-3	
RATE	Thermax Shirazi	1.163	385	0,55	-	-	

En este caso, el parámetro que es necesario corregir es la potencia máxima de refrigeración para lo que se emplea la ecuación siguiente (Eq.7):

$$\frac{P}{P_n} = CONABSr = 1 - p_1 * (t - t_r) - p_2 * (t - t_r)^2 \quad (\text{Eq.7})$$

- Ciclo Rankine Orgánico (ORC): Se seleccionan 3 modelos. Según su función dentro del sistema se utilizará uno u otro.

Tabla 4. Características técnicas de los ORCseleccionados. Fuente: Elaboración propia y [14].

ORC	Modelo	Pn (kW _r)	Coste Inversión (€/kW)	RTOORCE (kWe/kW _q)	Emissiones (kgCO ₂ eq/MWh)
ORCA	TD 12 HRS	1.139	2.000	0,246	2,03
ORCB	TD 10 HR	1.062	1.800	0,2	
ORCC	TD 18 CHP	1.784	2.100	0,197	

Destaca el parámetro de rendimiento *RTOORCE*, definido como la razón entre la electricidad producida y el calor aportado.

- Caldera de gas: Únicamente se selecciona un modelo que se utilizará en el sistema 3, pues es el único que atiende la demanda de calor.

Tabla 1. Características técnicas de la caldera seleccionada. Fuente: Elaboración propia y [13].

Caldera	Modelo	Pn (kW)	Coste Unitario (€/kW)	CONGAS	Emissiones (kgCO ₂ eq/kWh)
CALD	Bosch Unimat UT-L	7.700	90	1,05	10

Donde *CONGAS* es el cociente entre el consumo de gas natural y el calor aportado por la caldera.

3.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS Y AMBIENTALES

Para conseguir un correcto análisis es primordial disponer de una base de datos adecuada, en este caso se ha utilizado el software “Meteonorm”, obteniendo de él los datos climatológicos hora a hora durante todo el año en Zaragoza, ciudad donde se ubica el distrito.

De todos los parámetros horarios que proporciona dicho software, tienen especial interés: temperatura del aire seco, temperatura húmeda, radiación global y radiación directa, ambas sobre la superficie inclinada (véase el anexo I). Estos datos introducidos a las ecuaciones/balances de cada dispositivo proporcionarán otros datos que se utilizarán a lo largo del cálculo del funcionamiento de los diferentes sistemas.

A pesar de que los datos utilizados en los cálculos son horarios, a continuación, se muestran en la Figura 5 los valores promedios mensuales de la radiación global y directa sobre una superficie orientada al Sur e inclinada 35°. Toda la radiación global se procesa por los colectores de placa y de vacío, mientras que los colectores de concentración únicamente pueden reflejar la radiación directa corregida por el $\cos\theta$.

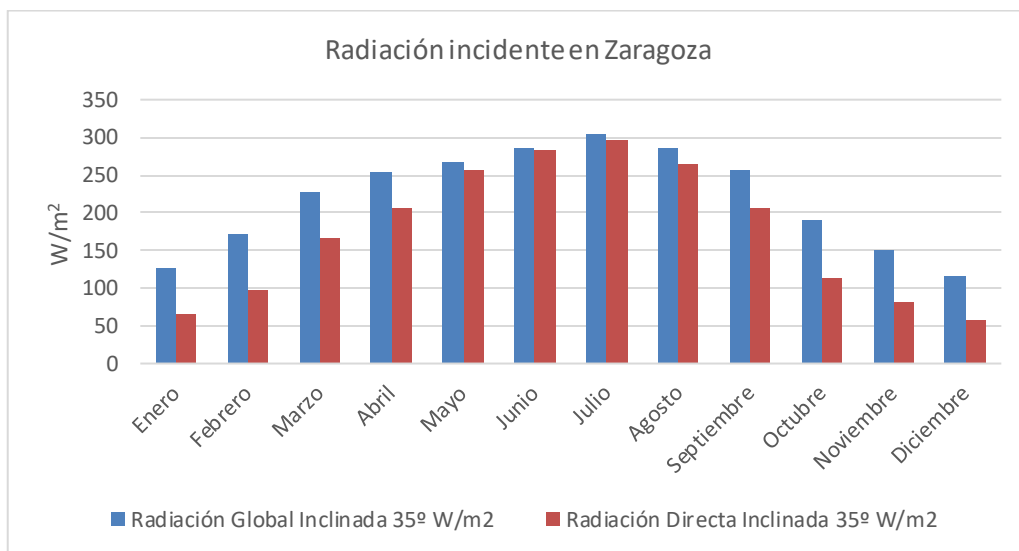


Figura 5. Radiación incidente sobre superficie inclinada 35° en Zaragoza. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa, el periodo estival es el que mayor radiación proporciona al incidir de manera más perpendicular los rayos del sol, dentro de él, destaca el mes de julio.

Por último, se muestra la Figura 6, que al igual que antes ilustra la temperatura promedio mensual de las diferentes temperaturas que afectan a los dispositivos:

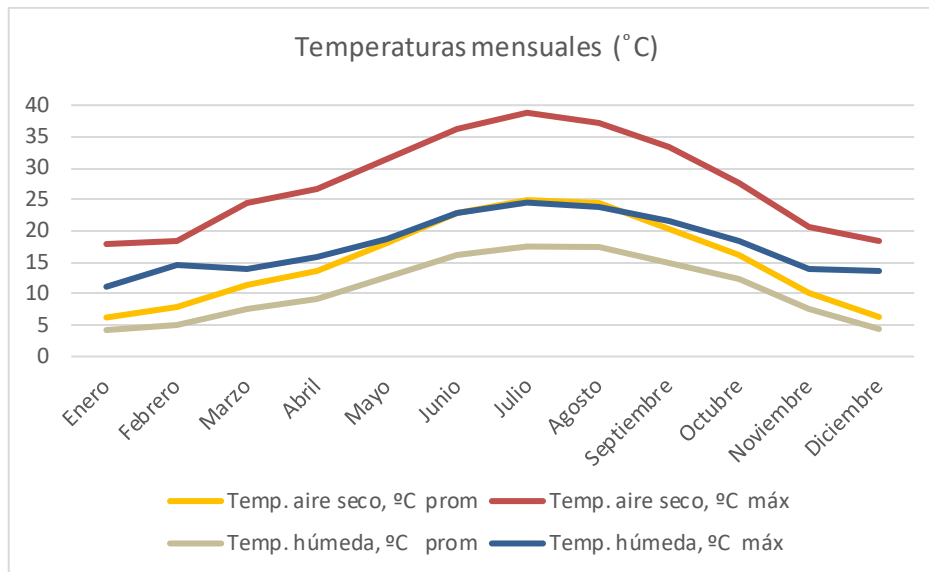


Figura 6. Temperaturas mensuales en Zaragoza. Fuente: Elaboración propia.

Se puede ver un patrón similar ya que todas ellas ascienden en los meses de verano cuando la temperatura seca máxima casi alcanza 40 °C. Sin embargo, en el invierno esta temperatura desciende por debajo de 20 °C.

3.3. DEMANDAS ENERGÉTICAS DE LOS EDIFICIOS

En este apartado se muestra el procedimiento llevado a cabo para la obtención de las demandas energéticas de los diferentes edificios, es necesario recordar que éstas serán: demanda de refrigeración, demanda de electricidad y demanda de calor (para calefacción y agua caliente sanitaria), todas ellas para cada uno de los edificios seleccionados en la composición del distrito. Como se ha citado anteriormente, los edificios serán: centro comercial, hospital, oficinas y viviendas. Esta diferenciación es necesaria debido a las diferentes exigencias energéticas que se producen en cada uno de ellos.

Los datos de los edificios han sido obtenidos de diferentes fuentes, en las que ya se había seguido un procedimiento para obtener las demandas por unidad característica: las del centro comercial provienen de Pina et al. [15], los consumos del hospital de Carvalho [16] y las demandas de las viviendas de Ramos [17].

En el caso de las oficinas, dichos datos no han sido localizados, por tanto, se ha realizado el procedimiento a partir de las demandas energéticas totales consideradas en un proyecto previo [18].

Una vez obtenidos estos consumos, se ha considerado dividir las demandas (refrigeración, electricidad y calor) mensualmente, ya que el consumo energético se ve muy afectado por las condiciones climáticas cambiantes durante las estaciones.

En segundo lugar, se han establecido dos días tipo, día laborable y día festivo (sábados y domingos incluidos), la motivación de dicha división es la gran diferencia de actividades que las personas suelen realizar dichos días. Después, debido al interés de hacer un estudio horario, también se ha dividido el consumo en función de la hora.

Por último, con la finalidad de realizar un análisis más adaptable a cualquier dimensión de los edificios, se ha obtenido la demanda en términos de energía entre unidad característica. En los casos del centro comercial y oficinas en MWh/m², en viviendas, MWh/nº viviendas y en el hospital, MWh/nº camas.

A continuación, se muestra un ejemplo del procedimiento completo descrito, éste es el tratamiento de la demanda de refrigeración de las oficinas un día laboral.

1- Obtención de las demandas energéticas generales en una oficina:

Demanda: refrigeración 8.687 MWh, electricidad 7.694 MWh y calor 11.000 MWh [18].

2- Distribución mensual de los consumos energéticos.

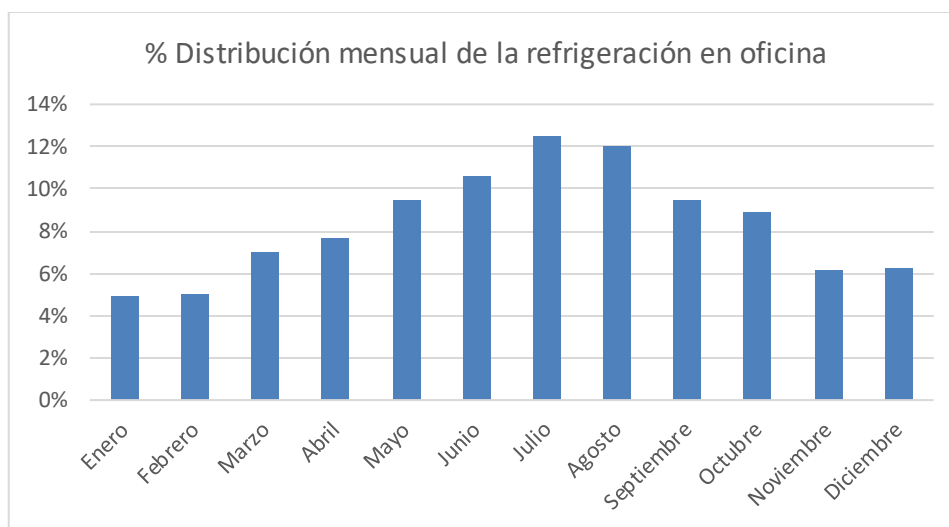


Figura 7. Distribución mensual de la refrigeración en oficinas. Fuente: Elaboración propia.

3- Desagregación de la demanda mensual en días laborales o no laborales (Figura 8). Teniendo en consideración la cantidad de ambos que suele haber en cada mes (Tabla 6):

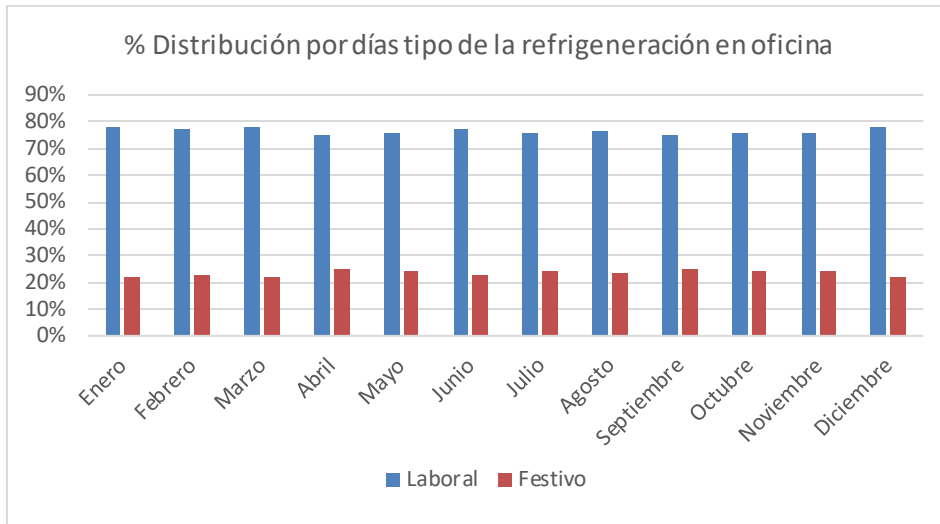


Figura 8. Distribución por días tipo de la refrigeración en una oficina. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Distribución anual días festivo y laborales. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
Laboral	20	18	20	19	20	19	20	20	19	20	19	20
Sábado, Domingo Festivo	11	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
TOTAL	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

4- Distribución horaria de la refrigeración en una oficina:

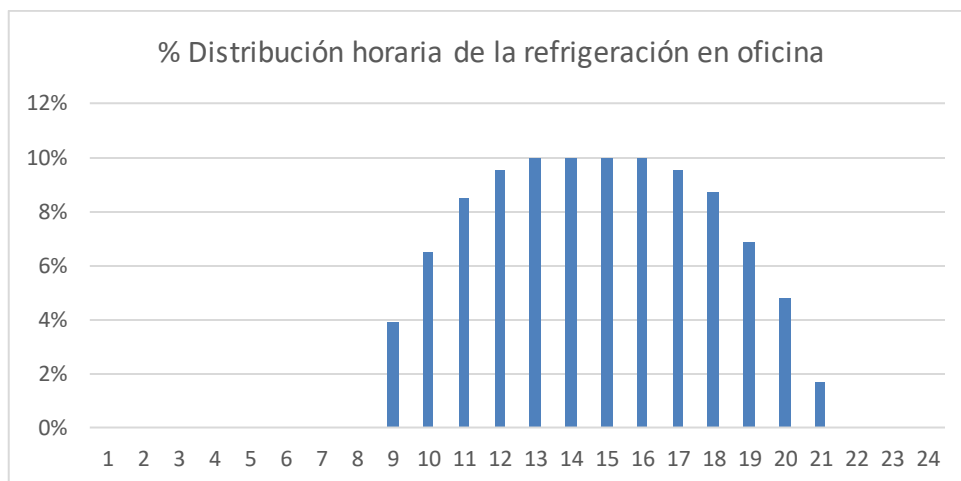


Figura 9. Distribución horaria de la refrigeración en una oficina. Fuente: Elaboración propia.

Realizando estos cálculos a los datos de partida, se obtienen las demandas horarias para cada día del año, tras esto, simplemente al dividir los valores entre la dimensión real de cada edificio (en este caso m² de las oficinas), se obtendrían las demandas horarias por unidad característica.

En el anexo II, se encuentran todas las demandas horarias para los diferentes edificios (en kWh/unidad característica) en función del tipo de día a lo largo de un año.

Esta Tabla 7 resumen contiene las demandas totales anuales obtenidas de refrigeración, electricidad y calor de cada edificio por unidad constitutiva.

Tabla 3. Demandas anuales de los edificios por unidad característica. Fuente: Elaboración propia.

Centro consumidor	Demanda anual total MWh / unidad característica			
	Unidad característica	Refrigeración	Electricidad	Calor
Centro Comercial	m ² superficie	0,1843	0,0471	0,0314
Hospital	Nº de camas	2,4955	6,4486	16,0314
Viviendas	Nº viviendas	1,1400	2,5500	5,7300
Oficinas	m ² superficie	0,0603	0,0534	0,0764

Ahora, una vez obtenidas las demandas energéticas es momento de dimensionar los edificios según el tamaño de distrito deseado para el presente trabajo, en este caso, el objetivo perseguido ha sido constituir un distrito con unos servicios suficientemente grandes para satisfacer los intereses de la población y además, que todos los edificios tengan una demanda significativa en la demanda energética total.

La Tabla 8, muestra tanto la dimensión como la demanda energética total anual de cada edificio.

Tabla 4. Demandas anuales totales de los edificios. Fuente: Elaboración propia.

Centro consumidor	Demandas anuales total MWh					
	Unidad característica	Refrigeración	Electricidad	Calor	Demanda total	% Dem. Total
Centro Comercial	50.000 m ²	9.214,29	2.357,14	1.571,4	13.142,86	22,40%
Hospital	500 camas	1.247,74	3.224,28	8.015,7	12.487,7	21,27%
Viviendas	2.500 viv.	2.850	6.375	14.325	23.550	40,13%
Oficinas	50.000 m ²	3.016,46	2.671,40	3.817,8	9.505,7	16,20%

Se observa que en los diferentes edificios cada consumo tiene más peso respecto a otros, como puede ser la refrigeración en el centro comercial, o la demanda de calor (para calefacción o agua caliente sanitaria) en el hospital. Esta demanda de calor también es la que predomina en el ámbito doméstico, y además, en términos globales del distrito, es la vivienda la que más peso energético conlleva (40,13%). En cambio, las cifras de consumo de la oficina están bastante equilibradas entre los tres tipos. Estas demandas totales son las que se deben abastecer en los sistemas considerados.

3.4. COSTES DE LA ENERGÍA Y EMISIONES DE CO₂eq

Con el fin de asegurar el abastecimiento energético de los edificios, los tres sistemas propuestos están interconectados a la red, pudiendo todos ellos comprar energía eléctrica en cualquier hora que así se precise.

Siguiendo el deseo de proporcionar la energía necesaria horariamente, se ha escogido una tarifa de una comercializadora (Naturgy 3.0 - 1er semestre de 2021) dividida en seis tramos horarios en los cuales el precio de la potencia contratada y el consumo van variando. Con la ayuda de la Tabla 9, donde se reflejan los términos de la tarifa (con impuestos incluidos, eléctrico e IVA) y la Tabla 10 que determina el tipo de periodo en cada hora anualmente [19], es posible obtener el coste horario de la electricidad.

Sin embargo, en los casos en los que el sistema pueda vender electricidad a la red, el precio de retribución de la electricidad producida no será el mismo, se venderá un 20% más barata que su coste.

Tabla 5. Términos de energía de la factura con impuestos incluidos. Fuente: Elaboración propia.

Tarifa	Término de energía (€/kWh)					
Naturgy 3.0 TD	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	0,2003	0,1763	0,1406	0,1218	0,1075	0,1066

Tabla 6. Distribución de periodos a lo largo del año. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.	Sábado Domingo y festivos
0 - 8	P6												
8 - 9	P2	P3	P5	P4	P2	P4	P5	P3	P2	P6			
9 - 10	P1	P2	P4	P3	P1	P3	P4	P2	P1	P6			
10-11													
11-12													
12-13													
13-14													
14-15	P2	P3	P5	P4	P2	P4	P5	P3	P2	P6			
15-16													
16-17													
17-18													
18-19													
19-20	P1	P2	P4	P3	P1	P3	P4	P2	P1	P6			
20-21													
21-22													
22-23													
23-24													

De la misma forma que en el precio de compra/venta de la electricidad, se va a valorar horariamente las emisiones de CO₂eq generadas como consecuencia de producir la energía eléctrica comprada de la red. Este análisis es justificado, ya que el “mix” de generación eléctrica varía mucho a lo largo del día y del año, teniendo un mayor impacto ambiental ciertas tecnologías. Los datos horarios de partida utilizados para el cálculo de dichas emisiones provienen de Pina [13], al tratarse de valores del año 2016, se ha considerado corregirlos.

El factor corrector elegido ha sido multiplicar a todos los valores horarios por la disminución de las emisiones de CO₂eq promedio producida en las fuentes de generación desde el año 2016 (0,24 tCO₂ eq/MWh) al 2021 (0,14 tCO₂ eq/MWh) [20].

$$Emisiones_{2021} = Emisiones_{2016} * \frac{0,14 \text{ (tCO}_2 \text{ eq/ MWh)}}{0,24 \text{ (tCO}_2 \text{ eq/ MWh)}} \quad (\text{Eq.8})$$

En la Tabla 11 se muestran los valores promedios corregidos:

Tabla 7. Emisiones de CO₂eq horarias en los meses corregidas a 2021. Fuente: Elaboración propia.

Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0,0851	0,0602	0,0589	0,0387	0,0453	0,0773	0,1161	0,1076	0,1412	0,1609	0,1569	0,1680
2	0,0847	0,0596	0,0600	0,0399	0,0466	0,0784	0,1120	0,1056	0,1415	0,1607	0,1565	0,1715
3	0,0837	0,0597	0,0620	0,0410	0,0474	0,0782	0,1103	0,1033	0,1404	0,1580	0,1559	0,1732
4	0,0837	0,0597	0,0619	0,0416	0,0488	0,0791	0,1103	0,1042	0,1409	0,1562	0,1545	0,1723
5	0,0834	0,0599	0,0620	0,0410	0,0503	0,0812	0,1112	0,1052	0,1426	0,1551	0,1537	0,1717
6	0,0853	0,0615	0,0625	0,0419	0,0508	0,0823	0,1142	0,1081	0,1455	0,1606	0,1578	0,1727
7	0,0867	0,0634	0,0604	0,0421	0,0496	0,0836	0,1168	0,1123	0,1472	0,1623	0,1577	0,1719
8	0,0870	0,0641	0,0588	0,0424	0,0488	0,0817	0,1209	0,1136	0,1458	0,1579	0,1541	0,1679
9	0,0846	0,0627	0,0587	0,0431	0,0501	0,0810	0,1225	0,1136	0,1441	0,1545	0,1535	0,1634
10	0,0839	0,0625	0,0571	0,0420	0,0485	0,0774	0,1197	0,1129	0,1401	0,1518	0,1546	0,1604
11	0,0831	0,0616	0,0550	0,0387	0,0456	0,0728	0,1149	0,1082	0,1349	0,1499	0,1523	0,1580
12	0,0828	0,0603	0,0536	0,0368	0,0443	0,0722	0,1129	0,1052	0,1303	0,1489	0,1509	0,1576
13	0,0819	0,0593	0,0529	0,0344	0,0426	0,0713	0,1109	0,1036	0,1279	0,1476	0,1512	0,1576
14	0,0794	0,0584	0,0522	0,0332	0,0417	0,0704	0,1092	0,1026	0,1262	0,1465	0,1507	0,1576
15	0,0795	0,0579	0,0523	0,0324	0,0419	0,0704	0,1096	0,1029	0,1264	0,1479	0,1528	0,1597
16	0,0806	0,0573	0,0524	0,0333	0,0412	0,0700	0,1096	0,1040	0,1275	0,1495	0,1553	0,1623
17	0,0828	0,0583	0,0529	0,0335	0,0416	0,0705	0,1092	0,1040	0,1281	0,1510	0,1595	0,1660
18	0,0866	0,0612	0,0547	0,0345	0,0424	0,0715	0,1091	0,1040	0,1299	0,1551	0,1637	0,1671
19	0,0878	0,0641	0,0578	0,0352	0,0435	0,0725	0,1101	0,1050	0,1324	0,1606	0,1590	0,1598
20	0,0873	0,0667	0,0585	0,0369	0,0443	0,0734	0,1111	0,1063	0,1372	0,1607	0,1565	0,1579
21	0,0855	0,0657	0,0586	0,0393	0,0457	0,0737	0,1129	0,1097	0,1362	0,1530	0,1544	0,1551
22	0,0843	0,0636	0,0575	0,0408	0,0459	0,0761	0,1149	0,1087	0,1340	0,1525	0,1536	0,1537
23	0,0837	0,0616	0,0572	0,0403	0,0475	0,0783	0,1162	0,1104	0,1394	0,1580	0,1557	0,1581
24	0,1432	0,1046	0,0985	0,0674	0,0783	0,1367	0,2006	0,1924	0,2456	0,2772	0,2740	0,2844

Además de lo mencionado para la energía eléctrica, es necesario considerar el uso del gas natural, puesto que el sistema 3 proporciona calor a partir de calderas. El precio promedio del gas natural en el año 2021 fue 0,040 €/kWh [21]. Al realizarse también un análisis ambiental, es necesario conocer las emisiones del gas natural que son 0,202 kgCO₂eq/kWh [22].

4. METODOLOGÍA

En este apartado se explica el método seguido para realizar el análisis, además, se definirán los tres casos de estudio. El software de cálculo utilizado es “Lingo”, una herramienta para formular modelos matemáticos de sistemas, ya sean lineales o no lineales, para resolver y analizar problemas.

4.1. FUNCIÓN OBJETIVO

En el presente trabajo se busca principalmente optimizar un criterio económico, éste es, minimizar el coste total anual (*CTOT*), compuesto por el coste de inversión de los equipos (*CINV*) y el coste anual de operación de la planta (*FACE*) (Eq.9).

$$\text{Min } CTOT = CINV + FACE \quad (\text{Eq.9})$$

Se define el coste de inversión como la suma para todos los equipos del coste del capital del equipo por la capacidad instalada del mismo. Todo ello se multiplica por un factor anual de amortización y mantenimiento, tal como se verá más adelante. Mientras que, el coste de operación de la planta estará compuesto por la compra/venta anual de la energía eléctrica y gas natural de la planta. Consecuentemente estos dos costes variarán en cada uno de los tres sistemas propuestos.

Sin embargo, estos cálculos conllevan mucha más complejidad, ya que están sujetos a condiciones, tales como restricciones de igualdad (balances energéticos en los equipos) o desigualdades (límites de capacidad instalada). Teniendo en cuenta todo ello, el software es capaz de proporcionar la capacidad a instalar para cada uno de los equipos (ajustándose a las restricciones) de forma que se satisfaga la demanda energética requerida hora a hora y además, se obtenga al mínimo coste posible.

Como se verá más adelante, es posible fijar ciertas restricciones con el fin de satisfacer más de una porción de la demanda energética con energía renovable (fracción solar: f_s).

4.2. CASOS ESTUDIADOS

A continuación, se presentarán los tres sistemas que componen el estudio. El primero de ellos solamente atenderá la demanda de frío, al segundo, se le añadirá el abastecimiento de la demanda de electricidad. Por último, el tercero se encargará de toda la demanda energética, incluyendo también el consumo de calor para agua caliente sanitaria y/o calefacción.

Se debe destacar que los tres sistemas tienen capacidad de intercambio con la red, tanto en la compra como en la venta de energía eléctrica, menos el primero de ellos, que no es capaz de inyectar energía a red por no producirla.

4.2.1. SISTEMA 1 – REFRIGERACIÓN

El sistema 1 mostrado en la Figura 10, atiende solamente la demanda de frío gracias a la utilización de la energía solar térmica para alimentar enfriadoras de absorción.

Se han considerado tres tecnologías de absorción diferentes a saber: simple efecto, doble efecto y triple efecto. Cada una de estas enfriadoras requiere energía térmica a diferente temperatura, tal y como se muestra en la Tabla 12, por lo que se han considerado 3 tipos diferentes de colectores solares cilindro parabólicos y 3 tipos de colectores planos y de vacío, operando a distintos niveles térmicos, tal y como se muestra en la Tabla 12. Con objeto de garantizar el suministro de frío cuando el sistema solar no está en operación, o no es capaz de atender toda la demanda, se ha considerado la instalación de una enfriadora mecánica (RMAZ en la Figura 10) accionada con energía eléctrica de la red. Asimismo, se ha considerado un depósito de agua caliente (C) con objeto de almacenar energía térmica cuando la producción de los captadores solares es superior a la demandada.

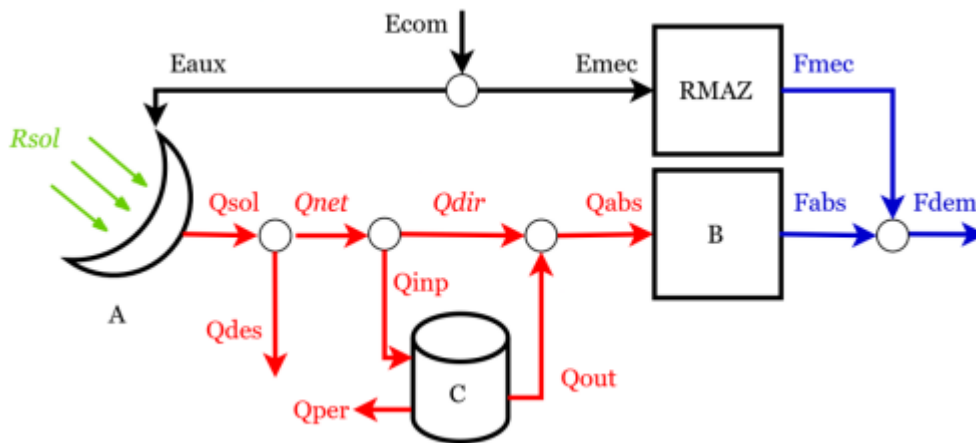


Figura 10. Diagrama de flujos del sistema 1. Fuente: Elaboración propia.

La puesta en marcha del sistema comienza por el flujo de radiación solar (R_{sol}) al bloque A (Colectores solares). El calor captado (Q_{sol}) se puede disipar (Q_{des}) cuando la producción es mayor que la demanda y además el acumulador está totalmente cargado. El calor útil (Q_{net}) puede tener dos destinos, su almacenamiento (Q_{inp}) y su empleo directo (Q_{dir}). Parte del calor acumulado se pierde (Q_{per}). La máquina de absorción atiende la demanda de frío (F_{abs}) primero con calor directo y después, si es necesario, con calor descargado del acumulador (Q_{out}). La compra de electricidad (E_{com}) permite accionar como auxilio la enfriadora mecánica (E_{mec}) y suplir el pequeño consumo del campo solar (E_{aux}). La suma de las producciones de las enfriadoras mecánica (F_{mec}) y de absorción (F_{abs}) es la demanda de refrigeración del distrito (F_{dem}).

Se han estudiado, para este sistema 1, las 6 configuraciones diferentes mostradas en la Tabla 12. A la hora de optimizar cada una de ellas, se han tomado como variables libres de diseño la superficie de los colectores solares, la capacidad del depósito de acumulación de energía térmica y la capacidad de la enfriadora de absorción.

Tabla 8. Casos por estudiar en el sistema 1. Fuente: Elaboración propia.

Caso	Nivel térmico	T_m (°C)	A - Colector	B - Enfriadora absorción
1	Alto	215	SKYb	RATE (efecto triple)
2	Alto	215	NEPa	RATE (efecto triple)
3	Medio	180	NEPb	RADE (efecto doble)
4	Medio	180	TVPa	RADE (efecto doble)
5	Bajo	95	TVPb	RASE (efecto simple)
6	Bajo	95	HTHa	RASE (efecto simple)

A continuación, se van a definir y explicar las ecuaciones y balances más importantes del modelo matemático que caracterizan el comportamiento de este sistema (véase Figura 10).

El punto de partida es la función objetivo definida en la (Eq.9), en ella se definía el coste total como la suma del coste de inversión (CINV) y de operación (FACE).

- Donde el coste de inversión es:

$$CINV = (FCR) * \sum_t CINVEQU (t) * CAPINS (t) + CINVACU * ACUINS ; \quad (\text{Eq.10})$$

$$FCR = INT * \frac{(1+INT)^{NYR}}{(1+INT)^{NYR-1}} + FOM ; \quad (\text{Eq.11})$$

Es decir, se define como la suma del coste de inversión del equipo t (CINVEQU) multiplicado por la capacidad instalada del mismo (CAPINS) más el coste del acumulador (CINVACU) multiplicado por la capacidad instalada de acumulador (ACUINS). Todo ello multiplicado por un factor de recuperación y mantenimiento del capital invertido (FCR). Para la recuperación del capital se ha considerado una tasa de interés (INT) del 3% anual y un periodo de operación de la planta (NYR) de 20 años. Como factor anual de operación y mantenimiento (FOM) se ha tomado un 1,5% [7].

El segundo término de la Eq.9 es el coste de operación (FACE). Consiste en la compra de energía eléctrica de la red, por tanto, se calcula como el sumatorio de la electricidad comprada (ECOM), durante cada una de las horas del año, por el precio de la energía eléctrica en dicha hora (PEP).

$$FACE = CELE = \sum_{h=1}^{h=8760} PEP (h) * Ecom (h) ; \quad (\text{Eq.12})$$

Por otro lado, la función objetivo está sujeta a una serie de restricciones. Se ha decidido imponer una capacidad instalada de 16.000 kW a la enfriadora mecánica (RMAZ) con el fin de que pueda abastecer toda la demanda frigorífica del distrito (se ha sobredimensionado un 10% la demanda máxima de frío). También se ha optado por limitar la capacidad máxima de los equipos con valores lógicos para que su dimensionamiento no pierda coherencia.

Una vez comentadas las ecuaciones particulares del sistema, es turno de introducir los balances de energía de los equipos que componen dicho diagrama (véase Figura 10):

- Colectores solares: Conociendo la radiación solar (Rad) y la producción del del colector (QS), por m², y el consumo de electricidad auxiliar (CONSKYE) con valor 1% del calor neto producido en los captadores, se determina le producción del campo solar en función de la superficie de captadores instalada (CAPINS).

$$Rsol (h) = CAPINS * Rad (h); \quad (\text{Eq.13})$$

$$Qsol (h) = CAPINS * QS (h); \quad (\text{Eq.14})$$

$$Qnet (h) = Qsol (h) - Qdes (h); \quad (\text{Eq.15})$$

$$Eaux (h) = CONSKYE * Qnet (h); \quad (\text{Eq.16})$$

- Enfriadora mecánica: Se calcula la electricidad consumida considerando su consumo específico ($CONMAZ$) que es la inversa del coeficiente de operación (COP), y el factor de ajuste de la enfriadora mecánica ($CONMAZr$) que es función de la temperatura horaria.

$$Emec(h) = CONMAZ * CONMAZr(h) * Fdem(h); \quad (Eq.17)$$

- Enfriadora de absorción: Los parámetros $CONABS$ y $CONABSR$ indican, como en el caso anterior, la inversa del coeficiente de operación y el factor de ajuste de la enfriadora de absorción a determinada hora.

$$Qabs(h) = CONABS * CONABSR(h) * Fabs(h); \quad (Eq.18)$$

- Acumulador: Se definen los factores de pérdidas en el acumulador, $FPOUTACUQ$ y $FPACUACUQ$, correspondiente a la salida y a las pérdidas por acumulación con el valor del 1% para los dos parámetros. Se establece el balance del acumulador como los flujos que entran menos los que salen igual al nivel del acumulador al final ($ACUFIN$) menos el nivel del acumulador al principio ($ACUINI$) para cada hora (h).

$$Qinp(h) = Qnet(h) - Qdir(h); \quad (Eq.19)$$

$$Qout(h) = Qabs(h) - Qdir(h); \quad (Eq.20)$$

$$Qper(h) = FPOUTACUQ * Qout(h) + FPACUACUQ * ACUINI(h); \quad (Eq.21)$$

$$Qinp(h) - Qout(h) - Qper(h) = ACUFIN(h) - ACUINI(h); \quad (Eq.22)$$

- Otras ecuaciones: Se define la electricidad comprada ($Ecom$) como la suma de la electricidad que alimenta la enfriadora mecánica ($Emec$) más la energía auxiliar del campo solar ($Eaux$). La demanda de refrigeración ($Fdem$) será la suma de la producción de cada una de las enfriadoras.

$$Ecom(h) = Eaux(h) + Emec(h); \quad (Eq.23)$$

$$Fdem(h) = Fmec(h) + Fabs(h); \quad (Eq.24)$$

La última restricción que se va a destacar es la que define la fracción solar a cumplir por el sistema, ésta en un principio será mayor o igual a cero, sin embargo, en otros análisis posteriores, se marcará el objetivo de cubrir la demanda con cierto porcentaje de recurso renovable. La fracción solar en este sistema queda definida como el cociente entre la energía producida por la enfriadora de absorción ($Fabs$) y la demanda de refrigeración del distrito ($Fdem$).

$$FS \geq \frac{Fabs}{Fdem} \quad (Eq.25)$$

4.2.2. SISTEMA 2 – REFRIGERACIÓN Y ELECTRICIDAD

El sistema 2, mostrado en la Figura 11, abastece tanto la demanda de refrigeración como la de electricidad. Para producir la electricidad se considera un ciclo Rankine orgánico (ORC) alimentado con la energía térmica producida en los colectores solares. La demanda de frío se atiende con una enfriadora mecánica accionada con energía eléctrica. El sistema está conectado a la red eléctrica con la posibilidad de comprar electricidad, cuando el sistema solar no opera o no produce suficiente energía eléctrica para atender la demanda, o de vender electricidad, cuando la producción del sistema solar es superior a la demanda.

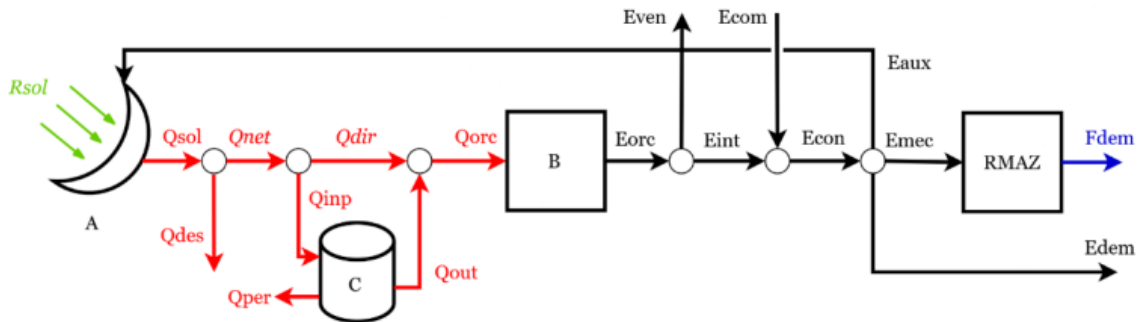


Figura 11. Diagrama de flujos del sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en el sistema 1, la puesta en marcha del sistema 2 comienza por el flujo de radiación solar (R_{sol}) al bloque A (Colectores solares). El calor captado (Q_{sol}) se puede disipar (Q_{des}) cuando la producción es mayor que la demanda y además el acumulador está totalmente cargado. El calor útil (Q_{net}) puede tener dos destinos, su almacenamiento (Q_{inp}) y su empleo directo (Q_{dir}). Parte del calor acumulado se pierde (Q_{per}). El ciclo Rankine orgánico produce energía eléctrica (E_{orc}) a partir de la energía térmica (Q_{orc}) procedente del sistema solar. Si la producción de energía eléctrica del ORC (E_{orc}) es mayor que la demandada, el excedente se vende (E_{em}) a la red eléctrica. Si por el contrario, la energía eléctrica producida en el ORC no es suficiente para atender la demanda, se compra (E_{com}) energía eléctrica de la red, que junto con la energía procedente del ORC (E_{int}) constituye la energía eléctrica consumida (E_{con}). Esta energía consumida (E_{con}) abastece el consumo del campo solar (E_{aux}), alimenta la enfriadora mecánica (E_{mec}) y atiende el consumo de energía eléctrica (E_{dem}) del distrito.

Del mismo modo que en el sistema 1, se van a considerar varias configuraciones diferentes, mostradas en la Tabla 13. En este caso es necesario operar el sistema solar con colectores cilindro parabólicos (A) para alcanzar el nivel de temperatura requerido por el ORC (B), por lo que solamente se han considerado 3 configuraciones diferentes, resultado de la combinación de los 3 tipos diferentes de colectores cilindro parabólicos con los 2 tipos de ORC considerados, tal y como se muestra en la Tabla 13. Asimismo, en este sistema 2 se ha considerado también un depósito de agua caliente (C) con objeto de almacenar energía térmica cuando la producción de los captadores solares es superior a la demandada.

Tabla 9. Casos por estudiar en el sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

Caso	Nivel térmico	Tm (°C)	A - Colector	B - ORC	C – Almacenamiento térmico
1	Muy alto	265	SKYa	ORCA	ACUQ
2	Alto	215	NEPa	ORCB	
3	Alto	215	NEPb	ORCB	

Para explicar las restricciones de comportamiento del sistema se comienza de nuevo por la función objetivo (Eq.9).

El término del coste de inversión es el mismo (Eq.10 y Eq.11) que el anteriormente explicado en el sistema 1, sin embargo, el coste de operación de los equipos se modifica, ya que, ahora entra en juego la venta de la electricidad generada que no se consume (*Even*). Como el precio de venta se considera inferior al de compra (PEP), por lo que se corrige con un factor 0.8 (*PRE*):

$$FACE = CELE - VELE = \sum_{h=1}^{h=8760} PEP(h) * Ecom(h) - PRE * PEP(h) * Even(h); \quad (Eq.26)$$

Los balances de energía de los equipos son iguales a los del sistema 1 (Eq.13-Eq.22), exceptuando que en el sistema 2 no hay enfriadora de absorción (Eq. 18) y sí se instala un ORC, por lo que es necesario incorporar el balance del ORC (Eq. 27):

$$Qorc = \frac{Eorc(h)}{RTOORCE} \quad (Eq.27)$$

Donde el *RTOORCE* es el rendimiento del ORC, es decir, el cociente entre la electricidad producida y el calor aportado.

Ahora, el resto de las ecuaciones, además de los balances de los equipos, son las siguientes:

$$Eorc(h) = Even(h) + Eint(h); \quad (Eq.28)$$

$$Econ(h) = Eint(h) + Ecom(h); \quad (Eq.29)$$

$$Econ(h) = Eaux(h) + Emec(h) + Edem(h); \quad (Eq.30)$$

En la primera de ellas se muestra que la energía eléctrica producida en el ORC (*Eorc*) es destinada a atender la demanda (*Eint*) y/o venderse a la red (*Even*). Si dicha energía destinada a abastecer la demanda no es suficiente, es necesario comprarla en la red (*Ecom*), formando ambas la energía consumida (*Econ*) (Eq.29). Esta última, como se muestra en la Eq. 30, se destina a abastecer el consumo eléctrico del campo solar (*Eaux*), alimentar la enfriadora mecánica (*Emec*) y atender el consumo eléctrico del distrito (*Edem*).

En cuanto a la restricción de la fracción solar, en este sistema 2 se define como uno menos la diferencia entre la electricidad que compras (*Ecom*) y la electricidad vendida (*Even*) dividido por la demanda eléctrica de la enfriadora mecánica (*Emec*) más la electricidad demanda (*Edem*). Esta definición representa cuanta energía eléctrica procede del ORC:

$$FS \geq 1 - \frac{Ecom - Even}{Edem + Emec} \quad (Eq.31)$$

4.2.3 SISTEMA 3 – REFRIGERACIÓN, ELECTRICIDAD Y CALOR

El sistema 3 que se muestra en la Figura 12, abastece completamente el distrito, esto es, la demanda de refrigeración, demanda de electricidad y demanda de calor. Para la generación de calor se reemplaza el ciclo Rankine orgánico del anterior sistema por otro ORC con recuperador de calor generado a 60°C , siendo así capaz de producir calor además de energía eléctrica. Además de este cambio, es necesario incorporar calderas para complementar al ORC y cogenerar calor, cubriendo entre ambos la demanda de calor del distrito. De la misma manera que en el sistema 2, es posible comprar/vender energía eléctrica de la red según sea la producción del sistema.

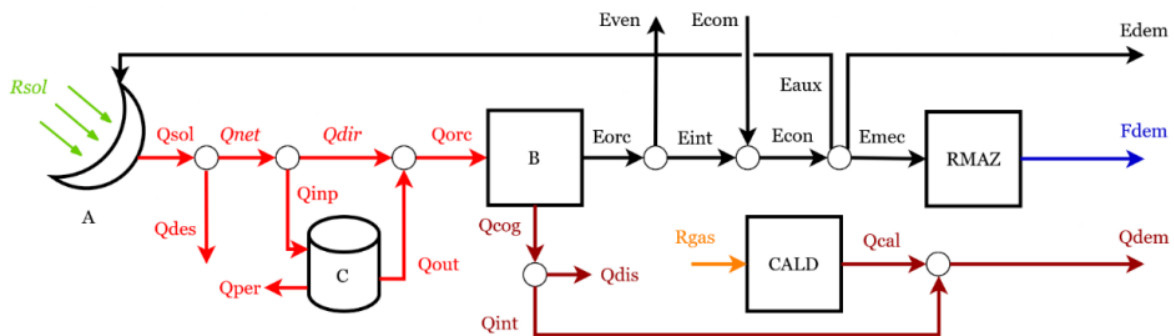


Figura 12. Diagrama de flujos del sistema 3. Fuente: Elaboración propia.

Como anteriormente, el sistema comienza su funcionamiento gracias al flujo de radiación solar (R_{sol}) sobre los colectores solares (Bloque A). El calor captado (Q_{sol}) puede disiparse (Q_{des}) cuando la producción es mayor que la demanda y además el acumulador está totalmente cargado. El calor útil (Q_{net}) puede almacenarse (Q_{inp}) o emplearse directamente (Q_{dir}). Parte del calor acumulado se pierde (Q_{per}). A continuación, el ciclo Rankine orgánico produce tanto energía eléctrica (E_{orc}) como calor cogenerado (Q_{cog}), todo ello a partir de la energía térmica (Q_{orc}) procedente del sistema solar. A partir de aquí, el flujo de energía eléctrica (E_{orc}) sigue el mismo camino que en el sistema 2, es decir, alimenta a la enfriadora mecánica (E_{mec}) para producir la refrigeración necesaria (F_{dem}) y atiende también la demanda eléctrica (E_{dem}). Por otro lado, se tiene la caldera alimentada con gas natural (R_{gas}) produciendo calor (Q_{cal}) que junto al calor cogenerado obtenido del ORC (Q_{orc}), atienden la demanda de calor del distrito (Q_{dem}).

En esta ocasión, se ha seleccionado un colector cilindro parabólico (A) para operar a elevadas temperaturas exigidas por el ORC (B), así pues, la necesidad de operar el sistema con valores térmicos muy elevados hace que únicamente exista una combinación posible de equipos, (véase Tabla 14). Además de estos componentes, también se ha incluido un depósito de agua caliente (C) con objeto de almacenar energía térmica cuando sea posible.

Tabla 10. Caso por estudiar en el sistema 3. Fuente: Elaboración propia.

Caso	Nivel térmico	Tm (°C)	A - Colector	B - ORC	C - Almacenamiento térmico
1	Muy alto	280	SKYc	ORCC	ACUQ

A continuación, se van a presentar las restricciones y ecuaciones más importantes de este sistema. Como hasta ahora, se comienza por la función objetivo (Eq.9), la ecuación del coste de inversión no varía respecto a los sistemas anteriores (Eq.10 y Eq.11), pero el coste de operación sí. En esta ocasión a dicho coste (*FACE*) es necesario añadir el coste del consumo del gas natural (*CGAS*) por parte de la caldera.

$$FACE = CELE - VELE + CGAS =$$

$$= \sum_{h=1}^{h=8760} PEP(h) * Ecom(h) - PRE * PEP(h) * Even(h) + CUG * Rgas(h); \quad (Eq.32)$$

Donde *CUG* es el coste unitario del gas y *RGAS* el consumo del combustible por hora.

En este sistema se han producido dos cambios respecto al sistema 2 (ORC y caldera), por tanto, se deben introducir al modelo sus balances de energía, manteniendo igual las ecuaciones del resto de equipos (Eq.13-Eq.22).

Al cambiar el funcionamiento del ciclo Rankine orgánico, es necesario añadir una ecuación, ya que ahora produce tanto energía eléctrica (Eq.27) como calor, que se definirá en la siguiente ecuación (Eq.33):

$$Qcog(h) = PUQORC * Eorc(h); \quad (Eq.33)$$

Donde (PUQORC) es el cociente entre la producción de calor y la producción de electricidad del ORC.

A continuación, se muestra la ecuación de la caldera, cuya potencia se ha decidido fijar en 14.000 kW (siguiendo el mismo procedimiento que anteriormente con la enfriadora mecánica).

$$Rgas(h) = CONGAS * Qcal(h); \quad (Eq.34)$$

Definiendo el consumo específico de la caldera (*CONGAS*) como el cociente entre el consumo de gas natural (*Rgas*) y el calor aportado por la caldera (*Qcal*).

En este modelado, las ecuaciones 28,29 y 30 explicadas en el sistema 2 no cambian (Eq.28-Eq.30). Sin embargo, es necesario implementar otras que completen su funcionamiento.

$$Qcog(h) = Qdis(h) + Qint(h); \quad (Eq.35)$$

$$Qdem(h) = Qint(h) + Qcal(h); \quad (Eq.36)$$

La primera de ellas muestra la posibilidad de disipar (Q_{dis}) el calor producido en la cogeneración (Q_{cog}). La segunda rige cómo se abastece la demanda de calor, esto es, con el calor producido en la caldera (Q_{cal}) y la generada en el ORC (tras ser disipada, si lo es necesario) (Q_{int}).

Por último, para este sistema se vuelve más complicado definir la fracción solar, puesto que se producen diferentes recursos, uno mediante producción conjunta en el ORC. Por esta causa, se ha considerado mantener la misma definición que en el sistema 2, esto significa la ecuación Eq.31.

5. RESULTADOS

A continuación, se van a mostrar resultados de diferentes análisis realizados, todos ellos obtenidos en base a los datos y a los procedimientos mencionados. Se comenzará por los análisis del sistema 1 y siguiendo el hilo argumental, después se pasará por el sistema 2, hasta llegar a mostrar los resultados obtenidos a partir de estudios en el sistema 3.

5.1. SISTEMA 1

Este sistema únicamente considera abastecer la demanda de refrigeración del distrito, es decir, la demanda de todos los edificios. Se han considerado los 6 casos mostrados en la Tabla 12 para analizar cuál es el mejor de ellos en términos de minimización del coste total anual.

En este sistema, la solución óptima en coste se corresponde para una fracción solar nula en todos los casos. Por tanto, con dichas condiciones de partida, la mejor alternativa es el uso de las tecnologías convencionales para la generación de frío (enfriadora mecánica), sin disponer de los elementos considerados que puedan abastecer energía renovable.

En la siguiente Tabla 15, se muestra el coste total obtenido para cubrir la demanda de refrigeración de los distintos edificios en el caso 1.

Tabla 11. Solución óptima para el sistema 1. Fuente: Elaboración propia.

Fracción solar	Colectores (m^2)	ACUQ (kWh)	RABS (kW)	RMAZ (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión ($tCO_2eq/año$)
0%	0,00	0,00	0,00	16.000	483.812,63	236,28

Aunque el análisis anterior pone de manifiesto que, con los precios considerados, no es competitivo el sistema solar, a continuación, se va a analizar qué configuración, de las 6 consideradas para el sistema 1 sería la óptima para ser elegida en el sistema. Por esta razón, se ha decidido fijar la fracción solar en 50% (una cifra considerable de producción renovable), escogiendo la configuración que minimice el coste total anual.

En el caso en el que 2 o más configuraciones den como resultado costes similares, se tendrá en cuenta un criterio ambiental favoreciendo a aquella configuración que presente menor valor de emisiones de CO_2eq .

Este criterio ambiental también tiene cierto aspecto económico, ya que generar más emisiones hace que la empresa/planta de generación tenga que comprar más derechos de emisión (necesarios para limitar la contaminación), éstos tienen en la actualidad un coste promedio de 80 €/tCO₂ [23].

En la siguiente tabla (Tabla 16) se muestran los resultados óptimos obtenidos para cada configuración, fijando la producción renovable (fracción solar) al 50%.

Tabla 12. Resumen resultados de los 6 casos para el sistema 1. Fuente: Elaboración propia.

Casos	Fracción solar	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	RABS (kW)	RMAZ (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión (tCO ₂ eq/año)
1) SKYb +RATE	50%	4.225,92	6.708,24	2.810,91	16.000	602.156,64	170,06
2) NEPa +RATE	50%	7.319,23	8.986,82	3.533,13	16.000	709.743,28	192,89
3) NEPb +RADE	50%	9.189,36	11.080,02	3.621,38	16.000	769.516,51	204,04
4) TVPa +RADE	50%	10.986,64	14.063,76	2.805,72	16.000	795.979,04	203,63
5) TVPb + RASE	50%	10.338,10	14.030,35	2.474,59	16.000	767.043,22	201,12
6) HTHa + RASE	50%	16.592,57	19.622,50	2.915,46	16.000	938.084,90	235,29

Se observa que el mejor caso es el número 1, que presenta una diferencia de coste superior al 25% con respecto al sistema convencional sin generación renovable (Tabla 15), sin embargo, su coste es un 15% menor respecto al resto de configuraciones con misma fracción solar. Además, es el que menor emisiones de CO₂eq anuales genera, esto se debe al menor requerimiento de equipos, ya que, los colectores de los primeros casos aprovechan mejor la energía solar, por tanto, es necesario menor número de ellos y consecuentemente el almacenamiento también disminuye. En cuanto a las enfriadoras de absorción, no existe gran diferencia.

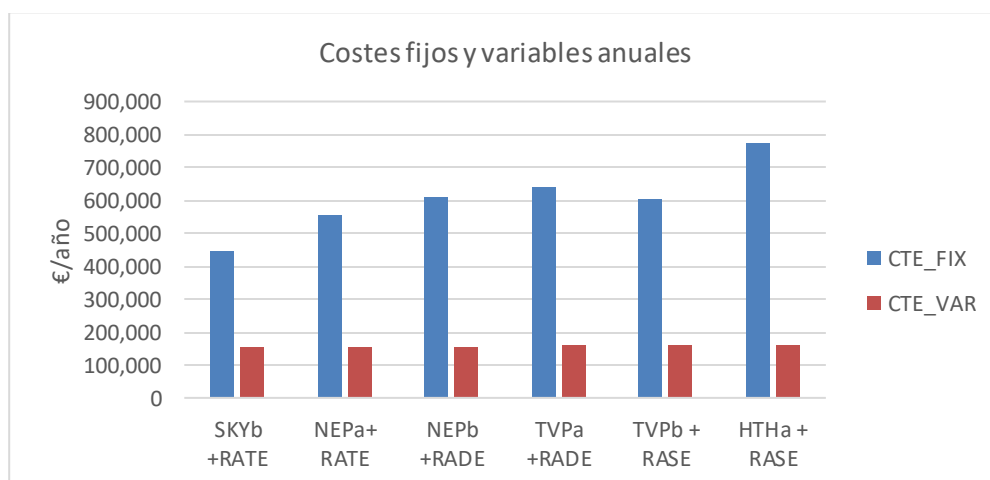


Figura 13. Variación costes fijos y variables en los 6 casos. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 13, se muestra el origen de la diferencia de los costes de los casos anteriores y se observa cómo en todos ellos, el coste variable dependiente de la compra de electricidad es prácticamente igual. Esto es lo esperado, ya que se ha fijado la fracción solar. Sin embargo, la diferencia la marca el coste fijo, que refleja el coste de los equipos necesarios para llegar a dicho porcentaje de fracción solar. En el caso óptimo (número 1), éstos ascienden a 154.195,97 €/año y 447.960,67 €/año respectivamente.

Una vez seleccionado el caso 1 como la configuración óptima para el abastecimiento del distrito, se ha contemplado estudiar la variación del precio del recurso eléctrico para ver cómo afecta en el sistema. La justificación del análisis es que a precio base, la fracción solar óptima era nula (Tabla 15), de esta manera, al aumentar el precio de compra de la electricidad, la inversión en generación renovable se irá convirtiendo cada vez más rentable, además, como se ha visto en los últimos tiempos, el precio de la energía ha sufrido un importante crecimiento.

Los resultados de la simulación al variar el precio de la electricidad se muestran en la Tabla 17:

Tabla 13. Afectación del precio en la fracción solar del caso 1 en el sistema 1. Fuente: Elaboración propia.

Fracción solar óptima	Precio electricidad (* x)	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	RABS (kW)	RMAZ (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión (tCO ₂ eq/año)
0%	1	0,00	0,00	0,00	16.000	483.812,63	236,28
0%	1,25	0,00	0,00	0,00	16.000	558.724,99	236,28
1,593%	1,5	121,69	101,48	77,36	16.000	633.632,45	234,08
28,36%	1,75	2.243,87	3.055,24	1.402,47	16.000	695.668,83	197,58
36,24%	2	2.909,95	4.305,17	1.853,02	16.000	746.478,37	187,25
44,13%	2,25	3.645,97	5.475,69	2.411,27	16.000	791.717,48	177,58
49,59%	2,5	4.193,82	6.537,08	2.844,00	16.000	832.351,48	171,25
56,21%	2,75	4.911,03	7.928,78	3.427,94	16.000	868.300,84	164,45
59,55%	3	5.277,93	8.772,69	3.769,56	16.000	900.840,00	161,43

Como se observa en la Tabla 17, a medida que se aumenta el precio de la electricidad comprada, la fracción solar aumenta. La razón es que, al incrementar el coste de la electricidad, es más rentable invertir en los dispositivos capaces de producir frío solar renovable que comprar energía eléctrica a la red para producir el frío en la enfriadora mecánica. Finalmente, al triplicar el precio de la electricidad, se alcanza casi un 60% de fracción solar, fracción muy considerable, sin embargo, el coste anual en este caso es algo más del doble que en el caso evaluado al precio base de la electricidad inicial de partida.

A continuación, en la Figura 14 se ilustra la variación y procedencia de las emisiones en cada caso, de esta manera se analizará qué componentes afectan más a dichas emisiones.

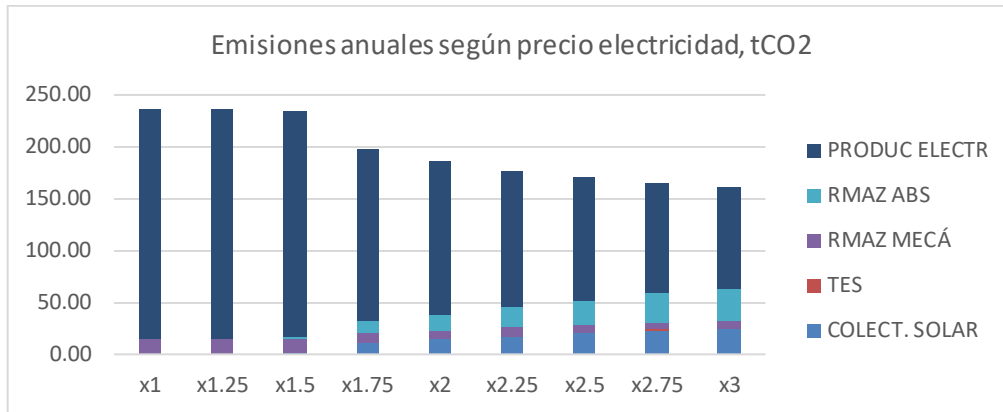


Figura 14. Emisiones anuales según precio de la electricidad sistema 1. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se esperaba, en la Figura 14, el incremento en el precio de la electricidad (y su consecuente aumento en la fracción solar óptima) refleja directamente una reducción de las emisiones. En los tres primeros casos, la fracción solar es casi nula y en ellas la producción de la electricidad que se compra de red es la que genera prácticamente todas las emisiones. Sin embargo, a partir de x1,75, se observa la primera reducción importante tanto de emisiones como en el coste (véase Tabla 17). Esto sucede ya que es el primer caso en el que se consigue una apreciable fracción solar óptima, 28,36%. Por esta razón, de aquí en adelante, el precio del recurso eléctrico comprado será éste y no el precio base.

A pesar de que hasta el momento solo se ha hablado de costes, producciones y emisiones anuales, todos los resultados proceden de cálculos horarios, puesto que se debe abastecer la demanda (de refrigeración en este caso) hora a hora con los diferentes métodos que considera el sistema 1 (enfriadora de absorción o mecánica).

Muestra de ello, se ha considerado realizar un análisis mensual para ver cómo se abastece dicha refrigeración para una fracción solar del 28,36%, es decir, considerando el precio de la electricidad comprada x1,75 veces el precio base. Esto se ilustra en la Figura 15:

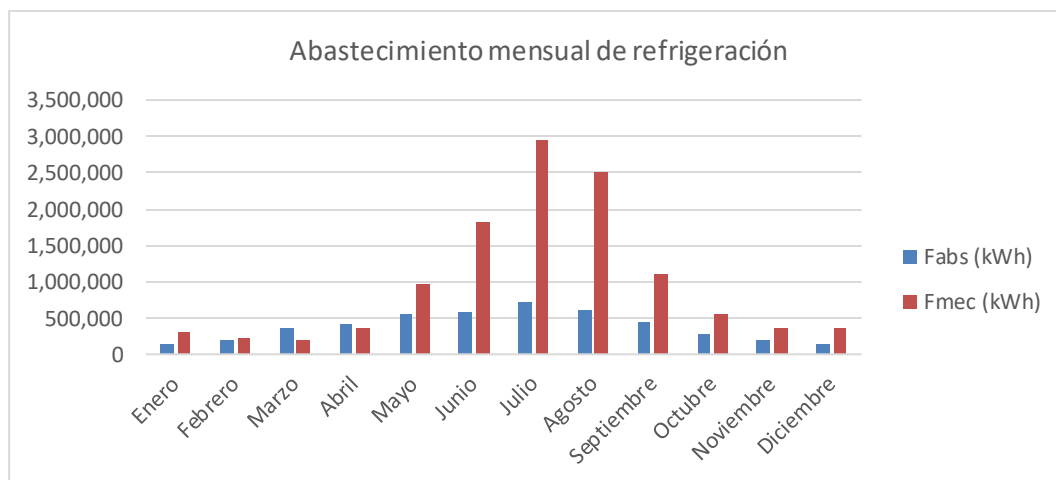


Figura 15. Distribución del abastecimiento mensual de refrigeración en el sistema 1, fracción solar 28,36% y precio electricidad x1,75 veces el precio base. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, en los primeros meses del año se abastece el consumo con similar participación de ambos métodos de generación de frío, sin embargo, según aumenta la demanda en los periodos de mayor temperatura (sobre todo en verano), la posibilidad de aumentar dicha potencia no es la misma. Las enfriadoras de absorción dependen de la radiación incidente que perciban los captadores solares, por tanto, es un recurso limitado. En cambio, las enfriadoras mecánicas se abastecen de la energía que se compra a la red “ilimitada”. Así pues, se ve cómo en verano la necesidad de refrigeración en esta estación se abastece con las enfriadoras mecánicas, observando en la figura unos grandes picos. La energía aportada por las enfriadoras de absorción también aumenta, pero en menor medida.

Tras estos análisis acerca del sistema 1, es momento de implementar otro tipo de demanda de los edificios, ésta es la demanda eléctrica, que se estudiará en el sistema 2.

5.2. SISTEMA 2

Al igual que en el sistema 1, se van a realizar una serie de análisis, los cuales comienzan determinando qué configuración óptima de equipos (véase la Tabla 18). Tanto éste como el resto de los análisis se realizan considerando un precio 1,75 veces (x1,75) el precio base de la electricidad.

Tabla 14. Resumen resultados de los 3 casos para el sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

Casos	Fracción solar	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	ORC (kW)	RMAZ (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión (tCO ₂ eq/año)
SKYa + ORCA	51,24%	34.576,80	30.858,52	3.165,99	16.000	3.926.386,07	1.077,55
SKYb + ORCB	0,00%	0,00	0,00	0,00	16.000	4.066.048,36	1.682,27
NEPa + ORCB	0,00%	0,00	0,00	0,00	16.000	4.066.048,36	1.682,27

Tal como muestra la Tabla 18, el mejor caso es el primero. Esto sucede ya que son los que operan a mayor temperatura y obtienen una mayor producción y rentabilidad. El resultado de la fracción solar es de 51,24% una producción renovable muy considerable. Se ve cómo para los otros dos casos, la simulación óptima es con fracción solar nula, obteniendo un coste total anual ligeramente superior al primer caso y unas emisiones considerablemente superiores. Esto último es debido a las emitidas por la producción de la energía comprada de red.

La Figura 16 muestra la distribución de costes en los 3 casos del sistema 2 estudiados y se explica por qué el coste total es similar en todos ellos.

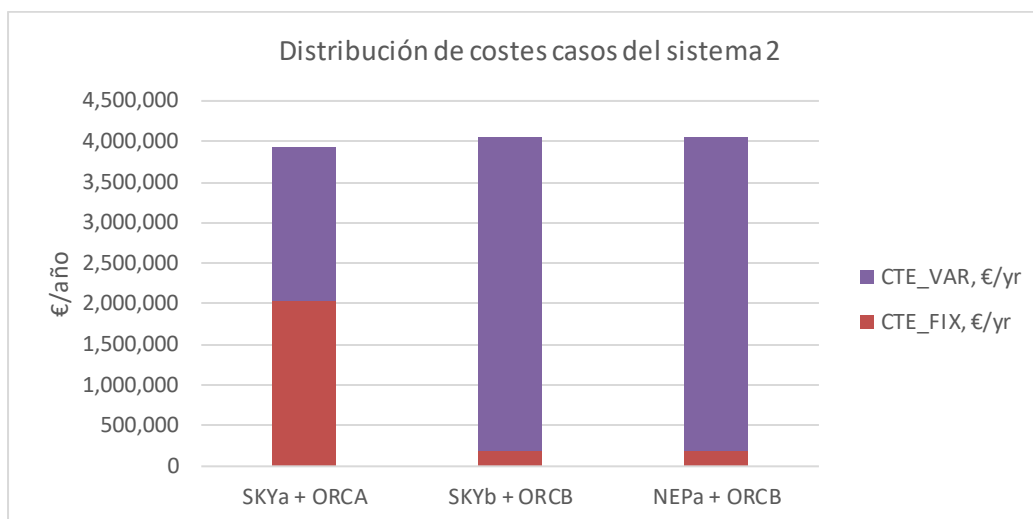


Figura 16. Distribución de costes de los casos del sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

Se observa cómo la procedencia de los costes difiere mucho entre los casos 1 y el resto. En el primero supera ligeramente el coste fijo al variable (por la inversión en los equipos), en cambio, en los otros dos, el coste prácticamente total es de tipo variable, correspondiente a la compra de los recursos energéticos. El coste fijo corresponde a la compra de la enfriadora mecánica, necesaria en todos los casos.

Asimismo, se ha realizado un estudio variando la fracción solar del modelo y se analiza cómo se comporta cada variable libre de diseño (superficie de colectores, capacidad del acumulador y potencia nominal del ORC) (Tabla 19):

Tabla 15. Resultados de la optimización variando la fracción solar en el sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

Fracción solar	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	ORC (kW)	RMAZ (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión (tCO ₂ eq/año)
0%	0.00	0.00	0,00	16.000	4.066.048,36	1.682,26
10%	6.591,44	3.301,16	692,15	16.000	4.028.325,97	1.563,65
20%	13.192,37	6.661,54	1.381,24	16.000	3.990.796,11	1.445,06
30%	19.835,42	11.194,29	2.042,79	16.000	3.957.683,59	1.326,86
40%	26.660,16	17.865,62	2.633,87	16.000	3.935.048,57	1.209,58
50%	33.717,85	29.643,22	3.098,89	16.000	3.926.505,79	1.092,28
60%	40.557,26	37.008,66	3.690,48	16.000	3.931.811,53	973,76
70%	47.351,65	39.182,41	4.376,29	16.000	3.950.510,29	855,22
80%	53.944,75	40.774,62	5.107,28	16.000	3.974.806,99	735,96
90%	60.485,66	41.186,48	5.864,53	16.000	4.001.731,92	616,44
100%	67.090,29	41.690,44	6.607,64	16.000	4.030.929,56	497,12

A partir de los resultados de la Tabla 19, se observa cómo al aumentar la fracción solar impuesta aumenta el tamaño y capacidad de los equipos, sin embargo, no todos lo hacen de manera lineal, ya que, para una fracción solar del 10%, se necesitan 0,5 kWh de almacenamiento por cada m² de colector solar, en cambio, para una fracción solar del 90% el almacenamiento aumenta a 0,62 kWh/m².

El ciclo Rankine orgánico (ORC) prácticamente guarda la misma relación, 0,1 kW/m². El tamaño de la enfriadora mecánica no varía ya que su capacidad se ha seleccionado para atender la demanda de refrigeración total, que en todos los casos es la misma.

Ahora se pondrá la atención en las emisiones y el coste anual. Las emisiones de CO₂ se van reduciendo con el aumento de la fracción solar, esto es debido a que como la gran parte de emisiones se generan por la producción de la energía eléctrica comprada a la red, cuando esta disminuye, dichas emisiones disminuyen a pesar de aumentar la capacidad de los equipos.

En relación al coste total anual, en la Tabla 19 se observa cómo en primer lugar disminuyen dichos costes, hasta un mínimo en la fracción solar óptima calculada anteriormente (51,24% → 3.926.386,07 €), a partir de entonces vuelve a crecer hasta casi los valores iniciales. Estas variaciones se deben a que, al principio, el coste de la compra de la electricidad es superior al derivado de los componentes para generar dicha energía con los colectores, sin embargo, llega un momento en el que al tener que aumentar tanto los equipos para abastecer la demanda, el coste de compra ya no es tan desfavorable respecto al incremento del coste por los dispositivos.

En la Figura 17 se muestra la distribución de los costes anuales anteriormente analizados:

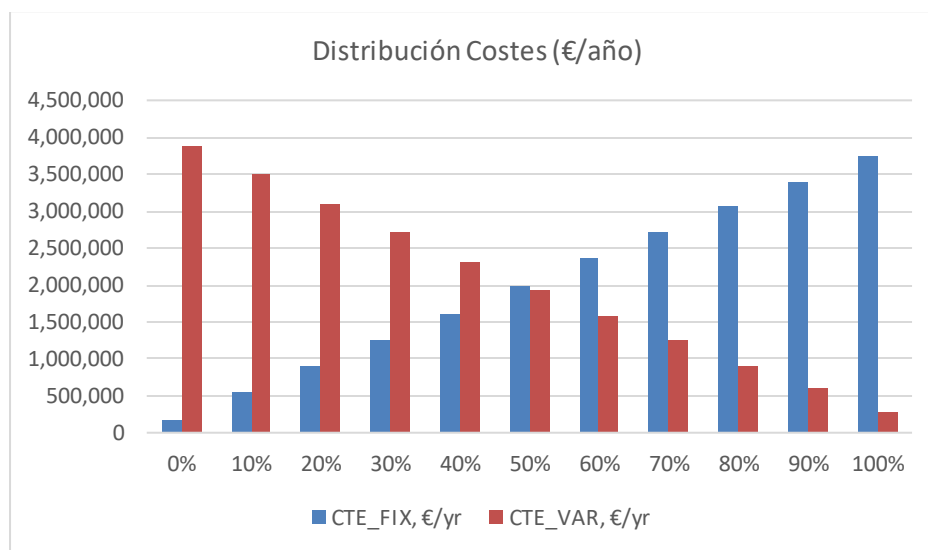


Figura 17. Distribución costes anuales en función de la fracción solar en sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

En color rojo se muestran los costes asociados a la compra/venta de la electricidad, mientras que en azul los derivados de la compra de los equipos necesarios para formar el sistema. Se observa cómo ambas variaciones son prácticamente lineales, debido a que al fijar el porcentaje de energía proveniente de cada lugar (compra o generación) los costes son similares.

A continuación, en la Figura 18, se analizará el comportamiento de los flujos energéticos dentro del sistema, por un lado, la energía proveniente del ORC y por otro la asociada a la compra y venta de la electricidad.

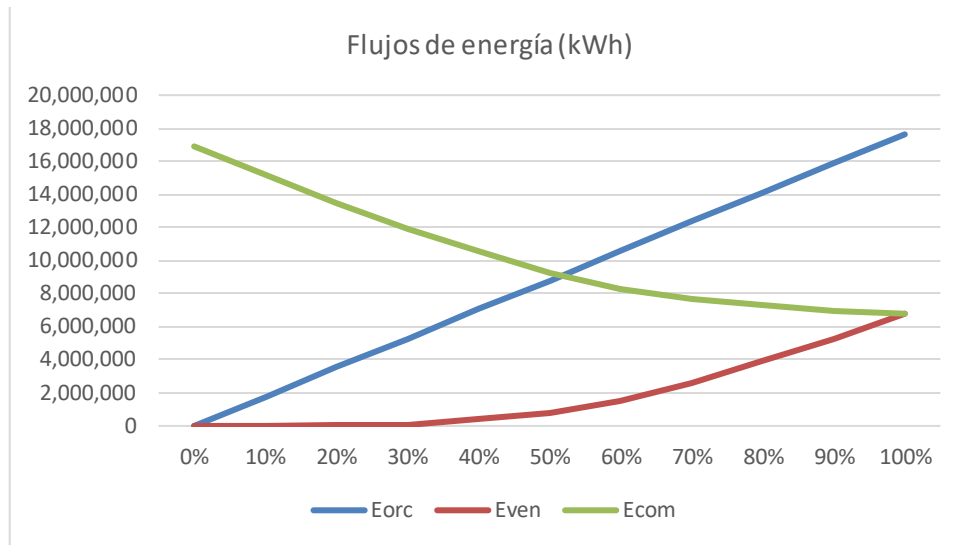


Figura 18. Flujos energéticos en función de la fracción solar en sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

A simple vista se observa que la energía proveniente del ORC es proporcional a la fracción solar exigida. En cuanto a la energía eléctrica comprada y vendida, en un primer momento es necesaria comprar toda ella, sin embargo, según se va aumentando la capacidad de los captadores solares, se va disminuyendo la compra y aumentando la venta. Al llegar al 100% de fracción solar, la diferencia de los flujos de energía comprada y vendida es nula, sin embargo, se debe destacar que el precio de compra es superior al obtenido de la venta.

Ahora se va a analizar si la agrupación de los diferentes edificios es ventajosa frente a una atención de la demanda individual. En la Tabla 20 se muestran los resultados. En las primeras filas de ella se tienen los resultados de las simulaciones para coste mínimo de cada edificio individual (CC: centro comercial, H: hospital, V: viviendas, O: oficinas). A continuación, se muestra un sumatorio de todos ellos frente al resultado óptimo del distrito (Tabla 18), por último, se muestra la diferencia obtenida entre ellos.

Tabla 16. Resultados de la comparación entre Distritos vs Edificios individuales en el sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

Casos		Fracción solar	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	ORC (kW)	RMAZ (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión (tCO ₂ ,eq/año)
Edif. Indiv.	CC	58,81 %	8.457,53	6.872,33	815,09	7.000	871.473,93	212,03
	H	46,45 %	6300,20	5.631,94	576,03	2.000	772.672,13	229,75
	V	45,21 %	12.169,35	11.003,5	1.129,1	7.000	1.581.208,4	459,36
	O	61,32 %	7.547,17	5.884,47	712,95	2.000	731.581,02	179,57
Sumatorio		55,78 %	34.474,24	29.392,27	3.233,17	18.000	3.956.935,47	1.080,71
Distrito		51,24 %	34.576,80	30.858,52	3.165,99	16.000	3.926.386,25	1.077,55
Diferencia		-	-102,57	-1.466,25	67,18	2.000	30.549,22	3,16

Antes de realizar las simulaciones aquí mostradas, se podía pensar que el tratamiento conjunto de los edificios superaría con creces al individual, sin embargo, como se muestra, ésto no sucede, al menos en el grado que se podía esperar.

Atender las demandas conjuntas sí que favorece tanto económica como medioambientalmente, sin embargo, la diferencia existente es mínima 1% y 0,3% respectivamente. En cuanto a la capacidad instalada de componentes, es generalmente mayor en el distrito que individualmente, tanto en colectores como en almacenamiento. Estos resultados se explican porque se deseaba estudiar el efecto de la integración de los diferentes edificios en el distrito y no se ha introducido ningún factor que favorezca la economía de escala.

Tras lo comentado hasta ahora, es momento de analizar unos valores representativos en la tabla anterior (Tabla 20), éstos son las diferencias en la fracción solar obtenidas en los diferentes edificios con respecto al valor de fracción solar del distrito. Dichos valores son mayores tanto en el centro comercial como en las oficinas, esto es debido a que el consumo de estos dos tipos de edificios se agrupa en las horas centrales del día, que es cuando mayor irradiación existe, mientras que en el resto de las horas las necesidades energéticas disminuyen considerablemente.

Sin embargo, en las viviendas y hospitales los consumos no siguen tan bien esa curva de radiación solar, ya que en las viviendas se consume gran cantidad de energía en las horas finales del día y en los hospitales la demanda suele ser más constante. Por tanto, la energía procedente del sol es menos efectiva en este tipo de edificios.

Para profundizar el análisis sobre lo expuesto, se ha decidido observar el porcentaje de fracción solar en varios días tipo en todos los edificios. Los resultados se reflejan en la siguiente Tabla 21:

Tabla 17. Variación fracción solar según día tipo en el sistema 2. Fuente: Elaboración propia

%Fracción solar	Verano-Laboral	Verano-Festivo	Invierno-Laboral	Invierno-Festivo
Cent. comercial	85,75 %	67,76 %	25,32 %	0 %
Hospital	72,69 %	51,71 %	22,32 %	0 %
Viviendas	87,18 %	56,86 %	23,57 %	0 %
Oficinas	73,89 %	99,74 %	21,77 %	0 %

El día tipo más favorable para todos es un día laboral de verano, esto podría causar controversia, sin embargo, es explicable para cada edificio, tanto en las oficinas como en el centro comercial, su actividad se centra sobre todo en las horas donde existe radiación. En cambio, en el hospital y viviendas, a pesar de que tienen grandes consumos fuera de esas horas, aprovechan la radiación solar almacenándola para cuando aumente su actividad.

En cuanto a lo que sucede en un día festivo en periodo estival, se puede encontrar gran diferencia entre la oficina y el resto de los edificios, teniendo el primero un gran porcentaje de fracción solar, esto se justifica ya que es el único edificio tipo donde se reduce de manera drástica el consumo. En el resto a pesar de poder verse reducido, lo hace en menor grado, ya que se sigue dando servicio en todos ellos.

En el periodo invernal, apenas hay diferencia de fracción solar entre los edificios. Para ver con más detalle qué sucede en estos días tipo (especialmente en invierno), se muestran en la Tabla 22 los resultados de varios flujos de energía del sistema correspondiente a las Oficinas.

Tabla 18. Flujos energéticos de las Oficinas según día tipo en el sistema 2. Fuente: Elaboración propia

Flujos Oficinas	E. Comprada (kWh)	E. Vendida (kWh)	Q. Almacenado (kWh)	Q per. / Q prod.
Verano-Laboral	1.593,55	528,72	592,04	1,7%
Verano-Festivo	2.056,97	1.840,98	339,28	2,1%
Invierno-Laboral	6.423,47	0	189,13	2%
Invierno-Festivo	4.998,91	0	1.550,17	-

De la anterior tabla se puede observar cómo en periodo invernal se prioriza almacenar la energía proveniente de la radiación solar y comprar la cantidad de la energía que se requiera, mientras que, en verano, existe un equilibrio entre almacenar y la compra/venta de electricidad.

Otro aspecto interesante de diseño, son las relaciones: i) entre la capacidad del depósito de almacenamiento de energía térmica y la superficie de colectores solares, y ii) la potencia del ORC y la superficie de los colectores solares que se muestran en Tabla 23.

Tabla 19. Equipos utilizados y relación en cada edificio en el sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

Casos		Fracción solar	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	ORC (kW)	RMAZ (kW)	Almacen. (kWh/m ²)	ORC (kW/m ²)
Edif.	CC	58,81 %	8.457,53	6.872,33	815,09	7.000	0,812	0,096
	H	46,45 %	6.300,20	5.631,94	576,03	2.000	0,894	0,092
Indiv.	V	45,21 %	12.169,35	11.003,5	1.129,1	7.000	0,904	0,093
	O	61,32 %	7.547,17	5.884,47	712,95	2.000	0,779	0,094

Se debe mencionar que el tamaño de la enfriadora mecánica no se ha relacionado, ya que esta depende de la demanda energética de refrigeración de cada edificio. Por otra parte, el tamaño del depósito de almacenamiento de energía térmica o del ORC sí que presentan dependencia de los captadores solares, siendo muy parecida en todos los edificios la relación de la potencia de los ciclos Rankine orgánicos frente a la superficie de los colectores. Sin embargo, la relación entre la capacidad del almacenamiento de energía térmica y la superficie de los captadores varía, siendo es mayor la relación para el hospital y las viviendas. El motivo de dicha diferencia se debe a que la distribución temporal de la demanda a lo largo del día se concentra más en las horas centrales del día en las oficinas y el centro comercial que en las viviendas y el hospital.

Para concluir los análisis para cada edificio en el sistema 2, se muestra en la Tabla 24, el ahorro que se produce, cuando el sistema 2 opera con las fracciones solares mostradas, respecto al sistema convencional sin producción renovable. No se ha considerado mostrar en dicha tabla los equipos, ya que, en el sistema 2 ya han sido mostradas las capacidades necesarias y en el sistema convencional no son necesarios dichos equipos.

Tabla 20. Ahorro conseguido en cada caso para el sistema 2. Fuente: Elaboración propia.

Casos		Fracción solar	CTE. TOT (€/año)	Ahorro Coste (%)	Emisión (tCO ₂ eq/año)	Ahorro emisión (%)
Edif. Indiv.	CC	58,81 %	871.473,93	3,33 %	212,03	41,35 %
		0,0 %	901.535,07		361,53	
	H	46,45 %	772.672,13	3,45 %	229,75	32,47 %
		0,0 %	800.247,04		340,24	
	V	45,21 %	1.581.208,4	2,77 %	459,36	31,76 %
		0,0 %	1.626.290,8		673,18	
	O	61,32 %	731.581,02	3,87 %	179,57	43,19 %
		0,0 %	760.995,80		307,31	
Sumatorio		55,78 %	3.956.935,47	3,23 %	1.080,71	35,76 %
		0,0 %	4.089.068,76		1.682,27	
Distrito		51,24 %	3.926.386,25	3,43%	1.077,55	35,94%
		0,0 %	4.066.048,36		1.682,26	

Como se ve en la Tabla 24, en todos los resultados obtenidos y mostrados se observa una mejora tanto en el coste como en las emisiones anuales en el caso que exista aportación de energía solar. El ahorro que se consigue en el coste es poco significativo y similar en todos los casos, nunca supera el 4%, por tanto, no se puede considerar una gran ventaja.

Sin embargo, en el aspecto medioambiental sí hay un gran avance, el uso de los dispositivos necesarios para implementar la radiación del sol al sistema hacen que las emisiones generadas descendan hasta un 43%, esta reducción sí que es relevante.

5.3. SISTEMA 3

A continuación, se va a comenzar los análisis con el modelo del sistema 3, capaz de atender las demandas de electricidad, calor y refrigeración. Como ya se explicó anteriormente, que en este caso debido a la alta temperatura de trabajo requerida para accionar el ciclo ORC de cogeneración solamente se ha considerado la configuración de mayor nivel térmico.

Este modelo tiene cierta similitud con el anterior, pero en esta ocasión es necesario introducir calderas de gas natural, y cambiar el ORC, para que su función pase de ser únicamente eléctrica (sistema 2) a asistir también en la generación de calor disminuyendo así la cantidad de electricidad generada.

En la Tabla 25 se muestra el resultado óptimo de la configuración considerada. Esta evaluación se ha realizado con el factor de x1,75 respecto al precio base de compra de la electricidad.

Tabla 21. Resultados configuración óptima en el sistema 3. Fuente: Elaboración propia.

Casos	Fracción solar	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	ORC (kW)	RMAZ (kW)	CALD (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión (tCO ₂ eq/año)
1	56,88 %	49.018,33	46.560,63	3.485,56	16.000	14.000	5.487.841,83	3.710,71

La sustitución del ORC e implementación de calderas realizada por el cambio de funcionalidad del sistema 2 al sistema 3, parece un cambio beneficioso, al implicar cogeneración de electricidad y calor, sin embargo, se ha considerado necesario estudiar si ésto es realmente así.

Para ello, se van a comparar los resultados entre el sistema 2 (refrigeración y electricidad) más la generación de calor de manera externa al sistema (mediante calderas) frente al sistema 3, el cual con el cambio del ORC y la adición de calderas permite por sí solo hacer frente a las tres demandas. Esto se muestra en la Tabla 26:

Tabla 22. Comparación resultados sistema 2 más caldera vs sistema 3. Fuente: Elaboración propia.

Casos	Fracción solar	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	ORC (kW)	RMAZ (kW)	CALD (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión (tCO ₂ eq/año)
Sistema 2	51,24 %	34.576,80	30.858,52	3.165,99	16.000	0	3.926.386,07	1.077,55
Caldera	-	-	-	-	-	14.000	2.102.098,91	5.890,73
Sumatorio		34.576,80	30.858,52	3.165,99	16.000	14.000	6.028.484,98	6.968,28
Sistema 3	56,88 %	49.018,33	46.560,63	3.485,56	16.000	14.000	5.487.841,83	3.710,71
Diferencia	-	-14.441,52	-15.702,1	-319,57	0,00	0,00	540.643,15	2.975,22

Tal y como reflejan los resultados, existe una diferencia significativa entre las dos opciones consideradas para afrontar la demanda de calor, siendo mejor utilizar el sistema 3, que implementar el sistema 2 con calderas. Al utilizar esta nueva composición se consigue un ahorro económico del 9% y se reducen las emisiones de CO₂eq un 42%. Todo ello se consigue a pesar de necesitar un mayor número de dispositivos, sobre todo captadores solares (9% más) y mayor acumulación (34%). Por tanto, se puede concluir que el uso del sistema 3 es satisfactorio.

El anterior análisis muestra los resultados tratados a nivel de distrito, sin embargo, se desea realizar este mismo análisis para cada edificio en particular. Por tanto, en la siguiente Tabla 27 se presenta la comparación del sistema 2 más caldera frente al sistema 3 para cada edificio:

Tabla 23. Comparación resultados sistema 2 más caldera vs sistema 3 para cada edificio. Fuente: Elaboración propia.

Casos	Fracción solar	Colectores (m ²)	ACUQ (kWh)	ORC (kW)	RMAZ (kW)	CALD (kW)	CTE. TOT (€/año)	Emisión (tCO ₂ eq/año)	
CC	Sist. 2	58,80%	8.457,53	6.872,33	815,09	7.000	0,0	871.473,93	212,03
	+ Cald.	-	0,0	0,0	0,0	0,0	1.000	119.996,54	333,66
	Sumat	-	8.457,53	6.872,33	815,09	7.000	1.000	991.470,47	545,69
	Sist. 3	22,35%	4.039,50	3.191,79	323,43	7.000	1.000	946.251,37	170,55
H	Sist. 2	46,45%	6.300,20	5.631,94	576,03	2.000	0,0	772.672,13	229,75
	+ Cald.	-	0,0	0,0	0,0	0,0	3.000	602.654,13	1.702,00
	Sumat	-	6.300,20	5.631,94	576,03	2.000	3.000	1.375.326,3	1.931,75
	Sist. 3	69,54%	12.221,08	14.605,58	792,70	2.000	3.000	1.205.905,9	1.092,81
V	Sist. 2	45,21%	12.169,34	11.003,53	1.129,1	7.000	0,0	1.581.208,4	459,36
	+ Cald.	-	0,0	0,0	0,0	0,0	9.000	1.098.341,2	3.044,43
	Sumat	-	12.169,34	11.003,53	1.129,1	7.000	9.000	2.679.549,6	3.503,79
	Sist. 3	60,41%	20.897,88	18.543,00	1.495,2	7.000	9.000	2.435.721,5	2.133,46
O	Sist. 2	61,32%	7.547,17	5.884,47	712,95	2.000	0,0	731.581,02	179,57
	+ Cald.	-	0,0	0,0	0,0	0,0	4.000	298.607,07	810,64
	Sumat	-	7.547,17	5.884,47	712,95	2.000	4.000	1.030.188,1	990,21
	Sist. 3	57,61%	8.948,15	5.215,25	710,88	2.000	4.000	1.004.908,1	693,80

Los resultados más significativos de la tabla se han resaltado en rojo. Las variaciones en precio y emisiones confirman el resultado que se había alcanzado para el distrito completo.

- En todos los edificios tratados individualmente se produce una mejora económica y ambiental, siendo mejor el sistema 3 respecto a la incorporación de calderas al sistema 2. En la siguiente Tabla 28 se muestran los ahorros conseguidos para cada edificio:

Tabla 24. Ahorro conseguido sistema 2 más caldera vs sistema 3 para cada edificio. Fuente: Elaboración propia.

Sistema	CTE. TOT (€/año)	Ahorro Coste (%)	Emisión (tCO ₂ eq/año)	Ahorro emisión (%)
CC	Sist. 2 + Cald	991.470,47	4,5 %	545,69
	Sist. 3	946.251,37		170,55
H	Sist. 2 + Cald	1.375.326,26	12,31 %	1.931,75
	Sist. 3	1.205.905,88		1.092,81
V	Sist. 2 + Cald	2.679.549,55	9,09 %	3.503,79
	Sist. 3	2.435.721,53		2.133,46
O	Sist. 2 + Cald	1.030.188,09	2,45 %	990,21
	Sist. 3	1.004.908,70		693,80

Como se muestra, los ahorros conseguidos en los edificios varían, algunos de ellos en gran medida. A destacar la gran reducción producida en emisiones a la atmósfera en el centro comercial y el mayor ahorro económico se produce en el hospital.

- Otros de los resultados relevantes de la Tabla 27 es la variación provocada en la fracción solar de los edificios al cambiar del sistema 2 al sistema 3, los cambios más representativos son la gran caída de la fracción del centro comercial, pasando del 58,8% → 22,35% y la subida en el hospital 46,45% → 69,54%. Para analizar dichos datos se ha observado lo sucedido en los flujos que afectan a la ecuación de la fracción solar (Eq. 31), realizando con ella la Tabla 29:

$$FS = 1 - \frac{E_{com} - E_{ven}}{E_{dem} + E_{mec}} \quad (\text{Eq. 31})$$

Tabla 25. Flujos energéticos del sistema 2 y 3 en el centro comercial. Fuente: Elaboración propia.

Centro Comercial	E com. (kWh)	E ven. (kWh)	E dem. (kWh)	E mec. (kWh)	Fracción solar (%)
Sistema 2	1.787.916,63	287.921,72	2.357.072,43	1.284.191,15	58,80 %
Sistema 3	2.837.403,48	10.084,43	2.357.072,43	1.284.191,15	22,35 %

Como se observa, la gran diferencia provocada en la fracción solar en el centro comercial es causada por un incremento en la compra de energía (37%) y una gran disminución en la venta (96%), lo que hace disminuir dicha fracción en el sistema 3. Este gran cambio sucede al cambiar el ciclo Rankine orgánico del sistema a un ciclo de cogeneración en el que se produce también energía térmica para atender las demandas de los edificios gracias a la reducción en gran parte la generación de electricidad en dicho ORC.

En la siguiente Tabla 30 se muestran los flujos de energía para el hospital en los dos últimos sistemas:

Tabla 26. Flujos energéticos del sistema 2 y 3 en el hospital. Fuente: Elaboración propia.

Hospital	E com. (kWh)	E ven. (kWh)	E dem. (kWh)	E mec. (kWh)	Fracción solar (%)
Sistema 2	1.946.586,29	126.965,69	3.224.280,00	173.897,11	46,45 %
Sistema 3	1.466.377,36	431.332,69	3.224.280,00	173.897,11	69,54 %

En este edificio sucede lo inverso al anterior caso, al disminuir la energía comprada y aumentar la venta de electricidad, la fracción solar crece considerablemente. La justificación de esta variación viene dada por el gran peso que tiene la demanda de calor respecto al resto en este tipo de edificios. La demanda de calor y agua caliente sanitaria en los hospitales representa el 64%, por tanto, es necesario un ORC de mayor tamaño, respecto al del centro comercial. Por este motivo es capaz de producir más electricidad, favoreciendo su venta.

6. CONCLUSIONES

A continuación, se comentan las conclusiones obtenidas de este trabajo de diseño y evaluación técnico-económica de sistemas de poligeneración, neutros en carbono, basados en energía solar y con almacenamiento de energía térmica.

Como resultado de este trabajo, se concluye que el diseño de sistemas de poligeneración basados en energía solar y con almacenamiento térmico es viable técnicamente. Además, debe destacarse que en los sistemas donde existían diversas configuraciones posibles, en todos los casos, la óptima siempre era aquella que operaba a mayor temperatura, compensando el extra en los costes asociados a dichos equipos, con la mayor producción energética.

Desde el punto de vista económico, se ha observado como en un inicio, considerando el precio base de la energía eléctrica comprada (precio del primer semestre de 2021), ninguno de los tres sistemas era rentable, ni siquiera la producción de frío solar. Sin embargo, se ha comprobado que en el sistema 1, se consigue un 50% de energía solar en la producción de frío, con tan sólo un coste extra del 19,65%, reduciendo de esta manera las emisiones de CO₂e q un 30%. Es decir, a pesar de no ser viable económicamente (respecto a los sistemas convencionales), con un bajo coste extra, se produce un impacto muy beneficioso en el medioambiente.

Atendiendo al aumento de precios que ha experimentado la energía en este último año, se ha considerado incrementar el precio de la electricidad y se han realizado todos los análisis con un precio x1,75 respecto al precio base. Este aumento conlleva un mayor coste de operación de los sistemas convencionales, convirtiendo ahora sí, en rentables económicamente a los sistemas con integración de energía solar.

Los resultados óptimos económicamente en cuanto a la producción de frío solar, resultan con un 28,36% de producción renovable (fracción solar), que ya es un valor a considerar.

El abastecimiento óptimo de frío y electricidad se producía con un 51.24% de energía solar. En este sistema se ha realizado la comparación entre atender individualmente a los edificios o como distrito, resultando ser ligeramente mejor tratarlos conjuntamente, con una reducción económica del 1% y en emisiones de CO₂e q del 0.3%.

Además, se ha realizado un estudio de ahorro, comparando un sistema convencional (sin aporte de energía renovable), frente al óptimo con poligeneración. En esta ocasión los resultados han sido más significativos, gracias a la integración de energía solar, se ahorra aproximadamente un 3% en el coste total anual, mientras que el ahorro en emisiones aumenta a un 36%

Con el planteamiento de atender también la demanda de calor (sistema 3), se evalúa en primer lugar si esta apuesta y cambio de equipos (cambio de ORC e introducción de calderas) es rentable frente al tratamiento por separado del sistema 2 más calderas externas a dicho

sistema. Los resultados reflejan que la trigeneración es beneficiosa y más rentable, tanto para un tratamiento individualizado de los edificios como para un distrito. La reducción económica para el distrito es del 9%, mientras que la disminución de las emisiones alcanza el 42%, dato muy significativo.

Con todo lo comentado aquí, los sistemas de poligeneración deben de ser pieza clave en el futuro cercano y en la transición energética que se debe realizar. La mejora de las tecnologías en la producción y el precio de las mismas (así como el de los recursos energéticos) marcarán el devenir de la poligeneración.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Estadísticas de consumo energético mundial | Enerdata.” <https://datos.enerdata.net/energia-total/datos-consumo-internacional.html> (accessed Sep. 12, 2022).
- [2] “Claves del balance demográfico en un mundo con 8.000 millones de seres humanos.” <https://www.rfi.fr/es/más-noticias/20221107-claves-del-balance-demografico-en-un-mundo-con-8-000-millones-de-seres-humanos> (accessed Nov. 16, 2022).
- [3] <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/> (accessed Nov. 16, 2022).
- [4] “La Cogeneración en España - ACOGEN.” <https://www.acogen.es/la-cogeneracion-en-espana/> (accessed Nov. 16, 2022).
- [5] M.A. Lozano, “Colectores solares térmicos”, Universidad de Zaragoza, 2019.
- [6] TVP Solar SA, “Solar Keymark Certificate No. 011-751890F,” 2017, [Online]. Available: <https://www.tvpsolar.com/products.html>.
- [7] D.M. Simón, “Diseño y evaluación técnico-económica de sistemas de poligeneración con concentradores solares térmicos y Ciclo Rankine Orgánico para edificios”, Trabajo Fin de Máster, Universidad de Zaragoza, 2021.
- [8] “Ciclo de compresión mecánica (parte V) | Blog SIMEC.” <http://www.blog.simec.biz/ciclo-de-compresion-mecanica-parte-v/> (accessed Sep. 12, 2022).
- [9] D. S. Kim and C. A. Infante Ferreira, “Solar refrigeration options – a state-of-the-art review,” *Int. J. Refrig.*, vol. 31, no. 1, pp. 3–15, Jan. 2008, doi: 10.1016/J.IJREFRIG.2007.07.011.
- [10] “CHP Energy System | Combined Heat and Power Generation | TURBODEN.” <https://www.turboden.com/solutions/1057/high-temperature-chp> (accessed Nov. 17, 2022).
- [11] “Almacenamiento térmico: el camino hacia la optimización de la gestión energética | CIC energigUNE.” <https://cicenergigune.com/es/blog/almacenamiento-termico->

- optimizar-gestion-energetica (accessed Sep. 12, 2022).
- [12] “Calderas de condensación ¿Cómo funcionan y qué ventajas tienen? - caloryfrio.com.” <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calderas/funcionamiento-calderas-de-condensacion.html#rendimientos> (accessed Nov. 16, 2022).
- [13] E. A. Pina, “Thermoeconomic and environmental synthesis and optimization of polygeneration systems supported with renewable energies and thermal energy storage applied to the residential-commercial sector”, Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 2019.
- [14] S. Guillén, E. A. Pina, L. M. Serra, M. A. Lozano, and A. Lazaro, “Environmental assessment of medium-size solar organic Rankine Cycle cogeneration plants,” vol. 213, no. May, 2022, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2022.118692.
- [15] E. A. Pina, L. M. Serra, M. A. Lozano, A. Hernández, and A. Lázaro, “Comparative analysis and design of a solar-based parabolic trough-ORC cogeneration plant for a commercial center,” *Energies*, vol. 13, no. 18, 2020, doi: 10.3390/en13184807.
- [16] M. Carvalho, “Thermoeconomic and environmental analyses for the synthesis of polygeneration systems in the residential-commercial sector”, Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 2011.
- [17] J.C. Ramos, “Optimización del diseño y operación de sistemas de cogeneración para el sector residencial-comercial”, Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 2012.
- [18] A.D. García, “Análisis del uso y consumo de energía en un edificio de oficinas”, Trabajo Fin de Máster, Universidad Pontificia de Comillas, 2018.
- [19] “Tarifa 6.1 TD: precios, tipos y horarios | Noviembre 2022.” <https://energia.roams.es/luz/tarifa/6-1/> (accessed Nov. 17, 2022).
- [20] Red Eléctrica Española “Informe Sistema Eléctrico Español 2021”
- [21] “El precio del gas en España.” <https://www.epdata.es/datos/precio-gas-espana/608> (accessed Nov. 17, 2022).
- [22] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Factores de Emisión | Registro de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de absorción de dióxido de carbono” Julio 2022, Versión 22. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf
- [23] “Precio de la luz | Así impactan los derechos de emisión de CO2 en la subida de la luz | El Periódico de España.” <https://www.epe.es/es/activos/20220731/derechos-emision-co2-precio-luz-14198702> (accessed Nov. 17, 2022).

ANEXOS

ANEXO I – Datos climáticos

El presente apartado muestra los datos climáticos necesario para caracterizar el comportamiento de cada equipo, estos valores necesarios son: las temperaturas de aire seco y húmedo y las radiaciones global y directa.

Gracias al software “Meteonorm”, se han obteniendo para el cálculo los datos horarios y diarios para una inclinación de 35°. Sin embargo, las siguientes tablas ilustran la media horaria cada mes.

Tabla 27. Temperatura media horaria del aire seco. Fuente: Elaboración propia.

Tª media horaria mensual de aire seco - (°C)												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	4.69	5.89	8.58	10.42	14.13	18.28	20.37	20.70	17.04	13.77	8.14	4.77
2	4.27	5.33	7.91	9.64	13.64	17.75	19.78	19.82	16.23	13.18	7.64	4.36
3	4.05	5.03	7.54	9.21	13.17	17.20	19.21	19.33	15.79	12.86	7.38	4.16
4	3.83	4.74	7.21	8.79	12.83	16.79	18.79	18.86	15.36	12.53	7.13	3.94
5	3.63	4.49	6.95	8.52	12.75	16.75	18.70	18.50	15.06	12.33	6.91	3.74
6	3.47	4.28	6.75	8.59	13.47	17.72	19.46	18.69	15.02	12.10	6.72	3.57
7	3.31	4.13	7.02	9.85	14.82	19.22	20.86	20.25	15.87	12.31	6.63	3.45
8	3.37	4.62	8.55	11.47	16.40	20.96	22.56	22.04	17.49	13.82	7.38	3.55
9	4.71	6.19	10.35	13.17	18.04	22.73	24.33	23.93	19.28	15.48	8.98	4.94
10	6.20	7.89	12.13	14.75	19.63	24.40	26.02	25.69	21.04	17.09	10.55	6.42
11	7.57	9.35	13.61	16.04	20.98	25.84	27.55	27.23	22.57	18.53	11.87	7.66
12	8.71	10.60	14.88	17.14	22.07	27.01	28.85	28.49	23.83	19.69	12.93	8.66
13	9.44	11.57	15.78	17.96	22.83	27.94	29.87	29.37	24.86	20.57	13.75	9.41
14	9.83	12.26	16.42	18.44	23.25	28.51	30.53	30.01	25.44	20.97	14.13	9.75
15	9.83	12.48	16.60	18.64	23.45	28.77	30.88	30.32	25.65	20.95	14.08	9.69
16	9.30	12.20	16.31	18.41	23.39	28.73	30.90	30.23	25.39	20.39	13.40	9.08
17	8.32	11.37	15.50	17.78	22.89	28.22	30.45	29.62	24.59	19.36	12.26	8.04
18	7.67	10.16	14.29	16.79	22.00	27.30	29.55	28.53	23.40	18.20	11.70	7.60
19	7.21	9.49	13.23	15.50	20.88	26.10	28.33	27.15	22.23	17.50	11.18	7.14
20	6.75	8.88	12.42	14.61	19.76	24.76	26.98	25.92	21.27	16.81	10.64	6.71
21	6.31	8.23	11.61	13.66	18.50	23.30	25.50	24.72	20.30	16.08	10.09	6.26
22	5.86	7.60	10.81	12.69	17.30	21.82	24.00	23.53	19.33	15.40	9.52	5.81
23	5.44	6.95	10.01	11.76	16.07	20.36	22.50	22.36	18.39	14.69	8.99	5.44
24	5.05	6.43	9.36	11.08	15.24	19.41	21.54	21.54	17.64	14.15	8.55	5.15

Tabla 28. Temperatura media horaria del aire húmedo. Fuente: Elaboración propia

Tª media horaria mensual de aire húmedo - (°C)												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	3.66	4.41	6.57	8.40	11.56	15.12	16.68	16.69	14.07	11.83	6.72	3.92
2	3.39	4.03	6.27	7.88	11.07	14.69	16.15	16.36	13.76	11.47	6.50	3.67
3	3.08	3.67	5.89	7.40	10.85	14.45	15.85	16.01	13.36	11.24	6.21	3.37
4	2.91	3.46	5.72	7.13	10.61	14.16	15.62	15.81	13.08	11.15	6.14	3.16
5	2.78	3.35	5.49	6.92	10.49	13.90	15.44	15.61	12.88	10.98	5.96	3.00
6	2.72	3.18	5.42	6.88	10.53	13.98	15.37	15.54	12.77	10.96	5.89	2.85
7	2.65	3.00	5.30	6.96	10.91	14.47	15.60	15.60	12.81	10.77	5.80	2.69
8	2.48	2.88	5.41	7.68	11.69	15.15	16.19	16.32	13.29	10.78	5.75	2.59
9	2.51	3.24	6.30	8.55	12.47	15.83	16.89	16.90	14.01	11.59	6.23	2.72
10	3.39	4.16	6.99	9.09	12.69	16.06	17.01	17.13	14.39	12.05	7.04	3.65
11	4.22	5.12	7.75	9.69	13.29	16.57	17.62	17.63	14.96	12.57	7.84	4.56
12	4.98	5.75	8.35	10.17	13.69	16.95	18.13	18.03	15.51	12.99	8.39	5.38
13	5.63	6.47	8.85	10.63	14.02	17.26	18.53	18.40	15.99	13.41	8.90	5.98
14	5.99	6.99	9.29	10.95	14.11	17.52	18.81	18.71	16.31	13.76	9.25	6.46
15	6.18	7.34	9.55	11.12	14.32	17.68	19.08	18.92	16.51	13.86	9.42	6.62
16	6.14	7.42	9.67	11.21	14.41	17.79	19.13	18.85	16.53	13.84	9.36	6.61
17	5.84	7.30	9.52	11.11	14.45	17.89	19.31	18.90	16.39	13.59	8.99	6.28
18	5.34	6.88	9.25	10.95	14.31	17.82	19.21	18.60	16.19	13.19	8.50	5.68
19	5.12	6.33	8.81	10.51	14.03	17.57	19.05	18.38	15.88	13.01	8.36	5.36
20	4.95	6.25	8.50	10.04	13.65	17.31	18.68	17.96	15.67	13.16	8.15	5.16
21	4.66	5.91	8.38	10.11	13.32	16.79	18.26	18.10	15.65	12.93	7.80	4.89
22	4.41	5.56	7.95	9.69	13.22	16.92	18.45	17.82	15.23	12.62	7.50	4.57
23	4.07	5.15	7.44	9.14	12.63	16.24	17.86	17.43	14.75	12.30	7.18	4.25
24	3.85	4.73	6.99	8.69	12.15	15.51	17.22	16.96	14.27	11.95	6.87	4.02

Tabla 29. Radiación global sobre superficie inclinada 35º, media horaria mensual. Fuente: Elaboración propia.

Radiación global inclinada 35º, media horaria mensual - (W/m²)												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	1.77	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	5.37	28.58	40.10	29.23	10.23	0.50	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	14.32	98.60	140.94	149.40	128.58	110.26	74.47	6.45	0.13	0.00
8	1.39	35.14	181.16	286.23	327.71	342.30	329.61	298.16	260.37	167.45	71.67	2.29
9	174.94	210.96	389.42	479.70	511.74	536.43	535.26	511.81	462.83	352.61	262.50	169.94
10	334.68	400.64	572.71	639.97	688.03	697.53	712.45	694.42	647.57	509.61	426.23	314.52
11	443.55	501.39	671.61	724.90	780.32	798.97	845.61	809.68	766.27	630.55	513.90	387.97
12	503.97	588.86	760.68	799.33	827.03	855.40	921.58	883.48	850.03	693.71	574.37	439.58
13	496.61	637.50	759.32	810.57	809.19	869.57	929.71	888.58	862.33	704.48	590.33	469.71
14	462.65	634.75	754.00	743.93	713.52	793.40	874.58	836.71	777.53	608.45	527.77	441.48
15	362.90	516.96	606.52	632.37	621.39	683.87	758.10	736.68	649.07	473.16	423.87	351.71
16	217.00	388.32	441.39	462.03	498.00	535.57	592.42	565.84	464.57	307.23	218.97	200.48
17	43.77	194.86	252.61	284.23	324.32	351.30	392.90	365.10	252.87	123.81	6.43	2.55
18	0.03	4.68	62.23	113.13	139.77	168.27	185.55	154.61	63.57	2.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.29	7.33	29.13	50.53	50.74	22.81	1.03	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	3.43	3.39	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 30. Radiación directa sobre superficie inclinada 35º, media horaria mensual. Fuente: Elaboración propia.

Radiación directa inclinada 35º, media horaria mensual - (W/m ²)												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	11.53	35.85	26.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	8.92	59.48	100.61	127.17	115.83	71.29	49.29	0.00	0.00	0.00
8	0.00	44.06	117.05	270.89	312.16	338.46	319.95	251.52	218.53	153.47	68.82	0.00
9	160.98	175.94	369.53	407.92	443.78	506.82	501.01	507.94	451.09	295.03	213.31	143.89
10	229.58	259.21	428.02	489.48	557.53	593.71	655.87	579.76	527.29	314.56	266.35	194.00
11	205.46	227.23	444.50	488.94	589.96	611.60	667.21	642.27	559.90	299.50	232.95	163.82
12	181.24	222.54	366.73	422.51	598.74	544.97	631.63	532.95	555.88	283.27	216.01	149.00
13	176.42	267.85	397.07	428.05	603.86	653.62	629.82	532.67	493.76	294.91	213.85	152.18
14	201.81	285.65	415.49	436.64	528.68	560.85	639.54	550.82	469.54	300.51	244.87	189.31
15	218.22	298.92	409.43	449.17	512.76	539.40	657.92	592.93	422.66	303.45	286.38	220.35
16	170.99	328.07	407.40	435.29	460.23	518.76	660.41	595.98	394.62	288.89	185.41	182.35
17	37.13	133.36	241.45	268.45	318.45	339.87	368.42	343.84	178.37	78.72	0.00	0.00
18	0.00	0.00	55.46	109.73	101.88	110.26	129.77	115.36	49.81	0.00	0.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.00	13.65	21.46	43.41	13.13	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO II – Demandas energéticas de los edificios

Tabla 31. Demanda de refrigeración en un centro comercial en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

CENTRO COMERCIAL - Demanda de refrigeración kWh/m ² - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0012	0.0013	0.0015	0.0023	0.0051	0.0066	0.0063	0.0056	0.0037	0.0024	0.0016	0.0013
8	0.0025	0.0026	0.0030	0.0046	0.0101	0.0131	0.0126	0.0111	0.0074	0.0047	0.0031	0.0025
9	0.0025	0.0026	0.0030	0.0046	0.0101	0.0131	0.0126	0.0111	0.0074	0.0047	0.0031	0.0025
10	0.0037	0.0039	0.0045	0.0069	0.0152	0.0197	0.0189	0.0167	0.0111	0.0071	0.0047	0.0038
11	0.0062	0.0065	0.0074	0.0115	0.0253	0.0328	0.0314	0.0278	0.0185	0.0118	0.0078	0.0064
12	0.0099	0.0104	0.0119	0.0183	0.0404	0.0523	0.0502	0.0444	0.0296	0.0189	0.0124	0.0102
13	0.0149	0.0156	0.0178	0.0275	0.0607	0.0785	0.0754	0.0666	0.0445	0.0283	0.0187	0.0153
14	0.0161	0.0169	0.0193	0.0298	0.0657	0.0851	0.0817	0.0721	0.0482	0.0307	0.0202	0.0165
15	0.0136	0.0143	0.0163	0.0252	0.0556	0.0720	0.0691	0.0610	0.0408	0.0260	0.0171	0.0140
16	0.0136	0.0143	0.0163	0.0252	0.0556	0.0720	0.0691	0.0610	0.0408	0.0260	0.0171	0.0140
17	0.0161	0.0169	0.0193	0.0298	0.0657	0.0851	0.0817	0.0721	0.0482	0.0307	0.0202	0.0165
18	0.0161	0.0169	0.0193	0.0298	0.0657	0.0851	0.0817	0.0721	0.0482	0.0307	0.0202	0.0165
19	0.0161	0.0169	0.0193	0.0298	0.0657	0.0851	0.0817	0.0721	0.0482	0.0307	0.0202	0.0165
20	0.0136	0.0143	0.0163	0.0252	0.0556	0.0720	0.0691	0.0610	0.0408	0.0260	0.0171	0.0140
21	0.0087	0.0091	0.0104	0.0160	0.0354	0.0458	0.0439	0.0388	0.0259	0.0165	0.0109	0.0089
22	0.0037	0.0039	0.0045	0.0069	0.0152	0.0197	0.0189	0.0167	0.0111	0.0071	0.0047	0.0038
23	0.0012	0.0013	0.0015	0.0023	0.0051	0.0066	0.0063	0.0056	0.0037	0.0024	0.0016	0.0013
24	0.0012	0.0013	0.0015	0.0023	0.0051	0.0066	0.0063	0.0056	0.0037	0.0024	0.0016	0.0013

Tabla 32. Demanda de refrigeración en un centro comercial en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

CENTRO COMERCIAL - Demanda de refrigeración kWh/m ² - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0012	0.0013	0.0015	0.0023	0.0050	0.0065	0.0062	0.0055	0.0037	0.0023	0.0015	0.0013
8	0.0025	0.0026	0.0030	0.0046	0.0103	0.0133	0.0128	0.0113	0.0075	0.0048	0.0032	0.0026
9	0.0037	0.0039	0.0045	0.0069	0.0152	0.0197	0.0189	0.0167	0.0111	0.0071	0.0047	0.0038
10	0.0062	0.0065	0.0074	0.0114	0.0252	0.0327	0.0314	0.0277	0.0185	0.0118	0.0078	0.0064
11	0.0099	0.0104	0.0119	0.0183	0.0404	0.0523	0.0502	0.0444	0.0296	0.0189	0.0125	0.0102
12	0.0149	0.0156	0.0178	0.0275	0.0606	0.0785	0.0754	0.0666	0.0445	0.0283	0.0187	0.0153
13	0.0223	0.0233	0.0267	0.0412	0.0910	0.1178	0.1131	0.0999	0.0667	0.0425	0.0280	0.0229
14	0.0248	0.0259	0.0297	0.0458	0.1011	0.1309	0.1256	0.1109	0.0741	0.0472	0.0311	0.0254
15	0.0211	0.0220	0.0252	0.0389	0.0859	0.1112	0.1067	0.0943	0.0630	0.0401	0.0265	0.0216
16	0.0211	0.0220	0.0252	0.0389	0.0859	0.1112	0.1067	0.0943	0.0630	0.0401	0.0265	0.0216
17	0.0248	0.0259	0.0297	0.0458	0.1011	0.1309	0.1256	0.1109	0.0741	0.0472	0.0311	0.0254
18	0.0248	0.0259	0.0297	0.0458	0.1011	0.1309	0.1256	0.1109	0.0741	0.0472	0.0311	0.0254
19	0.0248	0.0259	0.0297	0.0458	0.1011	0.1309	0.1256	0.1109	0.0741	0.0472	0.0311	0.0254
20	0.0223	0.0233	0.0267	0.0412	0.0910	0.1178	0.1131	0.0999	0.0667	0.0425	0.0280	0.0229
21	0.0149	0.0156	0.0178	0.0275	0.0606	0.0785	0.0754	0.0666	0.0445	0.0283	0.0187	0.0153
22	0.0074	0.0078	0.0089	0.0138	0.0304	0.0393	0.0377	0.0333	0.0223	0.0142	0.0094	0.0076
23	0.0037	0.0039	0.0045	0.0069	0.0152	0.0197	0.0189	0.0167	0.0111	0.0071	0.0047	0.0038
24	0.0012	0.0013	0.0015	0.0023	0.0050	0.0065	0.0062	0.0055	0.0037	0.0023	0.0015	0.0013

Tabla 33. Demanda de electricidad en un centro comercial en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

CENTRO COMERCIAL - Demanda de electricidad kWh/m ² - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
2	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
3	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
4	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
5	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
6	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
7	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
8	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
9	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055
10	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055
11	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
12	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
13	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
14	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
15	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
16	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
17	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
18	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
19	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
20	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073
21	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055
22	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055	0.0055
23	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
24	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037

Tabla 34. Demanda de electricidad en un centro comercial en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

CENTRO COMERCIAL - Demanda de electricidad kWh/m ² - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
2	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
3	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
4	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
5	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
6	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
7	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
8	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
9	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
10	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
11	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
12	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
13	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
14	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
15	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083
16	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083
17	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
18	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
19	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
20	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
21	0.0074	0.0074	0.0074	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0074	0.0074
22	0.0074	0.0074	0.0074	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0074	0.0074
23	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
24	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046

Tabla 35. Demanda de calor en un centro comercial en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

CENTRO COMERCIAL - Demanda de calor kWh/m ² - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
8	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
9	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
10	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
11	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
12	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080
13	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080
14	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
15	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
16	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
17	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
18	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040	0.0040
19	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
20	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
21	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
22	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
23	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020
24	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020

Tabla 36. Demanda de calor en un centro comercial en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

CENTRO COMERCIAL - Demanda de calor kWh/m ² - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
2	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
3	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
4	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
5	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
6	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
7	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
8	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037	0.0037
9	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
10	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
11	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
12	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
13	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
14	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
15	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083
16	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083	0.0083
17	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
18	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
19	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
20	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
21	0.0074	0.0074	0.0074	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0074	0.0074
22	0.0074	0.0074	0.0074	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0074	0.0074
23	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064	0.0064
24	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046	0.0046

Tabla 37. Demanda de refrigeración en un hospital en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

HOSPITAL - Demanda de refrigeración kWh/nº camas - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1728	0.8088	0.7312	0.0566	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1668	0.7802	0.7054	0.0546	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1668	0.7802	0.7054	0.0546	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1668	0.7802	0.7054	0.0546	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1668	0.7802	0.7054	0.0546	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1668	0.7802	0.7054	0.0546	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2080	0.9726	0.8792	0.0682	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2482	1.1614	1.0500	0.0814	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3388	1.5854	1.4332	0.1110	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4296	2.0094	1.8166	0.1408	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4980	2.3300	2.1064	0.1632	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5666	2.6508	2.3964	0.1856	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6640	3.1068	2.8086	0.2176	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7616	3.5628	3.2208	0.2494	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7380	3.4524	3.1210	0.2418	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7144	3.3420	3.0212	0.2340	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5894	2.7576	2.4930	0.1930	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4646	2.1734	1.9648	0.1522	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3548	1.6602	1.5010	0.1162	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2452	1.1472	1.0372	0.0804	0.0000	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2238	1.0474	0.9470	0.0734	0.0000	0.0000	0.0000
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2018	0.9442	0.8536	0.0662	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1904	0.8908	0.8052	0.0624	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1790	0.8372	0.7568	0.0586	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 38. Demanda de refrigeración en un hospital en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

HOSPITAL - Demanda de refrigeración kWh/nº camas - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1320	0.6178	0.5586	0.0432	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1274	0.5962	0.5388	0.0418	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1274	0.5962	0.5388	0.0418	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1274	0.5962	0.5388	0.0418	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1274	0.5962	0.5388	0.0418	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1274	0.5962	0.5388	0.0418	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1588	0.7432	0.6718	0.0520	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1896	0.8874	0.8022	0.0622	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2590	1.2112	1.0950	0.0848	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3282	1.5352	1.3878	0.1076	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3806	1.7802	1.6094	0.1246	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4328	2.0252	1.8308	0.1418	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5074	2.3736	2.1458	0.1662	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5818	2.7220	2.4608	0.1906	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5638	2.6376	2.3844	0.1846	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5458	2.5532	2.3082	0.1788	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4504	2.1068	1.9046	0.1476	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3550	1.6604	1.5010	0.1162	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2712	1.2684	1.1466	0.0888	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1874	0.8764	0.7924	0.0614	0.0000	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1710	0.8002	0.7234	0.0560	0.0000	0.0000	0.0000
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1542	0.7214	0.6520	0.0506	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1454	0.6804	0.6152	0.0476	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1368	0.6396	0.5782	0.0448	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 39. Demanda de electricidad en un hospital en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

HOSPITAL - Demanda de electricidad kWh/nº camas - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234	0.6234
2	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980	0.5980
3	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812	0.5812
4	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632	0.5632
5	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642
6	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642
7	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780	0.5780
8	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918	0.5918
9	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056	0.8056
10	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182	1.0182
11	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384	1.0384
12	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586	1.0586
13	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288	1.0288
14	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992
15	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314	0.9314
16	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638	0.8638
17	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404	0.8404
18	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172	0.8172
19	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330	0.8330
20	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490	0.8490
21	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436	0.8436
22	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384	0.8384
23	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442	0.7442
24	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488	0.6488

Tabla 40. Demanda de electricidad en un hospital en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

HOSPITAL - Demanda de electricidad kWh/nº camas - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912	0.5912
2	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642	0.5642
3	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534	0.5534
4	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418	0.5418
5	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494	0.5494
6	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572	0.5572
7	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618	0.5618
8	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664	0.5664
9	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638	0.6638
10	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612	0.7612
11	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674	0.7674
12	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728	0.7728
13	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582	0.7582
14	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428	0.7428
15	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972	0.6972
16	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508	0.6508
17	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392	0.6392
18	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268	0.6268
19	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530	0.6530
20	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786	0.6786
21	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994	0.6994
22	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196	0.7196
23	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692	0.6692
24	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182	0.6182

Tabla 41. Demanda de calor en un hospital en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

HOSPITAL - Demanda de calor kWh/nº camas - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	2.9722	2.5054	1.9218	1.4536	0.7864	0.2750	0.1596	0.1596	0.2958	0.9874	2.1320	2.8088
2	2.6340	2.2172	1.6960	1.2780	0.6820	0.2336	0.1304	0.1304	0.2520	0.8614	1.8836	2.4880
3	2.6478	2.2268	1.7006	1.2784	0.6764	0.2284	0.1242	0.1242	0.2470	0.9136	1.8900	2.5006
4	2.6560	2.2316	1.7012	1.2756	0.6690	0.2224	0.1174	0.1174	0.2412	0.8516	1.8922	2.5074
5	2.9290	2.4730	1.9030	1.4458	0.7940	0.2842	0.1714	0.1714	0.3044	0.9902	2.1082	2.7694
6	3.1960	2.7092	2.1008	1.6126	0.9168	0.3452	0.2248	0.2248	0.3668	1.1262	2.3198	3.0256
7	3.6218	3.0842	2.4124	1.8732	1.1048	0.4370	0.3040	0.3040	0.4608	1.3362	2.6542	3.4336
8	4.0418	3.4544	2.7202	2.1310	1.2912	0.5280	0.3828	0.3828	0.5542	1.5440	2.9846	3.8362
9	4.9004	4.1908	3.3036	2.5918	1.5770	0.6484	0.4728	0.4728	0.6798	1.8826	3.6230	4.6520
10	5.7580	4.9260	3.8860	3.0514	1.8620	0.7678	0.5620	0.5620	0.8048	2.2200	4.2604	5.4668
11	5.5670	4.7484	3.7250	2.9038	1.7332	0.6962	0.4936	0.4936	0.7324	2.0856	4.0934	5.2806
12	5.3712	4.5666	3.5610	2.7538	1.6036	0.6240	0.4250	0.4250	0.6598	1.9500	3.9230	5.0896
13	5.1516	4.3694	3.3918	2.6072	1.4892	0.5644	0.3710	0.3710	0.5992	1.8258	3.7438	4.8778
14	4.9260	4.1672	3.2186	2.4576	1.3728	0.5040	0.3164	0.3164	0.5378	1.6994	3.5602	4.6604
15	4.8642	4.1112	3.1700	2.4148	1.3382	0.4858	0.2996	0.2996	0.5192	1.6624	3.5088	4.6006
16	4.7968	4.0504	3.1176	2.3680	1.3020	0.4668	0.2822	0.2822	0.5000	1.6232	3.4520	4.5356
17	4.6718	3.9536	3.0562	2.3358	1.3094	0.4834	0.3058	0.3058	0.5152	1.6184	3.3792	4.4204
18	4.5410	3.8520	2.9910	2.3000	1.3150	0.4992	0.3288	0.3288	0.5298	1.6116	3.3010	4.3000
19	4.5728	3.8746	3.0020	2.3018	1.3038	0.4884	0.3158	0.3158	0.5194	1.6044	3.3162	4.3284
20	4.6034	3.8962	3.0122	2.3028	1.2916	0.4774	0.3024	0.3024	0.5088	1.5962	3.3304	4.3558
21	4.3844	3.6954	2.8344	2.1434	1.1584	0.4048	0.2344	0.2344	0.4354	1.4550	3.1444	4.1434
22	4.1608	3.4910	2.6538	1.9820	1.0244	0.3320	0.1664	0.1664	0.3618	1.3128	2.9552	3.9264
23	3.7354	3.1422	2.4006	1.8056	0.9576	0.3244	0.1776	0.1776	0.3506	1.2128	2.6676	3.5278
24	3.3100	2.7934	2.1474	1.6292	0.8906	0.3166	0.1888	0.1888	0.3396	1.1130	2.3800	3.1292

Tabla 42. Demanda de calor en un hospital en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

HOSPITAL - Demanda de calor kWh/nº camas - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	2.7912	2.3556	1.8112	1.3742	0.7516	0.2674	0.1596	0.1596	0.2866	0.939	2.0072	2.6388
2	2.698	2.2702	1.7352	1.306	0.6944	0.2362	0.1304	0.1304	0.2552	0.8786	1.9278	2.5482
3	2.673	2.2476	1.716	1.2894	0.6812	0.2294	0.1242	0.1242	0.2482	0.8644	1.9074	2.5242
4	2.647	2.2242	1.6958	1.2716	0.6672	0.222	0.1174	0.1174	0.2408	0.8492	1.886	2.499
5	2.7402	2.3168	1.7876	1.3628	0.7576	0.2762	0.1714	0.1714	0.295	0.9398	1.9782	2.592
6	2.8324	2.4084	1.8782	1.453	0.8466	0.3296	0.2248	0.2248	0.3486	1.0292	2.069	2.684
7	3.1196	2.6686	2.105	1.6528	1.008	0.4156	0.304	0.304	0.4356	1.2022	2.308	2.9618
8	3.4024	2.9252	2.3288	1.8502	1.168	0.5008	0.3828	0.3828	0.522	1.3734	2.5434	3.2354
9	4.0226	3.4642	2.7662	2.2062	1.408	0.611	0.4728	0.4728	0.6356	1.6484	3.0176	3.8272
10	4.642	4.0024	3.2028	2.5614	1.647	0.7202	0.562	0.562	0.7486	1.9222	3.4906	4.4182
11	4.365	3.7534	2.9892	2.3758	1.5016	0.6448	0.4936	0.4936	0.672	1.7648	3.2644	4.151
12	4.088	3.5046	2.7754	2.1904	1.3564	0.5692	0.425	0.425	0.5952	1.6076	3.038	3.8838
13	3.9244	3.3538	2.6406	2.0684	1.2528	0.5122	0.371	0.371	0.5374	1.4984	2.8974	3.7246
14	3.756	3.199	2.5026	1.9438	1.1474	0.4542	0.3164	0.3164	0.479	1.3872	2.7532	3.561
15	3.498	2.9806	2.3338	1.8148	1.075	0.4276	0.2996	0.2996	0.4506	1.2978	2.5666	3.317
16	3.2356	2.7584	2.162	1.6834	1.0012	0.4002	0.2822	0.2822	0.4214	1.2066	2.3766	3.0686
17	3.2634	2.7882	2.194	1.7174	1.038	0.4234	0.3058	0.3058	0.4444	1.2426	2.408	3.097
18	3.2904	2.8172	2.2254	1.7508	1.074	0.4458	0.3288	0.3288	0.4668	1.2778	2.4384	3.1248
19	3.2134	2.7496	2.17	1.705	1.042	0.4306	0.3158	0.3158	0.451	1.2416	2.3788	3.0512
20	3.1316	2.6782	2.1112	1.6564	1.0082	0.4146	0.3024	0.3024	0.4346	1.2034	2.3154	2.973
21	3.0336	2.5776	2.0076	1.5502	0.8982	0.3472	0.2344	0.2344	0.3674	1.0944	2.2128	2.874
22	2.936	2.4774	1.904	1.444	0.7884	0.2798	0.1664	0.1664	0.3002	0.9858	2.1104	2.7754
23	2.91	2.459	1.8954	1.4432	0.7984	0.2892	0.1776	0.1776	0.3092	0.9926	2.0984	2.7522
24	2.8804	2.4378	1.8844	1.4406	0.8078	0.2982	0.1888	0.1888	0.318	0.9984	2.0836	2.7254

Tabla 43. Demanda de refrigeración en una vivienda en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

VIVIENDAS - Demanda de refrigeración kWh/nº viviendas - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3230	0.8920	0.6660	0.2770	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4140	1.1450	0.8550	0.3550	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4930	1.3630	1.0170	0.4230	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7430	2.0510	1.5310	0.6360	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.4150	2.6660	2.3610	1.2830	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2910	2.3490	2.0220	1.0970	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3140	1.2960	0.8190	0.2350	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2310	1.1080	0.6720	0.1390	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1370	0.8950	0.5490	0.0880	0.0000	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1150	0.9120	0.5370	0.0770	0.0000	0.0000	0.0000
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1230	0.7080	0.4140	0.0650	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 44. Demanda de refrigeración en una vivienda en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

VIVIENDAS - Demanda de refrigeración kWh/nº viviendas - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3230	0.8920	0.6660	0.2770	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4140	1.1450	0.8550	0.3550	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4930	1.3630	1.0170	0.4230	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7430	2.0510	1.5310	0.6360	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.4150	2.6660	2.3610	1.2830	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2910	2.3490	2.0220	1.0970	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3140	1.2960	0.8190	0.2350	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2310	1.1080	0.6720	0.1390	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1370	0.8950	0.5490	0.0880	0.0000	0.0000	0.0000
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1150	0.9120	0.5370	0.0770	0.0000	0.0000	0.0000
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1230	0.7080	0.4140	0.0650	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 45. Demanda de electricidad en una vivienda en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

VIVIENDAS - Demanda de electricidad kWh/nº viviendas - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.3500	0.3500	0.3500	0.3000	0.3000	0.2700	0.2700	0.2700	0.2700	0.3000	0.3000	0.3500
2	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2500	0.2500	0.2500
3	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
4	0.1600	0.1600	0.1600	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1600
5	0.1500	0.1500	0.1500	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1500
6	0.1600	0.1600	0.1600	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1600
7	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800
8	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.1900	0.1900	0.1900	0.1900	0.2000	0.2000	0.2000
9	0.2300	0.2300	0.2300	0.2200	0.2200	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2200	0.2200	0.2300
10	0.2500	0.2500	0.2500	0.2300	0.2300	0.2100	0.2100	0.2100	0.2100	0.2300	0.2300	0.2500
11	0.2800	0.2800	0.2800	0.2600	0.2600	0.2400	0.2400	0.2400	0.2400	0.2600	0.2600	0.2800
12	0.3600	0.3600	0.3600	0.3310	0.3300	0.2900	0.2900	0.2900	0.2900	0.3300	0.3310	0.3600
13	0.4600	0.4600	0.4600	0.4000	0.4000	0.3600	0.3600	0.3600	0.3600	0.4000	0.4000	0.4600
14	0.5000	0.5000	0.5000	0.4400	0.4400	0.3700	0.3700	0.3700	0.3700	0.4400	0.4400	0.5000
15	0.4300	0.4300	0.4300	0.3810	0.3800	0.3400	0.3400	0.3400	0.3400	0.3800	0.3810	0.4300
16	0.3200	0.3200	0.3200	0.3000	0.3000	0.2900	0.2900	0.2900	0.2900	0.3000	0.3000	0.3200
17	0.2900	0.2900	0.2900	0.2700	0.2700	0.2400	0.2400	0.2400	0.2400	0.2700	0.2700	0.2900
18	0.2900	0.2900	0.2900	0.2600	0.2600	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2600	0.2600	0.2900
19	0.3400	0.3400	0.3400	0.2600	0.2600	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2600	0.2600	0.3400
20	0.4500	0.4500	0.4500	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.4500
21	0.5100	0.5100	0.5100	0.3700	0.3700	0.3600	0.3600	0.3600	0.3600	0.3700	0.3700	0.5100
22	0.5200	0.5200	0.5200	0.4400	0.4400	0.3400	0.3400	0.3400	0.3400	0.4400	0.4400	0.5200
23	0.4710	0.4700	0.4710	0.4310	0.4300	0.3400	0.3400	0.3400	0.3400	0.4300	0.4310	0.4710
24	0.4100	0.4100	0.4100	0.4000	0.4000	0.3100	0.3100	0.3100	0.3100	0.4000	0.4000	0.4100

Tabla 46. Demanda de electricidad en una vivienda en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

VIVIENDAS - Demanda de electricidad kWh/nº viviendas - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.3500	0.3500	0.3500	0.3000	0.3000	0.2700	0.2700	0.2700	0.2700	0.3000	0.3000	0.3500
2	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2500	0.2500	0.2500
3	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
4	0.1600	0.1600	0.1600	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1600
5	0.1500	0.1500	0.1500	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1500
6	0.1600	0.1600	0.1600	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1700	0.1600
7	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800	0.1800
8	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.1900	0.1900	0.1900	0.1900	0.2000	0.2000	0.2000
9	0.2300	0.2300	0.2300	0.2200	0.2200	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2200	0.2200	0.2300
10	0.2500	0.2500	0.2500	0.2300	0.2300	0.2100	0.2100	0.2100	0.2100	0.2300	0.2300	0.2500
11	0.2800	0.2800	0.2800	0.2600	0.2600	0.2400	0.2400	0.2400	0.2400	0.2600	0.2600	0.2800
12	0.3600	0.3600	0.3600	0.3310	0.3300	0.2900	0.2900	0.2900	0.2900	0.3300	0.3310	0.3600
13	0.4600	0.4600	0.4600	0.4000	0.4000	0.3600	0.3600	0.3600	0.3600	0.4000	0.4000	0.4600
14	0.5000	0.5000	0.5000	0.4400	0.4400	0.3700	0.3700	0.3700	0.3700	0.4400	0.4400	0.5000
15	0.4300	0.4300	0.4300	0.3810	0.3800	0.3400	0.3400	0.3400	0.3400	0.3800	0.3810	0.4300
16	0.3200	0.3200	0.3200	0.3000	0.3000	0.2900	0.2900	0.2900	0.2900	0.3000	0.3000	0.3200
17	0.2900	0.2900	0.2900	0.2700	0.2700	0.2400	0.2400	0.2400	0.2400	0.2700	0.2700	0.2900
18	0.2900	0.2900	0.2900	0.2600	0.2600	0.2300	0.2300	0.2300	0.2300	0.2600	0.2600	0.2900
19	0.3400	0.3400	0.3400	0.2600	0.2600	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2600	0.2600	0.3400
20	0.4500	0.4500	0.4500	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.3000	0.4500
21	0.5100	0.5100	0.5100	0.3700	0.3700	0.3600	0.3600	0.3600	0.3600	0.3700	0.3700	0.5100
22	0.5200	0.5200	0.5200	0.4400	0.4400	0.3400	0.3400	0.3400	0.3400	0.4400	0.4400	0.5200
23	0.4710	0.4700	0.4710	0.4310	0.4300	0.3400	0.3400	0.3400	0.3400	0.4300	0.4310	0.4710
24	0.4100	0.4100	0.4100	0.4000	0.4000	0.3100	0.3100	0.3100	0.3100	0.4000	0.4000	0.4100

Tabla 47. Demanda de calor en una vivienda en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

VIVIENDAS - Demanda de calor kWh/ nº viviendas - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0580	0.0550	0.0510	0.0520	0.0470	0.0430	0.0360	0.0320	0.0390	0.0430	0.0510	0.0560
2	0.0400	0.0380	0.0350	0.0360	0.0320	0.0300	0.0250	0.0220	0.0270	0.0300	0.0350	0.0380
3	0.0400	0.0380	0.0350	0.0360	0.0320	0.0300	0.0250	0.0220	0.0270	0.0300	0.0350	0.0380
4	0.0400	0.0380	0.0350	0.0360	0.0320	0.0300	0.0250	0.0220	0.0270	0.0300	0.0350	0.0380
5	0.0930	0.0880	0.0820	0.0840	0.0750	0.0700	0.0580	0.0510	0.0630	0.0690	0.0820	0.0900
6	0.1510	0.1430	0.1340	0.1360	0.1220	0.1130	0.0930	0.0830	0.1020	0.1120	0.1320	0.1450
7	2.9610	2.5210	1.4600	0.7360	0.1790	0.1660	0.1370	0.1220	0.1490	0.1650	1.7100	3.0580
8	3.0210	2.5860	1.5530	0.8580	0.3050	0.2830	0.2350	0.2090	0.2550	0.2820	1.7930	3.1070
9	2.9080	2.4940	1.5190	0.8670	0.3410	0.3160	0.2620	0.2330	0.2850	0.3150	1.7430	2.9820
10	2.5330	2.1590	1.2590	0.6460	0.1710	0.1590	0.1320	0.1170	0.1430	0.1580	1.4720	2.6140
11	2.3750	2.0170	1.1620	0.5770	0.1280	0.1190	0.0990	0.0880	0.1070	0.1190	1.3640	2.4520
12	2.2810	1.9360	1.1080	0.5400	0.1070	0.0990	0.0820	0.0730	0.0890	0.0990	1.3040	2.3570
13	2.1690	1.8410	1.0540	0.5160	0.1040	0.0960	0.0800	0.0710	0.0870	0.0960	1.2420	2.2430
14	2.2970	1.9690	1.1940	0.6750	0.2570	0.2390	0.1980	0.1760	0.2150	0.2380	1.3720	2.3560
15	2.0480	1.7440	1.0210	0.5280	0.1460	0.1360	0.1120	0.1000	0.1220	0.1350	1.1910	2.1110
16	1.9100	1.6320	0.9620	0.5090	0.1530	0.1420	0.1180	0.1050	0.1280	0.1420	1.1190	1.9700
17	2.7120	1.7120	0.7750	0.3430	0.1640	0.1520	0.1260	0.1120	0.1370	0.1520	1.1430	2.0360
18	2.9190	2.2120	1.0580	0.5950	0.3890	0.3610	0.2990	0.2660	0.3260	0.3600	1.5160	2.2980
19	3.1300	2.7360	1.6210	1.1170	0.8030	0.7450	0.6180	0.5490	0.6720	0.7420	2.0260	2.7970
20	2.6170	2.1130	1.1760	0.6700	0.3960	0.3680	0.3050	0.2710	0.3310	0.3660	1.5740	2.2900
21	1.9530	1.5670	0.7740	0.4760	0.2780	0.2580	0.2140	0.1900	0.2330	0.2570	0.9750	1.6500
22	2.1230	1.8010	0.8900	0.4120	0.1140	0.1060	0.0880	0.0780	0.0960	0.1060	1.1520	1.7760
23	0.1070	0.1010	0.0950	0.0960	0.0860	0.0800	0.0660	0.0590	0.0720	0.0790	0.0940	0.1030
24	0.1330	0.1260	0.1180	0.1200	0.1070	0.0990	0.0820	0.0730	0.0890	0.0990	0.1160	0.1280

Tabla 48. Demanda de calor en una vivienda en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

VIVIENDAS - Demanda de calor kWh/ nº viviendas - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0580	0.0550	0.0510	0.0520	0.0470	0.0430	0.0360	0.0320	0.0390	0.0430	0.0510	0.0560
2	0.0400	0.0380	0.0350	0.0360	0.0320	0.0300	0.0250	0.0220	0.0270	0.0300	0.0350	0.0380
3	0.0400	0.0380	0.0350	0.0360	0.0320	0.0300	0.0250	0.0220	0.0270	0.0300	0.0350	0.0380
4	0.0400	0.0380	0.0350	0.0360	0.0320	0.0300	0.0250	0.0220	0.0270	0.0300	0.0350	0.0380
5	0.0930	0.0880	0.0820	0.0840	0.0750	0.0700	0.0580	0.0510	0.0630	0.0690	0.0820	0.0900
6	0.1510	0.1430	0.1340	0.1360	0.1220	0.1130	0.0930	0.0830	0.1020	0.1120	0.1320	0.1450
7	2.9610	2.5210	1.4600	0.7360	0.1790	0.1660	0.1370	0.1220	0.1490	0.1650	1.7100	3.0580
8	3.0210	2.5860	1.5530	0.8580	0.3050	0.2830	0.2350	0.2090	0.2550	0.2820	1.7930	3.1070
9	2.9080	2.4940	1.5190	0.8670	0.3410	0.3160	0.2620	0.2330	0.2850	0.3150	1.7430	2.9820
10	2.5330	2.1590	1.2590	0.6460	0.1710	0.1590	0.1320	0.1170	0.1430	0.1580	1.4720	2.6140
11	2.3750	2.0170	1.1620	0.5770	0.1280	0.1190	0.0990	0.0880	0.1070	0.1190	1.3640	2.4520
12	2.2810	1.9360	1.1080	0.5400	0.1070	0.0990	0.0820	0.0730	0.0890	0.0990	1.3040	2.3570
13	2.1690	1.8410	1.0540	0.5160	0.1040	0.0960	0.0800	0.0710	0.0870	0.0960	1.2420	2.2430
14	2.2970	1.9690	1.1940	0.6750	0.2570	0.2390	0.1980	0.1760	0.2150	0.2380	1.3720	2.3560
15	2.0480	1.7440	1.0210	0.5280	0.1460	0.1360	0.1120	0.1000	0.1220	0.1350	1.1910	2.1110
16	1.9100	1.6320	0.9620	0.5090	0.1530	0.1420	0.1180	0.1050	0.1280	0.1420	1.1190	1.9700
17	2.7120	1.7120	0.7750	0.3430	0.1640	0.1520	0.1260	0.1120	0.1370	0.1520	1.1430	2.0360
18	2.9190	2.2120	1.0580	0.5950	0.3890	0.3610	0.2990	0.2660	0.3260	0.3600	1.5160	2.2980
19	3.1300	2.7360	1.6210	1.1170	0.8030	0.7450	0.6180	0.5490	0.6720	0.7420	2.0260	2.7970
20	2.6170	2.1130	1.1760	0.6700	0.3960	0.3680	0.3050	0.2710	0.3310	0.3660	1.5740	2.2900
21	1.9530	1.5670	0.7740	0.4760	0.2780	0.2580	0.2140	0.1900	0.2330	0.2570	0.9750	1.6500
22	2.1230	1.8010	0.8900	0.4120	0.1140	0.1060	0.0880	0.0780	0.0960	0.1060	1.1520	1.7760
23	0.1070	0.1010	0.0950	0.0960	0.0860	0.0800	0.0660	0.0590	0.0720	0.0790	0.0940	0.1030
24	0.1330	0.1260	0.1180	0.1200	0.1070	0.0990	0.0820	0.0730	0.0890	0.0990	0.1160	0.1280

Tabla 49. Demanda de refrigeración en unas oficinas en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

OFICINAS - Demanda de refrigeración kWh/m ² - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0045	0.0050	0.0064	0.0071	0.0084	0.0100	0.0110	0.0107	0.0087	0.0079	0.0057	0.0056
10	0.0075	0.0085	0.0107	0.0119	0.0142	0.0169	0.0186	0.0181	0.0147	0.0133	0.0096	0.0095
11	0.0098	0.0110	0.0139	0.0155	0.0185	0.0219	0.0241	0.0235	0.0191	0.0173	0.0125	0.0123
12	0.0110	0.0124	0.0157	0.0175	0.0208	0.0247	0.0272	0.0264	0.0215	0.0195	0.0141	0.0139
13	0.0116	0.0130	0.0164	0.0183	0.0218	0.0259	0.0285	0.0277	0.0226	0.0205	0.0147	0.0146
14	0.0116	0.0130	0.0164	0.0183	0.0218	0.0259	0.0285	0.0277	0.0226	0.0205	0.0147	0.0146
15	0.0116	0.0130	0.0164	0.0183	0.0218	0.0259	0.0285	0.0277	0.0226	0.0205	0.0147	0.0146
16	0.0116	0.0130	0.0164	0.0183	0.0218	0.0259	0.0285	0.0277	0.0226	0.0205	0.0147	0.0146
17	0.0110	0.0124	0.0156	0.0174	0.0208	0.0246	0.0271	0.0264	0.0215	0.0195	0.0140	0.0139
18	0.0101	0.0114	0.0144	0.0160	0.0191	0.0226	0.0249	0.0242	0.0197	0.0179	0.0129	0.0127
19	0.0079	0.0089	0.0113	0.0126	0.0150	0.0178	0.0196	0.0190	0.0155	0.0141	0.0101	0.0100
20	0.0055	0.0062	0.0079	0.0088	0.0105	0.0124	0.0137	0.0133	0.0108	0.0098	0.0071	0.0070
21	0.0020	0.0022	0.0028	0.0031	0.0037	0.0044	0.0048	0.0047	0.0038	0.0035	0.0025	0.0025
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 50. Demanda de refrigeración en unas oficinas en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

OFICINAS - Demanda de refrigeración kWh/m ² - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0023	0.0027	0.0032	0.0041	0.0048	0.0052	0.0065	0.0060	0.0050	0.0046	0.0031	0.0029
10	0.0039	0.0045	0.0054	0.0070	0.0081	0.0087	0.0109	0.0102	0.0084	0.0077	0.0053	0.0049
11	0.0051	0.0058	0.0071	0.0090	0.0105	0.0113	0.0141	0.0132	0.0109	0.0100	0.0068	0.0064
12	0.0057	0.0066	0.0080	0.0102	0.0119	0.0128	0.0159	0.0148	0.0123	0.0112	0.0077	0.0072
13	0.0060	0.0069	0.0083	0.0107	0.0124	0.0134	0.0167	0.0156	0.0129	0.0118	0.0081	0.0076
14	0.0060	0.0069	0.0083	0.0107	0.0124	0.0134	0.0167	0.0156	0.0129	0.0118	0.0081	0.0076
15	0.0060	0.0069	0.0083	0.0107	0.0124	0.0134	0.0167	0.0156	0.0129	0.0118	0.0081	0.0076
16	0.0060	0.0069	0.0083	0.0107	0.0124	0.0134	0.0167	0.0156	0.0129	0.0118	0.0081	0.0076
17	0.0057	0.0066	0.0079	0.0102	0.0118	0.0128	0.0159	0.0148	0.0122	0.0112	0.0077	0.0072
18	0.0053	0.0060	0.0073	0.0093	0.0109	0.0117	0.0146	0.0136	0.0113	0.0103	0.0071	0.0066
19	0.0041	0.0048	0.0057	0.0073	0.0086	0.0092	0.0115	0.0107	0.0088	0.0081	0.0055	0.0052
20	0.0029	0.0033	0.0040	0.0051	0.0060	0.0064	0.0080	0.0075	0.0062	0.0057	0.0039	0.0036
21	0.0010	0.0012	0.0014	0.0018	0.0021	0.0023	0.0028	0.0026	0.0022	0.0020	0.0014	0.0013
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 51. Demanda de electricidad en unas oficinas en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

OFICINAS - Demanda de electricidad kWh/m ² - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0026	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0026
2	0.0026	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0026
3	0.0026	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0026
4	0.0026	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0026
5	0.0026	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0026
6	0.0026	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0026
7	0.0056	0.0056	0.0059	0.0056	0.0059	0.0058	0.0060	0.0053	0.0056	0.0056	0.0059	0.0056
8	0.0077	0.0078	0.0081	0.0078	0.0082	0.0080	0.0083	0.0073	0.0078	0.0078	0.0082	0.0077
9	0.0091	0.0092	0.0095	0.0092	0.0096	0.0094	0.0097	0.0085	0.0091	0.0092	0.0096	0.0091
10	0.0100	0.0101	0.0105	0.0101	0.0106	0.0103	0.0107	0.0094	0.0100	0.0101	0.0106	0.0100
11	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
12	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
13	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
14	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
15	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
16	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
17	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
18	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
19	0.0105	0.0106	0.0111	0.0106	0.0112	0.0108	0.0113	0.0099	0.0106	0.0106	0.0112	0.0105
20	0.0095	0.0096	0.0100	0.0096	0.0101	0.0098	0.0101	0.0089	0.0095	0.0096	0.0101	0.0095
21	0.0080	0.0080	0.0084	0.0080	0.0084	0.0082	0.0085	0.0075	0.0080	0.0080	0.0084	0.0080
22	0.0055	0.0055	0.0058	0.0055	0.0058	0.0056	0.0059	0.0051	0.0055	0.0055	0.0058	0.0055
23	0.0026	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0026
24	0.0026	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0027	0.0028	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0026

Tabla 52. Demanda de electricidad en unas oficinas en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

OFICINAS - Demanda de electricidad kWh/m ² - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0014	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014
2	0.0014	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014
3	0.0014	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014
4	0.0014	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014
5	0.0014	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014
6	0.0014	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014
7	0.0029	0.0030	0.0030	0.0033	0.0034	0.0030	0.0035	0.0030	0.0032	0.0032	0.0033	0.0029
8	0.0040	0.0041	0.0041	0.0046	0.0047	0.0041	0.0049	0.0041	0.0044	0.0045	0.0045	0.0040
9	0.0047	0.0049	0.0048	0.0053	0.0055	0.0048	0.0057	0.0048	0.0052	0.0053	0.0053	0.0047
10	0.0052	0.0054	0.0053	0.0059	0.0061	0.0053	0.0063	0.0053	0.0057	0.0058	0.0058	0.0052
11	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
12	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
13	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
14	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
15	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
16	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
17	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
18	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
19	0.0055	0.0056	0.0056	0.0062	0.0064	0.0056	0.0066	0.0056	0.0060	0.0061	0.0061	0.0055
20	0.0049	0.0051	0.0050	0.0056	0.0057	0.0051	0.0059	0.0050	0.0054	0.0055	0.0055	0.0049
21	0.0042	0.0043	0.0042	0.0047	0.0048	0.0042	0.0050	0.0042	0.0046	0.0046	0.0046	0.0041
22	0.0029	0.0029	0.0029	0.0032	0.0033	0.0029	0.0034	0.0029	0.0031	0.0032	0.0032	0.0029
23	0.0014	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014
24	0.0014	0.0014	0.0014	0.0016	0.0016	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0015	0.0015	0.0014

Tabla 53. Demanda de calor en unas oficinas en día laboral. Fuente: Elaboración propia.

OFICINAS - Demanda de calor kWh/m ² - Día Laboral												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0284	0.0316	0.0114	0.0061	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0120	0.0284
7	0.0643	0.0715	0.0258	0.0136	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0271	0.0643
8	0.0624	0.0694	0.0250	0.0132	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0264	0.0624
9	0.0607	0.0674	0.0244	0.0129	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0257	0.0606
10	0.0588	0.0653	0.0236	0.0125	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0249	0.0587
11	0.0570	0.0633	0.0230	0.0122	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	0.0242	0.0569
12	0.0552	0.0613	0.0223	0.0119	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0235	0.0551
13	0.0533	0.0592	0.0215	0.0115	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0227	0.0532
14	0.0514	0.0571	0.0208	0.0111	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0219	0.0514
15	0.0495	0.0550	0.0200	0.0107	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0211	0.0495
16	0.0475	0.0528	0.0192	0.0102	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	0.0202	0.0475
17	0.0455	0.0506	0.0183	0.0097	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0193	0.0455
18	0.0437	0.0485	0.0176	0.0093	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0185	0.0436
19	0.0418	0.0464	0.0168	0.0089	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0177	0.0417
20	0.0399	0.0443	0.0161	0.0085	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0169	0.0399
21	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
22	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
23	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 54. Demanda de calor en unas oficinas en día festivo. Fuente: Elaboración propia.

OFICINAS - Demanda de calor kWh/m ² - Día Festivo												
Hora	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept.	Octub	Novie.	Diciem.
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0129	0.0142	0.0052	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0052	0.0129
7	0.0292	0.0321	0.0117	0.0058	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0117	0.0292
8	0.0283	0.0312	0.0113	0.0057	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0283
9	0.0275	0.0302	0.0110	0.0055	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0110	0.0275
10	0.0266	0.0293	0.0107	0.0053	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0107	0.0266
11	0.0258	0.0284	0.0103	0.0052	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0103	0.0258
12	0.0249	0.0274	0.0100	0.0050	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	0.0249
13	0.0241	0.0265	0.0096	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0096	0.0241
14	0.0232	0.0255	0.0093	0.0046	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0093	0.0232
15	0.0223	0.0246	0.0089	0.0045	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0089	0.0224
16	0.0215	0.0236	0.0086	0.0043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086	0.0215
17	0.0206	0.0227	0.0083	0.0041	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0083	0.0206
18	0.0198	0.0217	0.0079	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0198
19	0.0189	0.0208	0.0076	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0076	0.0189
20	0.0180	0.0198	0.0072	0.0036	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0072	0.0180
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Con todas estas tablas, es posible calcular la demanda energética horaria de cualquier tamaño de edificio a lo largo del año.

ANEXO III – Ficha técnica de los equipos

Solar Collector Factsheet

Arcon-Sunmark HT-SolarBoost 35/10

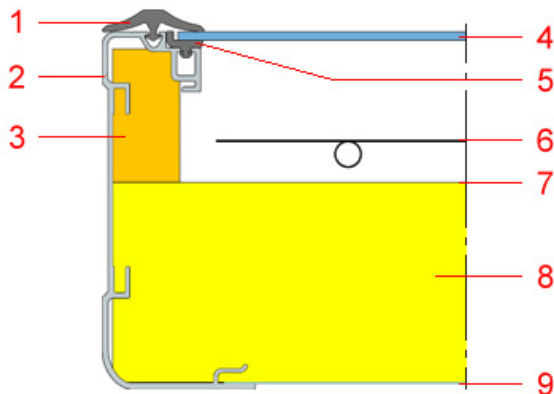


Model	HT-SolarBoost 35/10
Type	Flat plate collector
Manufacturer	Arcon-Sunmark A/S
Address	Skoerping Nord 3
	DK-9520 Skoerping
Telephone	+45 9839 1477
Fax	--
Email	mail@arcon-sunmark.com
Internet	www.arcon-sunmark.com
Test date	10.2017

- Performance test ISO9806:2017
- Quality test ISO9806:2017

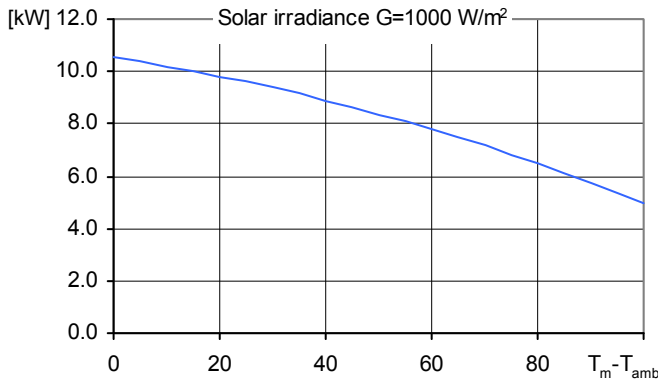


Dimensions		Technical data	
Total length	2.280 m	Minimum flowrate	400 l/h
Total width	5.970 m	Nominal flowrate	3000 l/h
Gross area	13.612 m ²	Maximum flowrate	6000 l/h
Aperture area	12.555 m ²	Fluid content	11.4 l
Absorber area	12.537 m ²	Maximum operating pressure	10 bar
Weight empty	242 kg	Stagnation temperature	216 °C
Types of mounting		Further information	
<input type="checkbox"/> Construction for sloping roof		<input type="checkbox"/> Units in different sizes available	
<input type="checkbox"/> Integration into sloping roof		<input checked="" type="checkbox"/> Glazing replaceable	
<input type="checkbox"/> On flat roof with stand		Hydraulic connection	
<input type="checkbox"/> Facade		Copper pipe, nominal diameter 35 mm	
Construction			



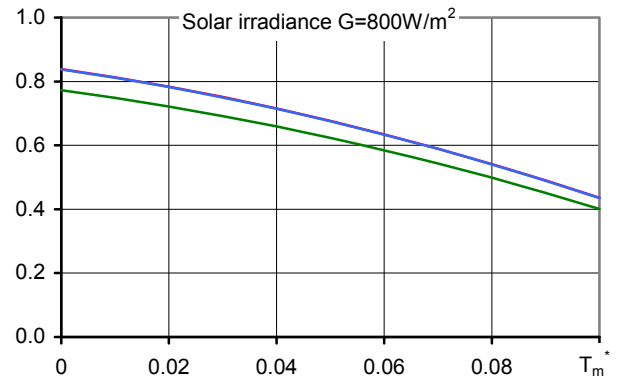
- 1 Glass fixing profile
- 2 Casing
- 3 Lateral thermal insulation
- 4 Glazing
- 5 Glass support
- 6 Absorber
- 7 Aluminium foil
- 8 Thermal insulation
- 9 Rear panel

Peak Power per collector unit W_{peak}



Peak Power W_{peak}	10519 W
Thermal capacity*	37.5 kJ/K
Flowrate during test	1491 l/h
Fluid for test	Water-Glycol 33.3%

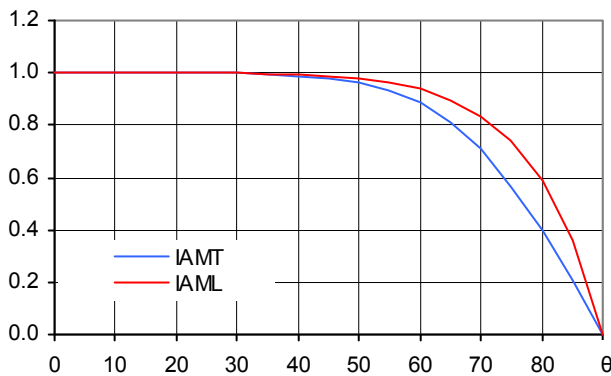
Relative efficiency η



Reference	Gross	Aperture	Absorber
η_0	0.773	0.838	0.839
a_1 [$WK^{-1}m^{-2}$]	2.27	2.46	2.46
a_2 [$WK^{-2}m^{-2}$]	0.0181	0.0197	0.0197

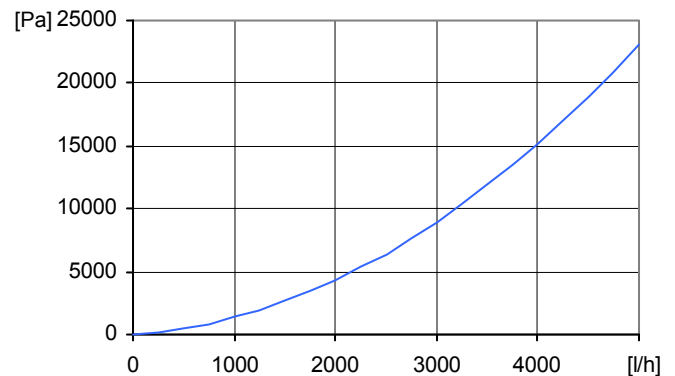
*) Specific thermal capacity C of the collector without fluid, determined according to 6.1.6.2 of EN12975-2:2006

Incident angle modifier IAM



K1, transversal IAM at 50°	0.96
K2, longitudinal IAM at 50°	0.98

Pressure drop Δp



Pressure drop at nominal flowrate
$\Delta p = 8957$ Pa (T=20°C)

SPF Simulation of systems using Polysun

Short description of the system

Climate: Central Switzerland, orientation of the collectors: South,
Cold water 10°C, Hot water 50°

Domestic hot water: $F_{ss}^* = 60\%$

Tank 450 l, collector inclination 45°,
Daily energy demand 10 kWh (4-6 persons)
Energy demand of the reference system 4200 kWh/year

Water pre-heating: $F_{ss}^* = 25\%$

2 Tanks: 1500 l & 2500 l, collector inclination 30°,
Domestic hot water consumption 10'000 l/day (200 persons)
Daily heat losses (circulation and tanks) 60 kWh,
Energy demand of the reference system 191'700 kWh/year

Space heating system: $F_{ss}^* = 25\%$

Combined storage 1200 l, collector inclination 45°,
Daily energy demand 10 kWh (4-6 persons), Building 200 m², moderately
heavy construction, well insulated, Heating power demand 5.8 kW (ambient
temperature -8°C), Energy demand space heating 12140 kWh/year,
Energy demand of the reference system 16340 kWh/year

Surface demand**
Number of collectors

Solar yield**

4.12 m²
0.3 collectors

618 kWh/m²

56.1 m²
4.5 collectors

856 kWh/m²

12.0 m²
1.0 collectors

448 kWh/m²

*) Fractional solar savings: Proportion of the final energy that, thanks to the solar system, can be saved compared to a reference system.
**) Surface demand and solar yield are given with respect to the aperture area.

MT-Power: Thermal Applications 100°C To 180°C

Unrivalled performance in any climate condition, without concentration

MT-Power is Thermal Vacuum Power Charged™: revolutionary, high-end, high-vacuum flat solar thermal panel designed as an ideal thermal energy source for large-scale applications between 80°C and 180°C such as: air conditioning, desalination, and process heat.

Key FEATURES

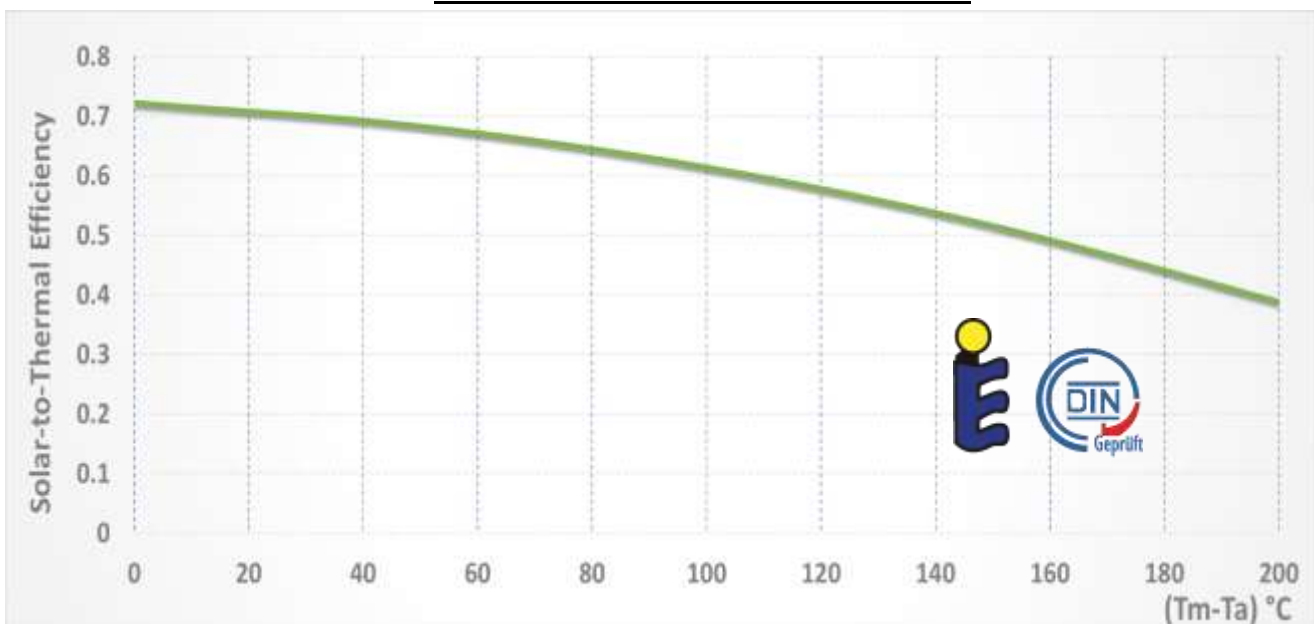
- ✓ Designed to operate above 100°C in large-scale deployments
- ✓ Flat for more active surface, high-vacuum for best performance
- ✓ Embedded return HTF flow to maximise deployment scalability
- ✓ Corrosion-proof all-metal casing for any environment
- ✓ Made with materials qualified for long-lasting high-vacuum operation
- ✓ Spot-Check™ to visually verify vacuum insulation
- ✓ 100% recyclable

Key ADVANTAGES

- ✓ **Lowest cost per Watt_(thermal)**
- ✓ **Highest peak performance:** 500 W_{th}/m² at 180°C (T_{amb} = 30°C)
- ✓ **Highest yearly average output:** due to maximum diffuse light capture
- ✓ **Long durability:** no degradation of performance over long-lasting product lifetime
- ✓ **Zero panel maintenance:** no need for precision cleaning and no serviceable mechanical parts
- ✓ **Superior design for solar fields:** minimizes footprint and balance of system, as well as easing installation



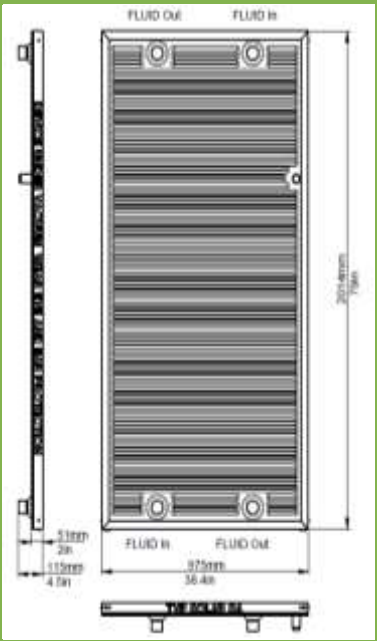
MT-Power Performance Curve



MT-Power is the only solar thermal panel with Solar Keymark certification to 200°C

TVP Solar MT-Power Specifications (v4 SK)

<i>Physical Characteristics</i>		
Dimensions	see diagram for details	
Unit Gross Area	1.96 m ²	21 sq. ft.
Aperture Area	1.84 m ²	20 sq. ft.
Weight	53 kg	117 lb
Fluid Volume	1.4 L	47 fl. oz.
Heat Absorber-Pipe	Al sheet + Cu pipe	
Absorber Coating	Alanod Mirotherm	
Back-plate	AISI 441 stainless steel	
Glass Coating	Single-sided anti-reflective (interior face)	
Connecting Ports	SMS PN16	
<i>Operating Conditions</i>		
Stagnation Temperature	302 °C	576 °F
Max. Operating Pressure	16 bar	232 psi
Pressure Drop H ₂ O @ 260 l/h ; 50°C	1.4 kPa	138 mm H ₂ O



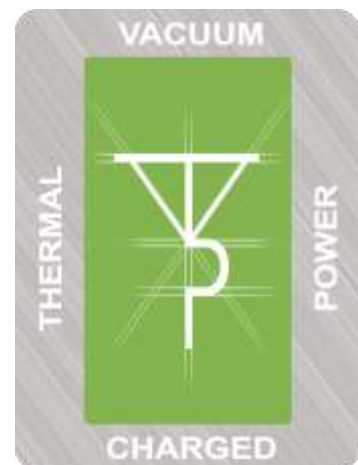
MT-Power v4 Solar Keymark-Certified Thermal Performance

Application	Machinery	T _m (°C)	Peak Power
Air Conditioning / Cooling	Double-Effect Absorption Chiller	175	1.1 kW
	Single-Effect Absorption Chiller	90	1.3 kW
Desalination	MED/TVC	150	1.2 kW
	MED, and MSF	80	1.4 kW
Industrial Process Heat	HTF Heater	160	1.1 kW
	Steam Boiler Feedwater	130	1.2 kW
	Dryers / Ovens	110	1.3 kW
	Tank Temperature Control	90	1.3 kW
	District Heating	80	1.4 kW

Built On Thermal Vacuum Power Charged™ Technology

Thermal Vacuum Power Charged™ family of technologies are designed to make, maintain, and inspect the high-vacuum in TVP flat panels, key to the industry-best sun-to-thermal efficiency. Make: innovations in manufacturing process & equipment, as well as materials such as the patented inorganic, flexible glass/metal seal to resist mechanical stresses and contain the vacuum. Maintain: novel use of materials qualified for long-lasting high-vacuum products, and a patented self-regenerating getter pump assembly to preserve high-vacuum insulation and high performance over panel lifetime. Inspect: patented visual verification tool inside TVP panels showing high-vacuum state for easy deployment troubleshooting.

Thermal Vacuum Power Charged™ panels harness the full power of solar thermal technology – providing unrivalled performance for any thermal application in any climate condition, without concentration.





Technical Data for the PolyTrough 1800

General Description

The PolyTrough 1800 is a roof and ground-mountable parabolic trough collector developed for:

- High performance up to 250°C outlet temperature
- Ease of installation
- Flexible configurations
- Efficient shipping in ISO compliant containers
- Low cost per kWh delivered

The solar heat is used in thermal applications such as:

- Industrial processes (steam, water or oil)
- Solar cooling systems
- Organic Rankine Cycles (ORC) for power generation
- Desalination

Technical Data for the Base Module

Geometry

Refer to Drawing 'Polytrough 1800_1250_2_2' for a detailed drawing of the collector module.

Aperture area: 36.9 m²

Aperture width: 1.845 m

Length: 20.9 m

Height: 1.75 m

Focal length: 0.65 m

Rim angle: 71°

Concentration ratio: 54 (geometric)

Weight

Weight of complete module: 1,100 kg (30 kg/m² aperture area)

NEP Solar AG
Technoparkstrasse 1 | 8005 Zürich | Switzerland

P: +41 44 445 16 95

F: +41 43 411 90 08

www.nep-solar.com

NEP Solar Pty Ltd
21/14 Jubilee Ave | Warriewood | NSW 2102 | Australia

P: +61 2 9998 4700

F: +61 2 9999 2077

www.nep-solar.com



Technical Data for the PolyTrough 1800

Performance Modelling

Annual thermal yield of an installed collector field is calculated by NEP Solar on a project specific basis with sophisticated and validated hourly simulation models.

Certified performance measurement results and Solar Keymark Certification (based on European standard series EN 12975) are in preparation.

Energy Performance

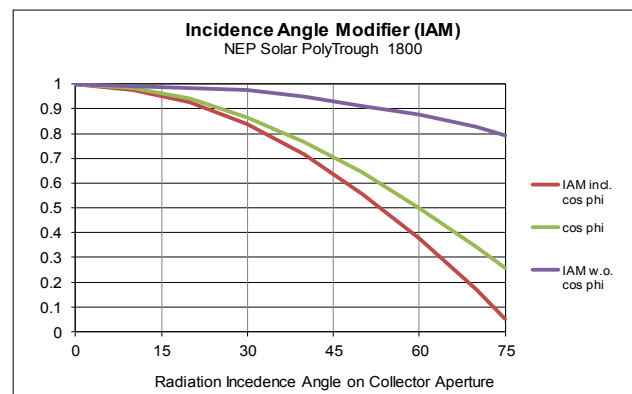
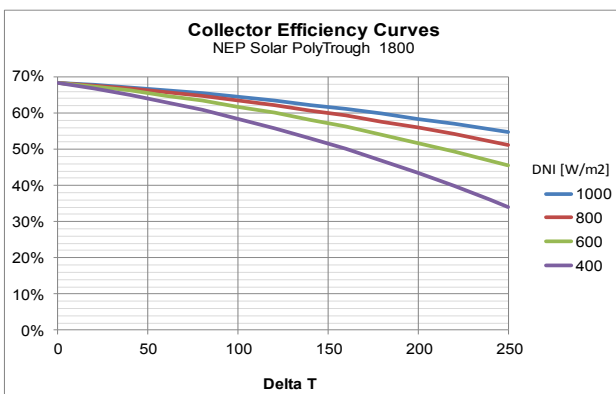
Nominal Thermal Performance

Thermal Efficiency: ~60% at 200°C mean collector temperature and 1000 W/m² DNI. Collector efficiency curves for a range of DNI radiation are shown below.

Nominal Output: 22.2 kW per collector module or 0.60 kW per m² in nominal conditions and 200°C mean collector temperature.

Annual Yield

Annual yield depends on site and project characteristics and will be modelled by NEP Solar upon client request.



Note: These diagrams are results of numerical simulations. They are not based on any experimental data.



Technical Data for the PolyTrough 1800

Component Details

Components of the Base Module

Reflector Segment (16 segments per module)

Length: 1250 mm

Width: 1845 mm (projected aperture)

Depth: 16 mm

Materials: Aluminium mirror with self supporting sandwich structure.

Mirror: Coated highly reflective and weather resistant aluminium reflector.

Projected Mirror Area: 4.61 m² per segment (8 segments per module)

Reflectivity (DIN 5036-1 and -3):

Degree of total light reflection (Rho) $\geq 93\%$

Degree of solar reflection (AM 1.5) $\geq 89\%$

Torque Tube

Length: 5 m segments (4 torque tube segments per collector).

Diameter: Large diameter manufactured tube. Carries the bending and the torsional load efficiently.

Materials: Steel torque tube, with speciality anti-corrosion coating.

Support Structure

Mounting Stands: Mounting stand assemblies support the torque tube and contain bearings to allow torque tube rotation.

Materials: Steel, hot dip galvanised.

Tracking System

Motor Drive: Brushless DC motor.

Motor Drive reduction: Direct coupled planetary gearbox.

Reduction Gearbox: Direct drive slew gearbox.

Controller: Industry standard specialised solar tracking module with network to Master Control System.

Tracking Logic: Algorithm based high precision tracking system. Independent tracking per collector module with individual configuration. Any collector axis orientation is allowed.

Receiver

Absorber Tube: Diameter 34 mm by 1.5 mm wall thickness by 2.5 m lengths; fully welded.

Pressure Rating: 96 bar at 200°C

Material: 1.4307 (EN1088) Stainless Steel tubing [AISI 304L] with mirror polished finish.

Selective Coating: Black chrome.

Cover: Diameter 56 mm borosilicate glass tube with 2.5 mm wall thickness by 2.5 m lengths with seals and breather to eliminate condensation and dust.



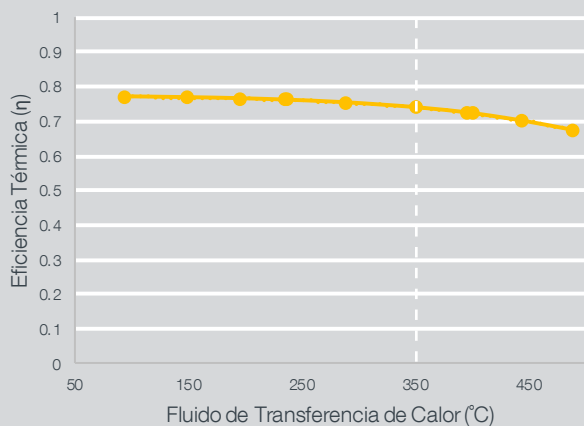
NUEVA ESTRUCTURA DE PANEL CON SISTEMA DE REFUERZOS:
 SkyTrough presenta un innovador diseño de enrejado e introduce una estructura de espejo de panel y refuerzo - el primero en su clase para una tecnología de cilindro parabólico.

RENDIMIENTO COMPROBADO

Un circuito colector SkyTrough, con película reflectante ReflecTech y sistema de seguimiento OnSun, comenzó a funcionar en SEGS II en Daggett, California desde febrero de 2010. Datos de rendimiento obtenidos desde el circuito operativo confirman la eficiencia térmica del 73 % pronosticada mediante pruebas en el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (acrónimo en inglés NREL) de Estados Unidos. La película reflectante ReflecTech ha demostrado una durabilidad óptica de más de 30 años comprobado con el Sistema de Desgaste Ultra Acelerado (acrónimo en inglés UAWS) en NREL.

EFICIENCIA DE SKYTROUGH

Curva de eficiencia térmica de SkyTrough® (1000 W/m²)



La línea naranja es la eficiencia térmica de SkyTrough basada en la eficiencia óptica y las mediciones de pérdida de calor del receptor de NREL.

La temperatura de funcionamiento (350 °C) de un colector solar cilindro parabólico utilizado para la generación de energía a escala de uso comercial tiene eficiencia de $(n) = 0,73$.

CONCLUSIÓN

Las innovaciones dentro de SkyTrough permiten importantes mejoras en el desempeño y el costo en comparación con otros colectores cilindros parabólicos disponibles en el mercado, lo que hace de SkyTrough la solución más rentable disponible actualmente. La elección de SkyTrough para su proyecto minimizará el costo de la producción de energía térmica y garantizará un funcionamiento confiable por décadas.



VISTA DE PERFIL DE SEGS II: El diseño del enrejado de SkyTrough y los paneles de película reflectante son comprobados en terreno

Especificaciones SkyTrough®

GEOMETRÍA

Longitud Total del Montaje del Colector Solar ⁽¹⁾	115 m	377 pies
Área de Apertura Neta	656 m ²	7,061 pies ²
Número de Módulos ⁽²⁾	8 por Montaje de Colector Solar ⁽¹⁾	
Longitud de Apertura del Módulo	13,9 m	45,6 pies
Ancho de Apertura del Módulo	6.0 m	19,7 pies
Tipo de Receptor	Evacuado	
Longitud del Receptor	4,722 m	15,5 pies
Diámetro del Tubo de Absorción	80 mm	3,15 pulgadas

(1) La longitud del montaje del colector solar (acrónimo en inglés SCA) comprende los módulos, postes, sistema de control y accionamiento, y articulaciones de bola (una en cada extremo).

(2) Un módulo es un espejo parabólico y receptor soportado por un par de postes.

RENDIMIENTO

Eficiencia Óptica	76 %		
Eficiencia Térmica ⁽³⁾	72 %		
Salida Térmica del Punto de Diseño ⁽³⁾	480 kW-th ^(*)		
Temperatura Máxima (Aceite Térmico)	400 °C	750 °F	
Temperatura Máxima (Sal Fundida)	565 °C	1,050 °F	
Generación Anual de Energía Indicativa	1.000 MWh-th ^(*)		
Salida Eléctrica Bruta Indicativa del Punto de Diseño ⁽⁴⁾	180 kW-e ^(*)		
Uso Típico de Tierra	2 ha/MW-e	5 acre/MW-e	
Pendiente Máxima Instalada	4 % gradiente		
Velocidad Máxima del Viento (Carga)	37,5 m/s	84 mph	Ráfaga de 3 segundos
Velocidad Máxima del Viento (Operación)	18 m/s	40 mph	Ráfaga de 3 segundos
	13 m/s	30 mph	Sostenid

(3) Definido como (Potencia Térmica Bruta)/(Energía Solar) a 1000 W/m² de radiación solar incidente directa y temperatura de fluido de transferencia de calor de 350 °C

(4) A 37,5% de eficiencia de la turbina de vapor

(*) kW-th = Kilovatio Térmico; MWh-th = Megavatio-Hora Térmico; kW-e = Kilovatio Eléctrico

ESPEJOS

Respaldo Estructural	Hoja de Aluminio
Superficie Reflectante	Película Reflectante ReflecTech®
Reflectancia Especular ⁽⁵⁾	94 %
Vida Útil del Espejo	Más de 30 Años

(5) A un ángulo de aceptación de 1,4 ° medido con un Dispositivo y Servicio Reflectómetro Especular

SISTEMA DE ACCIONAMIENTO Y CONTROLADOR ONSUN™

Comunicación del Controlador	RED	RS485 con Cable
Arquitectura del Sistema de Control	SCADA + PLC + Placa Integrada @ Unidad	

Para obtener más información, contactenos:

info@SkyFuel.com

SkyFuel, Inc.

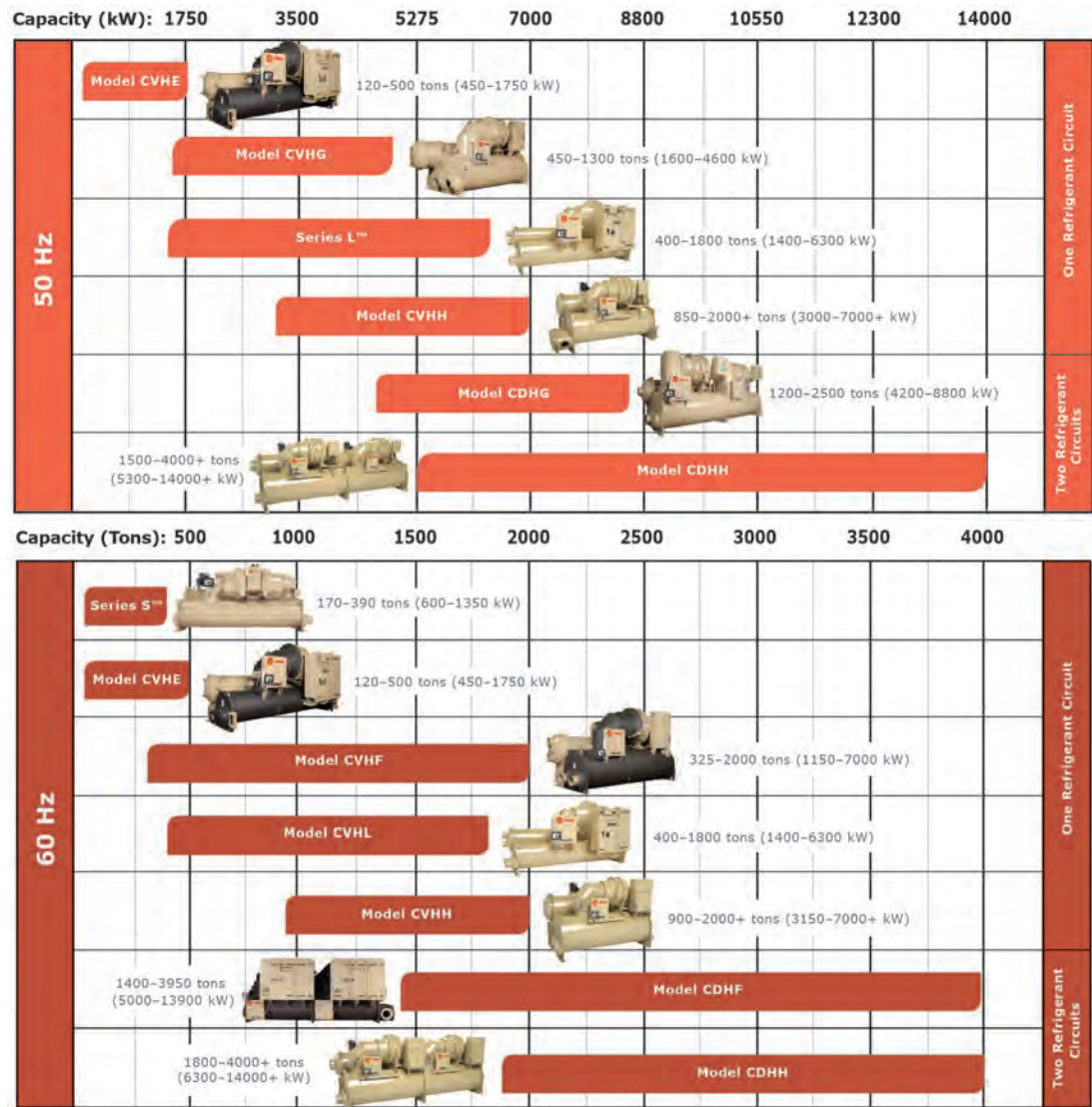
200 Union Blvd Suite 590, Lakewood, CO 80228, USA

+1 303.330.0276

www.SkyFuel.com



CentraVac Chiller Portfolio



Elevated Chilled-Water Temperature Applications

The Series L™ CentraVac™ chiller (model CVHL) is a direct result of the Trane commitment to provide the right technology for the right application at the right time.

Because industrial processes and data center applications have unique cooling requirements, the Series L chiller features optimized compressor and drive technology to deliver 60°F–70°F (15.6°C–21.1°C) chilled water with up to 35 percent better efficiency at full-load and off-design conditions.

Premium Efficiency Chiller for Small Spaces

The Series S™ CentraVac™ chiller (models CVHM and CVHS) is an ideal solution for any low-tonnage application, especially retrofits and replacements. This compact chiller was designed to fit through standard double doors and features a bolt-together design for disassembly when access to the mechanical room is even tighter. While smaller in size, Series S™ CentraVac™ chillers continue to deliver the high efficiency, proven reliability, and ultra-quiet operation that Trane centrifugal chillers have provided for more than 75 years.



Unit Specifications—Imperial (I-P) Units

Performance Data

Table 6. Minimum and maximum evaporator flow rates (gpm)—CDHF, CDHG, CVHE, CVHF, CVHG, CVHL, CVHM, and CVHS chillers

Shell Size EVSZ	Bundle Size EVBS	One Pass						Two Pass						Three Pass					
		IECU/IMCU		IMC1		TECU		IECU/IMCU		IMC1		TECU		IECU/IMCU		IMC1		TECU	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
030A/B	240	192	1407	216	1581	248	1820	96	704	108	791	124	910	—	—	—	—	—	—
	250	251	1837	282	2064	298	2188	125	919	141	1032	149	1094	—	—	—	—	—	—
	260	320	2346	359	2635	358	2626	160	1173	180	1317	179	1313	—	—	—	—	—	—
	270	389	2854	437	3206	415	3041	195	1427	219	1603	207	1520	—	—	—	—	—	—
	280	459	3362	515	3777	471	3455	229	1681	258	1888	236	1728	—	—	—	—	—	—
	290	528	3870	593	4348	528	3870	264	1935	296	2174	264	1935	—	—	—	—	—	—
	300	597	4379	671	4918	584	4285	299	2189	335	2459	292	2142	—	—	—	—	—	—
032S	200	155	1137	—	—	241	1325	78	568	—	—	120	662	52	379	—	—	80	442
	230	179	1312	—	—	270	1486	89	656	—	—	135	743	60	437	—	—	90	495
	250	191	1399	—	—	297	1635	95	700	—	—	149	818	64	466	—	—	99	545
032S/L	280	216	1596	219	1603	339	1866	108	798	109	801	170	933	72	532	73	534	113	622
	320	245	1814	249	1822	379	2085	123	907	124	911	190	1042	82	605	83	607	126	695
	350	269	1989	272	1998	—	—	134	995	136	999	—	—	90	663	91	666	—	—
050S/L	390	310	2273	—	—	473	2603	155	1137	—	—	237	1301	103	758	—	—	158	868
	480	370	2711	—	—	578	3179	185	1355	—	—	289	1589	123	904	—	—	193	1060
	580	447	3279	—	—	691	3801	224	1640	—	—	346	1900	149	1093	—	—	230	1267
	700	538	3979	545	3996	813	4469	269	1989	272	1998	406	2234	179	1326	182	1332	271	1490
	860	650	4809	659	4831	—	—	325	2405	329	2415	—	—	217	1603	220	1610	—	—
080S/L	740	579	4285	587	4304	—	—	290	2142	293	2152	—	—	193	1428	196	1435	—	—
	880	686	5028	—	—	959	1676	343	2514	—	—	480	2638	229	1676	—	—	320	1758
	1050	841	6165	—	—	1097	6035	420	3082	—	—	549	3018	280	2055	—	—	366	2012
	1210	978	7170	—	—	1227	6749	489	3585	—	—	614	3375	326	2390	—	—	409	2250
	1400	1135	8394	1150	8432	1411	7763	567	4197	575	4216	706	3881	378	2798	383	2811	470	2588
142M/L	960	750	5516	761	5577	—	—	375	2758	380	2789	—	—	250	1839	254	1859	—	—
	1200	898	6601	910	6675	920	6749	449	3301	455	3338	460	3375	299	2200	303	2225	307	2250
	1320	1058	7774	1072	7861	1037	7602	529	3887	536	3930	518	3801	353	2591	357	2620	346	2534
	1600	1194	8773	1210	8871	1156	8477	597	4386	605	4435	578	4238	398	2924	403	2957	385	2826
	1750	1347	9902	1365	10013	1307	9583	674	4951	683	5006	653	4791	449	3301	455	3338	436	3194
	1890	1460	10727	1479	10847	1407	10320	730	5364	740	5423	704	5160	487	3576	493	3616	469	3440
142E	960	752	5552	761	5577	—	—	376	2776	380	2789	—	—	251	1851	254	1859	—	—
	1200	900	6645	910	6675	920	6749	450	3323	455	3338	460	3375	300	2215	303	2225	307	2250
	1320	1060	7826	1072	7861	1037	7602	530	3913	536	3930	518	3801	353	2609	357	2620	346	2534
	1600	1196	8831	1210	8871	1156	8477	598	4416	605	4435	578	4238	399	2944	403	2957	385	2826
	1750	1350	9968	1365	10013	1307	9583	675	4984	683	5006	653	4791	450	3323	455	3338	436	3194
	1890	1463	10799	1479	10847	1407	10320	731	5399	740	5423	704	5160	488	3600	493	3616	469	3440

Unit Specifications—Imperial (I-P) Units

Table 6. Minimum and maximum evaporator flow rates (gpm)—CDHF, CDHG, CVHE, CVHF, CVHG, CVHL, CVHM, and CVHS chillers (continued)

Shell Size EVSZ	Bundle Size EVBS	One Pass						Two Pass						Three Pass					
		IECU/IMCU		IMC1		TECU		IECU/IMCU		IMC1		TECU		IECU/IMCU		IMC1		TECU	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
210L	1610	1229	9013	1246	9134	1470	8085	615	4507	623	4567	735	4043	410	3004	415	3045	490	2695
	1760	1380	10118	1398	10254	1642	9030	690	5059	699	5127	821	4515	460	3373	466	3418	547	3010
	1900	1525	11180	1545	11330	1824	10032	762	5590	772	5665	912	5016	508	3727	515	3777	608	3344
	2100	1619	11873	1641	12033	2010	11057	810	5937	820	6016	1005	5528	540	3958	547	4011	670	3686
250E	2280	1616	11848	—	—	2002	11011	808	5924	—	—	1001	5505	—	—	—	—	—	—
	2300	1762	12919	—	—	2174	11955	881	6460	—	—	1087	5978	587	4306	—	—	725	3985
	2480	1789	13116	—	—	2201	12105	894	6558	—	—	1100	6052	—	—	—	—	—	—
	2500	1929	14144	—	—	2394	13165	964	7072	—	—	1197	6582	643	4715	—	—	798	4388
210D	1610	1224	8975	—	—	1421	7816	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1850	1397	10244	—	—	1680	9241	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2100	1567	11493	—	—	1935	10643	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250D/M/X	2100	1567	11493	—	—	1943	10688	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2300	1734	12719	—	—	2101	11556	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2500	1899	13925	—	—	2314	12725	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Note: The minimum evaporator water velocity is 1.5 ft/s for IECU tubes and 2.0 ft/s for all other tubes. For a variable evaporator water flow system, the minimum GPME is generally not applicable at full load, and may be limited by other factors such as glycol. Confirm actual minimum and maximum flows for each selection before operating near flow boundaries. Values in this table are based on 0.025-in. wall tubes for M, L, S, and E bundles and 0.028-in. wall tubes for D, M, and X bundles.

Table 7. Minimum and maximum condenser flow rates (gpm)—CDHF, CDHG, CVHE, CVHF, CVHG, CVHL, CVHM, and CVHS chillers

Shell Size CDSZ	Bundle Size CDBS	One Pass						Two Pass					
		IMCU		TECU		IECU		IMCU		TECU		IECU	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
030A/B	250	434	1590	434	1590	576	2112	217	795	217	795	288	1056
	260	550	2018	550	2018	646	2368	275	1009	275	1009	323	1184
	270	673	2466	673	2466	716	2624	336	1233	336	1233	358	1312
	280	795	2915	795	2915	780	2860	397	1457	397	1457	390	1430
	290	917	3363	917	3363	844	3096	459	1682	459	1682	422	1548
	300	1028	3771	1028	3771	906	3321	550	1753	550	1753	478	1568
032S	230	432	1584	417	1528	434	1592	216	792	208	764	217	796
032S/L	250	487	1785	466	1715	489	1793	243	892	233	857	245	897
	280	541	1985	521	1916	544	1995	271	993	260	958	272	997
	320	607	2226	576	2118	610	2236	304	1113	288	1059	305	1118
050S	360	689	2527	655	2403	692	2539	345	1263	328	1201	346	1269
050S/L	400	777	2848	738	2713	780	2861	388	1424	369	1357	390	1431
	450	875	3209	831	3056	879	3224	438	1604	415	1528	440	1612
	500	974	3570	947	3435	978	3586	487	1785	487	1785	489	1793
080S	500	974	3570	921	3378	978	3586	487	1785	461	1689	489	1793
	560	1088	3991	1031	3780	1093	4009	544	1995	515	1890	547	2005



Unit Specifications—Imperial (I-P) Units

Table 7. Minimum and maximum condenser flow rates (gpm)—CDHF, CDHG, CVHE, CVHF, CVHG, CVHL, CVHM, and CVHS chillers (continued)

Shell Size CDSZ	Bundle Size CDBS	One Pass						Two Pass					
		IMCU		TECU		IECU		IMCU		TECU		IECU	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
080S/L	630	1220	4472	1160	4266	1225	4493	610	2236	580	2133	613	2247
	710	1367	5014	1311	4821	1374	5037	684	2507	655	2410	687	2519
	800	1537	5635	1472	5398	1544	5662	768	2818	739	2708	772	2831
142L	890	1739	6378	1667	6112	1747	6407	870	3189	833	3056	874	3204
	980	1936	7100	1854	6798	1945	7132	968	3550	927	3399	973	3566
	1080	2166	7942	2071	7595	2176	7979	1083	3971	1036	3797	1088	3989
	1220	2418	8864	2316	8492	2429	8905	1209	4432	1158	4246	1214	4453
	1420	2795	10248	2610	9571	2808	10296	1397	5124	1305	4786	1404	5148
210L	1610	2970	10890	2602	9541	2984	10940	1485	5445	1301	4771	1492	5470
	1760	3287	12053	2880	10560	3302	12109	1644	6027	1440	5280	1651	6055
	1900	3599	13196	3158	11578	3616	13257	1799	6598	1579	5789	1808	6629
	2100	3900	14299	3441	12617	3918	14366	1950	7150	1721	6309	1959	7183
250L	2100	3894	14279	3441	12617	3912	14345	1947	7140	1721	6309	1956	7173
	2300	4277	15683	3782	13868	4297	15756	2139	7842	1891	6934	2149	7878
	2500	4655	17067	4131	15149	4676	17146	2327	8533	2066	7574	2338	8573
210D	1610	2970	10890	2602	9541	2984	10940	—	—	—	—	—	—
	1760	3287	12053	2880	10560	1421	12109	—	—	—	—	—	—
	1900	3599	13196	3158	11578	1680	13257	—	—	—	—	—	—
	2100	3900	14299	3441	12617	3918	14366	—	—	—	—	—	—
250D/M/X	2100	3894	14279	3441	12617	3912	14345	—	—	—	—	—	—
	2300	4277	15683	3782	13868	4297	15756	—	—	—	—	—	—
	2500	4655	17067	4131	15149	4676	17146	—	—	—	—	—	—

Note: The minimum condenser water velocity is 3 ft/s and the maximum is 11 ft/s and may be limited by other factors such as glycol. Confirm actual minimum and maximum flows for each selection before operating near flow boundaries. Values in this table are based on 0.028-in. wall tubes.

Table 8. Minimum and maximum evaporator flow rates (gpm)—CDHH and CVHH chillers

Shell Size (EVSZ)	Bundle Size (EVBS)	Tube Type																			
		IECU				IMC1				TECU				IMCU							
		Number of Passes																			
		1		2		3		1		2		3		1		2		3		1	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
100M	810	762	5589	393	2706	264	1826	761	5577	392	2701	263	1822	716	5254	367	2565	252	1703	—	—
	870	810	5941	417	2882	282	1936	808	5928	416	2876	281	1932	753	5523	385	2700	264	1792	—	—
	1000	972	7129	501	3454	330	2354	970	7114	500	3447	329	2349	860	6307	440	3081	298	2061	—	—
100L	810	762	5589	393	2706	264	1826	761	5577	392	2701	263	1822	716	5254	367	2565	252	1703	—	—
	870	810	5941	417	2882	282	1936	808	5928	416	2876	281	1932	753	5523	385	2700	264	1792	—	—
	1000	972	7129	501	3454	330	2354	970	7114	500	3447	329	2349	860	6307	440	3081	298	2061	—	—
130M	1040	975	7151	501	3476	330	2310	973	7136	500	3469	329	2306	877	6430	448	3148	296	2084	—	—
	1140	1074	7877	552	3829	363	2552	1072	7861	551	3821	362	2547	952	6979	486	3417	322	2252	—	—
	1300	1191	8735	612	4247	414	2662	1189	8717	611	4238	413	2657	1027	7528	524	3686	353	2353	—	—

Unit Specifications—Imperial (I-P) Units

Table 8. Minimum and maximum evaporator flow rates (gpm)—CDHH and CVHH chillers (continued)

Shell Size (EVSZ)	Bundle Size (EVBS)	Tube Type																			
		IECU						IMC1						TECU						IMCU	
		Number of Passes																			
		1		2		3		1		2		3		1		2		3		1	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
160M	1290	1212	8889	606	4445	405	2948	1210	8871	605	4435	404	2942	1062	7786	541	3820	354	2588	—	—
	1390	1341	9835	672	4907	447	3278	1338	9815	671	4896	446	3272	1149	8424	574	4212	383	2801	—	—
	1600	1521	11155	762	5567	507	3718	1518	11132	761	5555	506	3711	1280	9388	640	4694	428	3126	—	—
200L	1520	1296	9505	678	4533	—	—	1293	9486	677	4523	—	—	1166	8548	606	4100	414	2655	—	—
	1680	1455	10671	744	5215	501	3322	1452	10649	743	5204	500	3316	1300	9533	674	4593	466	3025	—	—
	1840	1590	11662	834	5545	558	3498	1587	11637	832	5533	557	3491	1427	10463	738	5052	518	3294	—	—
	2000	1704	12498	915	5787	627	3674	1701	12472	913	5775	626	3667	1525	11180	849	4952	581	3450	—	—
220L	1850	1809	13268	905	6634	603	4423	1805	13240	903	6620	602	4413	1567	11494	784	5747	522	3831	—	—
	2000	1998	14654	999	7327	666	4885	1994	14624	997	7312	665	4875	1720	12614	860	6307	573	4205	—	—
	2200	2268	16634	1134	8317	756	5545	2264	16600	1132	8300	755	5533	1974	14474	987	7237	658	4825	—	—
400M	3040	1296	9505	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1198	8788	—	—	—	—	1288	9444
	3360	1455	10671	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1337	9801	—	—	—	—	1446	10602
	3680	1590	11662	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1467	10757	—	—	—	—	1580	11586
	4000	1704	12498	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1567	11494	—	—	—	—	1693	12417
440M	3700	1809	13268	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1611	11817	—	—	—	—	1797	13182
	4000	1998	14654	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1768	12969	—	—	—	—	1985	14559
	4400	2268	16634	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2029	14881	—	—	—	—	2254	16526
440X	3700	1809	13268	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1611	11817	—	—	—	—	1797	13182
	4000	1998	14654	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1768	12969	—	—	—	—	1985	14559
	4400	2268	16634	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2029	14881	—	—	—	—	2254	16526

Table 9. Minimum and maximum condenser flow rates (gpm)—CDHH and CVHH chillers

Shell Size (CDSZ)	Bundle Size (CDBS)	Tube Type											
		IECU				IMCU				TECU			
		Number of Passes											
		1		2		1		2		1		2	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
100M	810	2078	7621	1039	3810	2112	7745	1056	3873	1853	6796	927	3398
	870	2292	8403	1146	4202	2329	8540	1165	4270	2034	7459	1017	3730
	1000	2461	9025	1231	4512	2501	9172	1251	4586	2193	8042	1097	4021
100L	810	2078	7621	1039	3810	2112	7745	1056	3873	1853	6796	927	3398
	870	2292	8403	1146	4202	2329	8540	1165	4270	2034	7459	1017	3730
	1000	2461	9025	1231	4512	2501	9172	1251	4586	2193	8042	1097	4021
10HM	810	2089	7661	1045	3831	2123	7786	1062	3893	1853	6796	927	3398
	870	2286	8383	1143	4192	2324	8520	1162	4260	2034	7459	1017	3730
	1000	2456	9005	1228	4502	2496	9151	1248	4576	2223	8153	1112	4076
130M	1040	2593	9506	1296	4753	2635	9661	1317	4830	2314	8485	1157	4242
	1140	2844	10429	1422	5214	2891	10599	1445	5299	2544	9329	1272	4664
	1300	3085	11311	1542	5656	3135	11495	1568	5748	2747	10073	1374	5036



Unit Specifications—Imperial (I-P) Units

Table 9. Minimum and maximum condenser flow rates (gpm)—CDHH and CVHH chillers (continued)

Shell Size (CDSZ)	Bundle Size (CDBS)	Tube Type											
		IECU				IMCU				TECU			
		Number of Passes											
		1		2		1		2		1		2	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
13HM	1040	2593	9506	1296	4753	2635	9661	1317	4830	2314	8485	1157	4242
	1140	2844	10429	1422	5214	2891	10599	1445	5299	2544	9329	1272	4664
	1300	3085	11311	1542	5656	3135	11495	1568	5748	2747	10073	1374	5036
200M	1520	2954	10830	1477	5415	3002	11006	1501	5503	2594	9510	1297	4755
	1680	3282	12033	1641	6017	3335	12229	1668	6115	2865	10505	1433	5253
	1840	3610	13236	1805	6618	3669	13452	1834	6726	3142	11520	1571	5760
	2000	3900	14299	1950	7150	3963	14532	1982	7266	3422	12546	1711	6273
200L	1520	2954	10830	1477	5415	3002	11006	1501	5503	2594	9510	1297	4755
	1680	3282	12033	1641	6017	3335	12229	1668	6115	2865	10505	1433	5253
	1840	3610	13236	1805	6618	3669	13452	1834	6726	3142	11520	1571	5760
	2000	3883	14239	1942	7120	3947	14471	1973	7236	3422	12546	1711	6273
20HM	1520	2954	10830	1477	5415	3002	11006	1501	5503	2594	9510	1297	4755
	1680	3282	12033	1641	6017	3335	12229	1668	6115	2860	10485	1430	5243
	1840	3610	13236	1805	6618	3669	13452	1834	6726	3142	11520	1571	5760
	2000	3763	13798	1882	6899	3824	14023	1912	7011	3282	12033	1641	6017
220L	1850	3900	14299	1950	7150	3963	14532	1982	7266	3422	12546	1711	6273
	2000	4283	15703	2141	7852	4352	15959	2176	7979	3756	13772	1878	6886
	2200	4633	16987	2316	8493	4708	17263	2354	8632	4110	15069	2055	7535
22HL	1850	3894	14279	1947	7140	3958	14512	1979	7256	3422	12546	1711	6273
	2000	4288	15723	2144	7862	4358	15979	2179	7990	3756	13772	1878	6886
	2200	4627	16967	2314	8483	4703	17243	2351	8621	4112	15079	2056	7540
440M	3700	3900	14299	—	—	3963	14532	—	—	3422	12546	—	—
	4000	4283	15703	—	—	4352	15959	—	—	3756	13772	—	—
	4400	4633	16987	—	—	4708	17263	—	—	4110	15069	—	—
440X	3700	3900	14299	—	—	3963	14532	—	—	3422	12546	—	—
	4000	4283	15703	—	—	4352	15959	—	—	3756	13772	—	—
	4400	4633	16987	—	—	4708	17263	—	—	4110	15069	—	—

Weights (lb)

Important: The weight information provided here should be used for general information only. Trane does not recommend using this weight information for considerations relative to chiller handling, rigging, or placement. The large number of variances between chiller selections drives variances in chiller weights that are not recognized in these tables. For specific weights for your chiller, refer to your submittal package.

Datos técnicos.

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	MODELOS								
			5G 3M C	5G 4K C	5G 4L C	5G 4M C	5G 5K C	5G 5L C	5G 6K C	5G 6L C	
CAPACIDAD FRIGORÍFICA NOMINAL		kW	844	960	1.090	1.192	1.326	1.453	1.631	1.786	
		COP	0,75								
CIRCUITO AGUA REFRIGERADA	Caudal de agua	m ³ /h	145,2	165,1	187,5	205,0	228,0	250,0	280,6	307,2	
	Temperatura entrada/salida	°C	12,0 / 7,0								
	Pérdida de carga	kPa	33,4	33,4	35,7	37,3	32,4	32,4	56,9	58,9	
	Diámetro conexión	DN (")	150 (6)	150 (6)			200 (8)		250 (10)		
	Nº de pasos (evaporador)		1+1						2+2		
CIRCUITO AGUA DE ENFRIAMIENTO (TORRE)	Caudal de agua	m ³ /h	240,0	273,0	310,0	339,0	377,0	414,0	464,0	508,0	
	Temperatura entrada	°C	29,4								
	Temperatura salida	°C	36,4								
	Pérdida de carga	kPa	70,6	76,5	80,4	86,3	71,6	74,6	61,8	63,8	
	Diámetro conexión	DN (")	200 (8)	200 (8)			250 (10)		300 (12)		
	Nº de pasos (absorbedor)		2+2						1+1		
CIRCUITO AGUA CALIENTE	Caudal de agua	m ³ /h	97,0	110,0	125,0	137,0	152,0	167,0	187,0	206,0	
	Temperatura entrada/salida	°C	90,0 / 80,0								
	Pérdida de carga	kPa	10,8	9,8	9,8	9,8	10,8	10,8	17,7	18,6	
	Diámetro conexión	DN (")	150 (6)	200 (8)			200 (8)		250 (10)		
	Nº de pasos (generador)		1+1								
DATOS ELÉCTRICOS	Bomba de solución	kW (A)	1,5 (5,0)		3,7 (11,0)		3,7 (11,0)		5,5 (14,0)		
	Bomba de refrigerante	kW (A)	0,3 (1,4)								
	Bomba de vacío	kW (A)	0,75 (1,8)								
	Consumo eléctrico total	kVA	6,9		11,2		11,2		13,4		
	Condiciones suministro		415V (±10%), 50 Hz (±5%), c.a. III + Neutro								

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	MODELOS								
			5G 6M C	5G 6N C	5G 7K C	5G 7L C	5G 8K C	5G 8L C	5G 8M C	5G 8N C	
CAPACIDAD FRIGORÍFICA NOMINAL		kW	2.145	2.338	2.465	2.672	3.024	3.277	3.647	3.942	
		COP	0,75								
CIRCUITO AGUA REFRIGERADA	Caudal de agua	m ³ /h	368,9	402,2	424,0	459,6	520,1	563,7	627,3	678,0	
	Temperatura entrada/salida	°C	12,0 / 7,0								
	Pérdida de carga	kPa	44,1	47,1	50,0	52,0	40,2	42,2	68,7	70,6	
	Diámetro conexión	DN (")	250 (10)				350 (14)				
	Nº de pasos (evaporador)		1+1								
CIRCUITO AGUA DE ENFRIAMIENTO (TORRE)	Caudal de agua	m ³ /h	610,0	665,0	701,0	760,0	860,0	932,0	1.037,0	1.121,0	
	Temperatura entrada	°C	29,4								
	Temperatura salida	°C	36,4								
	Pérdida de carga	kPa	48,1	51,0	6,6	74,6	61,8	64,7	99,1	102,0	
	Diámetro conexión	DN (")	300 (12)		350 (14)		400 (16)				
	Nº de pasos (absorbedor)		1+1			2+2					
CIRCUITO AGUA CALIENTE	Caudal de agua	m ³ /h	245,0	268,0	282,0	306,0	344,0	376,0	417,0	454,0	
	Temperatura entrada/salida	°C	90,0 / 80,0								
	Pérdida de carga	kPa	37,3	37,3	42,2	42,2	15,7	16,7	26,5	26,5	
	Diámetro conexión	DN (")	250 (10)		250 (10)		300 (12)				
	Nº de pasos (generador)		1+1								
DATOS ELÉCTRICOS	Bomba de solución	kW (A)	6,6 (17,0)		4,5 (13,0)		5,5 (17,0)				
	Bomba de refrigerante	kW (A)	1,5 (5,0)								
	Bomba de vacío	kW (A)	0,75 (1,8)								
	Consumo eléctrico total	kVA	18,1		15,2		18,1				
	Condiciones suministro		415V (±10%), 50 Hz (±5%), c.a. III + Neutro								

HD SERIES

Superheated water fired double effect absorption chillers

MODEL		Unit	HD 30C	HD 40A	HD 40B	HD 40C	HD 50A	HD 50B
Nominal cooling capacity		kW	1125	1285	1414	1570	1810	1964
CHILLED WATER	Inlet/outlet temperature	°C	12/7					
	Flow	m ³ /hr	193	220,4	242,5	269,3	310,4	336,9
	Friction loss	kPa	76,2	63,7	63,6	70,2	64,2	63,6
	Maximum working pressure	kPa	785					
	Evaporator passes		150			200		
	Nozzle dimension	DN	2					
	Heat exchanger volume	l	418	504	550	581	735	788
COOLING WATER	Inlet temperature	°C	29					
	Outlet temp. (CE version)	°C	34,5	34,6	34,4	34,2	34,6	34,5
	Outlet temp. (CX version)	°C	34,3	34,4	34,2	34	34,5	34,3
	Flow	m ³ /hr	316	355	403	470	496	551
	Friction loss	kPa	66,6	62,6	63,5	72,9	67,8	70,9
	Maximum working pressure	kPa	785					
	Absorber/Condenser passes		2/1					
	Nozzle dimension	DN	200	250				
Heat exchanger volume	l	776	1040	1110	1162	1187	1257	
HOT WATER	Inlet/outlet temperature	°C	180/160					
	Flow (CE)	m ³ /hr	40,8	47,2	51,3	57	65,9	71,4
	Friction loss (CE)	kPa	24,1	22,7	26,6	24,4	44,1	23,1
	Flow (CX)	m ³ /hr	37,8	43,5	47,5	52,7	61	66,2
	Friction loss (CX)	kPa	20,9	42,1	23	44,5	41	44,4
	Generator passes		3	3 (4)	3	3 (4)	4	3 (4)
	Maximum working pressure	kPa	980					
	Nozzle dimension	DN	100			150		
Heat exchanger volume	l							
ELECTRICAL DATA	Power supply		400 V ±10%, 50 Hz ±3%, 3 phase					
	Solution pump	kW (A)	2,2 (6,0)	3,0 (8,0)			3,7 (11)	
	Refrigerant pump	kW (A)	0,3 (1,4)					
	Purge pump	kW (A)	0,75 (1,8)					
	Total electrical consumption	kVA	7,3	8,7			10,8	

Fouling factor = 0,044 m² K/kW in chilled water line, 0,086 m² K/kW in cooling water line

For working conditions different from above, please contact authorized Thermax office to request a customized selection.

Turboden Heat Recovery (HR) Units - Typical Range of Operation and Performances

	TURBODEN 6/7 HR DE		TURBODEN 10 to 14 HR DE		TURBODEN 18 to 24 HR DE		TURBODEN 27 to 40 HR DE		TURBODEN 50 to 100 HR DE	
	Range of Operation	Reference Case TD 6 HR	Range of Operation	Reference Case TD 10 HR	Range of Operation	Reference Case TD 22 HR SPLIT	Range of Operation	Reference Case TD 40 HR SPLIT	Range of Operation	Reference Case TD 70 HR
INPUT* - Thermal Oil										
Thermal Oil inlet temperature	240-300 °C	270	240-310	290	240-310	285	250-315	315	240-310	290
Thermal Oil outlet temperature	170-120 °C	140	170-120	145	170-120	120	170-120	130	150-110	115
Thermal power input	2.5-4.0 MW	3.0	5.0-7.0	5.54	8.0-12.0	11.21	13.0-22.0	21.40	24.0-50.0	32.00
Thermal Oil inlet temperature	464-572 °F	518	464-590	554	464-590	545	482-599	599	464-590	554
Thermal Oil outlet temperature	338-248 °F	284	338-248	293	338-248	248	338-248	266	302-230	239
Thermal power input	8.53-13.65 MMBtu/hr	10.24	17.06-23.88	18.90	27.30-40.95	38.25	44.36-75.07	73.02	81.89-170.61	109.00
OUTPUT** - Cooling Water										
Typical cooling water temperature (in/out)	25/35 °C	25/35	25/40	26/38	25/40	22/40	20/45	22/54	25/40	20/27
Thermal power to condenser	2.0-3.5 MW	2.4	4.0-5.0	4.4	6.0-9.5	9.0	10.0-17.5	17.2	19.2-40.0	25.2
Typical cooling water temperature (in/out)	77/95 °F	77/95	77/95	79/100	77/104	72/104	68/113	72/129	77/104	68/81
Thermal power to condenser	6.82-11.94 MMBtu/hr	8.19	13.65-17.06	15.01	20.47-32.42	30.71	34.12-59.71	58.69	65.51-136.49	86.00
PERFORMANCES										
Gross electric power	500-800 kW	600	900-1600	1108	1700-2500	2120	2600-4500	4000	4800-10500	6800
Gross electric efficiency***	17%-20%	20%	17%-22%	20%	17%-22%	19%	17%-21%	19%	17%-22%	21%
Captive power consumption	18-36 kW	25	36-70	46	60-100	80	100-200	200	200-800	485
Net active electric power output	480-760 kW	575	850-1550	1062	1650-2400	2040	2500-4000	3800	4500-9800	6335
Net electric efficiency****	16%-19%	19%	16%-21%	19%	16%-21%	18%	16%-20%	18%	16%-21%	20%
Electric generator****	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 660V 60Hz, 4160V	50Hz, 660V 60Hz, 4160V	50Hz, 6Kv 60Hz, 4160V	50Hz, 6Kv 60Hz, 4160V	50Hz, 6Kv 60Hz, 4160V	60Hz, 4160V
Cooling systems	closed loop water cooling or wet tower	closed loop water cooling or wet tower	closed loop water cooling or wet tower	closed loop water cooling or wet tower	closed loop water cooling or wet tower	closed loop water cooling or wet tower	closed loop water cooling or wet tower	closed loop water cooling or wet tower	wet tower or air condenser	
Typical delivery time (EXW)	9-11 Months	9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	11-13	11-13	12-14	

* Turboden units up to TURBODEN 40 HR can be equipped with the "Split System", a heat exchanger allowing additional low temperature heat recovery to increase the power production. The "Split System" heat exchanger may use thermal oil / pressurized water as heat transfer fluid.

** Cooling water temperatures are selected keeping into account specific site requirements, e.g. average air temperature, water availability (to use either dry or wet heat dissipation system), possibility of CHP mode (in this specific case water up to 90°C can be generated by the ORC).

*** Electric efficiency depends on several factors, primarily Heat and Cooling Source Temperatures and thermal media. Our sales specialists will support you to optimise the solutions, evaluating specific heat source features (thermal oil, steam, pressurized water, exhaust gas) and cooling devices (dry/wet water loops, CHP, air condensing).

**** Induction or synchronous, medium voltage available upon request. If reduction gear is required, electric power is reduced of about 1.5%.

DE: Available Direct Heat Exchange for direct heat recovery from internal combustion engines exhaust gas.

DISCLAIMER NOTE: Data provided herein are not binding and might change without prior notice.

Turboden High Efficiency (HRS) Units - Typical Sizes and Performances

	TURBODEN 12 HRS - 1MW		TURBODEN 12 HRS		TURBODEN 24 HRS		TURBODEN 32 HRS	
	with split*	without split	with split*	without split	with split*	without split	with split*	without split
INPUT - Thermal Oil								
Nominal temperature "HT" loop (in/out)	305/209 °C	305/204	305/210	305/206	310/215	310/212	310/215	310/214
Thermal power input "HT" loop	3817 kW	4043	4425	4817	8850	9634	12015	13075
Nominal temperature "LT" loop (in/out)	209/130 °C	-	210/130	-	215/135	-	215/135	-
Thermal power input "LT" loop	338 kW	-	392	-	784	-	1060	-
Overall thermal power input	4155 kW	4043	4817	4817	9634	9634	13075	13075
Nominal temperature "HT" loop (in/out)	581/408 °F	581/399	581/410	581/403	419/275	-	419/275	-
Thermal power input "HT" loop	13.02 MMBtu/hr	13.08	15.09	16.44	30.17	32.87	40.01	44.61
Nominal temperature "LT" loop (in/out)	408/266 °F	-	410/266	-	419/275	-	419/275	-
Thermal power input "LT" loop	1.15 MMBtu/hr	-	1.34	-	2.68	-	3.62	-
Overall thermal power input	14.18 MMBtu/hr	13.80	16.44	16.44	32.87	32.87	44.61	44.61
OUTPUT - Cooling Water								
Cooling water temperature (in/out)	25/35 °C	25/35	25/35	25/35	24/37	24/37	25/40	25/40
Thermal power to the cooling water circuit	3151 kW	3040	3662	3632	7256	7310	9977	9897
Cooling water temperature (in/out)	77/95 °F	77/95	77/95	77/95	75/99	75/99	77/104	77/104
Thermal power to the cooling water circuit	10.75 MMBtu/hr	10.37	12.5	12.39	24.76	24.94	34.04	33.77
PERFORMANCES								
Gross electric power	1000 kW	1000	1156	1188	2277	2340	3109	3193
Gross electric efficiency	24.1%	24.7%	24.0%	24.7%	23.6%	24.2%	23.8%	24.4%
Captive power consumption	36 kW	36	46	49	94	96	119	125
Net active electric power output	964 kW	964	1110	1139	2183	2244	2990	3067
Net electric efficiency	23.2%	23.8%	23.0%	23.6%	22.7%	23.3%	22.9%	23.5%
Electric generator**	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 400V 60Hz, 480V	50Hz, 660V 60Hz, 4160V	50Hz, 660V 60Hz, 4160V	50Hz, 6Kv 60Hz, 4160V	50Hz, 6Kv 60Hz, 4160V
Plant size	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid	Multiple skid
Biomass consumption***	1816 kg/h	1944	2105	2316	4211	4632	5715	6286
Net solar collector surface****	- m ²	-	10000-13000	13000	-	24000	-	33000
Typical delivery time (EXW)	9-11 Months	9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	11-13	11-13

* The Turboden split system allows maximisation of electric power production for a given biomass consumption.

** Induction or synchronous, medium voltage available upon request. If reduction gear is required, electric power is reduced of about 1.5%.

*** Assuming a low heating value of biomass = 2.6 kWh/kg and boiler efficiency = 0.88 in case of ORC with split, = 0.80 in case of ORC without split. The thermal oil boiler is not included in the Turboden scope of supply.

**** Assuming design solar radiation = 800 W/m², design solar collector efficiency = 0.6 and solar multiple = 1.2. The Solar field is not included in the Turboden scope of supply.

For heat recovery applications direct heat exchange can be available.

DISCLAIMER NOTE: Data provided herein are not binding and might change without prior notice.

Turboden High Efficiency (HRS) Units - Typical Sizes and Performances

	TURBODEN 50-110 HRS Range of Operation	TURBODEN 55 HRS Range Case	TURBODEN 65 HRS Range Case	TURBODEN 110 HRS Range Case
INPUT - Thermal Oil				
Thermal Oil inlet temperature	°C 300 - 320	315	315	315
Thermal Oil outlet temperature	°C 170 - 200	190	190	180
Overall thermal power input	KW 18000 - 40000	20000	25380	40023
Thermal Oil inlet temperature	°F 572 - 608	599	599	599
Thermal Oil outlet temperature	°F 356 - 392	374	374	354
Overall thermal power input	MMBtu/hr 61.4 - 136.5	68.3	86.6	134.9
OUTPUT - Cooling System (1)				
Cooling source	water / air	water	water	water
Design cooling system temperature (2)	°C 0 - 40	25/35	24/34	25/35
Thermal power to the cooling system	KW 13000 - 30000	14911	19376	29750
Design cooling system temperature (2)	°F 32 - 104	77/95	75/93	77/95
Thermal power to the cooling system	MMBtu/hr 44.4 - 102.4	48.6	64.7	97.7
PERFORMANCES				
Gross electric power	kW 4500 - 11000	5286	6348	10512
Gross electric efficiency	% 23 - 27%	26.4%	25.0%	26.3%
Captive power consumption (3)	kW 180 - 500	212	348	512
Net active electric power output	kW 4500 - 10000	5074	6000	10000
Net electric efficiency (4)	% 22 - 26%	25.4%	23.6%	25.0%
Electric generator	50Hz/60Hz, MW 9000 - 20000	9610	12200	19010
Biomass consumption (5)	kg/h 45000 - 100000	50000	63500	98900
Net solar collector surface (6)	m ²			
Typical delivery time (EXW) (7)	Months 10 - 15	10 - 15	10 - 15	10 - 15

(1) Cooling water/air temperatures are selected considering specific site requirements, e.g. average air temperature, water availability (to use either dry or wet heat dissipation system), possibility of CHP mode (with hot water generation at ORC condenser).

(2) IN/OUT water temperatures for water cooling.

(3) Including working fluid pump and auxiliaries consumptions. Excluding heat dissipation system and thermal oil circulation consumptions.

(4) Electric efficiency depends on several factors, primarily Heat and Cooling Source Temperatures and thermal media. Our sales specialists will support you to optimise the solutions, evaluating specific heat source features (thermal oil, steam, pressurized water, exhaust gas) and cooling devices (dry/wet water loops, CHP, air condensing).

(5) Assuming a low heating value of biomass = 2.6 kWh/kg and boiler efficiency = 0.80. The thermal oil boiler is not included in the Turboden scope of supply.

(6) Assuming design solar radiation = 800 W/m², design solar collector efficiency = 0.6 and solar multiple = 1.2.

The Solar field is not included in the Turboden scope of supply.

(7) Delivery time is defined at the moment of order considering specific project features (e.g. customer standards) and Turboden production load at the moment of order.

For heat recovery applications direct heat exchange can be available.

DISCLAIMER NOTE: Data provided herein are not binding and might change without prior notice.

Turboden Combined Heat & Power (CHP) Units - Typical Sizes and Performances

	TURBODEN 6 CHP	TURBODEN 7 CHP	TURBODEN 10 CHP	TURBODEN 14 CHP	TURBODEN 18 CHP	TURBODEN 22 CHP	TURBODEN 30 CHP
INPUT - Thermal Oil							
Nominal temperature "HT" loop (in/out)	°C 302/242	302/242	300/240	300/240	300/240	300/240	310/231
Overall thermal power input	KW 3340	3895	5140	6715	9790	12020	17571
Nominal temperature "HT" loop (in/out)	°F 576/468	576/468	572/464	572/464	572/464	572/464	590/448
Overall thermal power input	MMBtu/hr 11.4	13.29	17.54	22.91	33.4	41.01	59.95
OUTPUT - Hot Water							
Hot water temperature (in/out)	°C 60/80	60/80	60/80	60/80	60/90	60/90	65/95
Thermal power to hot water circuit	KW 2664	3117	4081	5313	7834	9601	14499
Hot water temperature (in/out)	°F 140/176	140/176	140/176	140/176	140/194	140/194	149/203
Thermal power to hot water circuit	MMBtu/hr 9.09	10.64	13.92	18.13	26.73	32.76	49.47
PERFORMANCES							
Gross active electric power	KW 643	739	1016	1339	1863	2304	3143
Gross electric efficiency	% 19.3%	19.0%	19.8%	19.9%	19.0%	19.2%	17.9%
Captive power consumption	KW 32	37	48	58	79	97	197
Net active electric power	KW 611	702	968	1281	1784	2207	2946
Net electric efficiency	% 18.3%	18.0%	18.8%	19.1%	18.2%	18.4%	16.8%
Electric generator*	50Hz, 400V Single Skid	50Hz, 400V Single Skid	50Hz, 400V 60Hz, 480V Multiple Skid	50Hz, 400V Multiple Skid	50Hz, 660V 60Hz, 4160V Multiple Skid	50Hz, 660V 60Hz, 4160V Multiple Skid	50Hz, 6KV 60Hz, 4160V Multiple Skid
Plant size	kg/h 1606	1873	2471	3228	4707	5779	8448
Biomass consumption**	Months 9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	11-13
Typical delivery time (EXW)	Months 9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	9-11	11-13

* Induction or synchronous, medium voltage available upon request. If reduction gear is required, electric power is reduced of about 1.5%.

** Assuming a low heating value of biomass = 2.6 kWh/kg and boiler efficiency = 0.80. The thermal oil boiler is not included in the Turboden scope of supply.

DISCLAIMER NOTE: Data provided herein are not binding and might change without prior notice.

Caldera de acero de gran potencia de agua caliente

UNIMAT UT-L
650 kW - 19.200 kW





Guía rápida

Datos técnicos	Unimat UT-L Caldera con y sin recuperador de condensación integrado (ECO 6) Cámara de combustión Conexiones	Página 111-121
Condiciones de funcionamiento		Página 119

Características del producto

Caldera de acero de gran potencia de agua caliente, para quemadores presurizados gas/gasóleo

- ▶ Caldera de acero de tres pasos de humos.
- ▶ Hogar concéntrico con grandes superficies de intercambio a su alrededor.
- ▶ Gracias a la chapa de conducción del agua instalada bajo la conexión de retorno de caldera, se consigue un funcionamiento libre de condensaciones con temperaturas de retorno de hasta 50 °C.
- ▶ Preparada para funcionar con quemadores de gas y gasóleo.
- ▶ Rendimiento: 95% (hasta el 106% con un condensador acoplado a la salida de humos de caldera).
- ▶ Bajas emisiones contaminantes.
- ▶ Terminación exterior en aluminio.
- ▶ Aislamiento mediante lana de vidrio de 100 mm de espesor.
- ▶ Chasis con soportes para facilitar su transporte.
- ▶ Fácil mantenimiento frontal.
- ▶ Gran puerta central que permite el giro a izquierda o derecha.
- ▶ Se suministra la placa perforada del quemador especificando el modelo del mismo.
- ▶ Diferentes opciones de equipamiento.
- ▶ Posibilidad de suministrar la UT-L con recuperador de humos integrado, en acero galvanizado (ECO 7: recuperador de humos, no condensación) o con recuperador en acero inoxidable (ECO 6: para su uso como caldera de condensación).

Condiciones de utilización

- ▶ Presión máxima de servicio: 6 bar (bajo pedido presión de 10 bar y 16 bar).
- ▶ Temperatura máxima (seguridad): 110 °C.

Quemadores

- ▶ Posibilidad de suministrar con quemador presurizado adaptado a las necesidades de su instalación. Consúltenos.

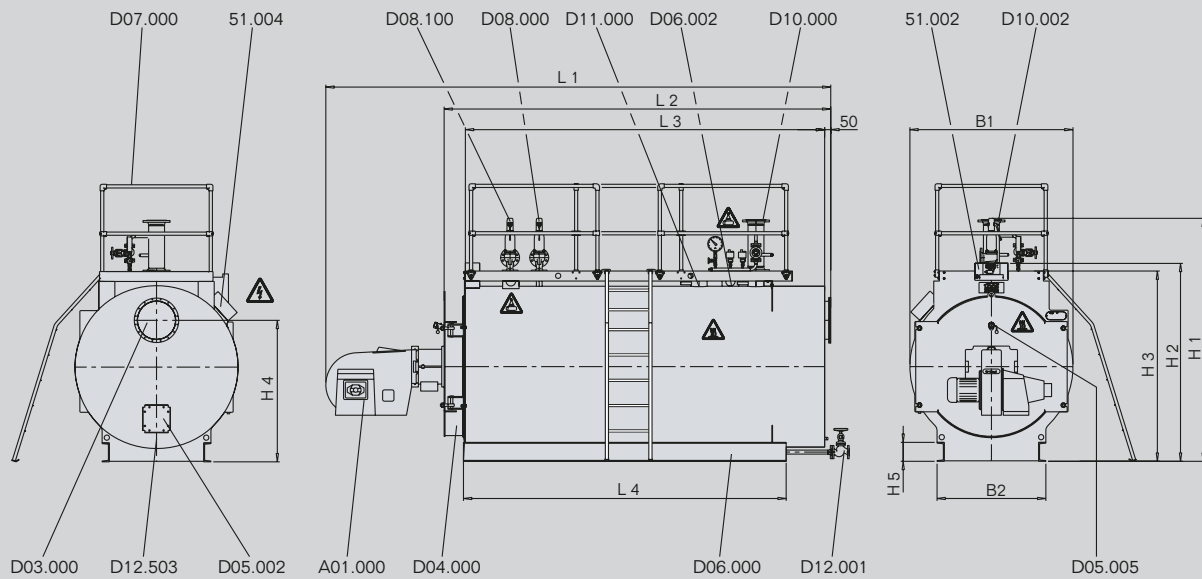


UNIMAT UT-L

Caldera	Tipo	Potencias [kW]	Fondo [mm]	Alto ¹⁾ [mm]	Ancho [mm]
UNIMAT UT-L	UT-L 1	650	2290	2167	1174
	UT-L 2	750	2680	2302	1324
	UT-L 4	1000	2680	2302	1324
	UT-L 6	1000	2950	2402	1424
	UT-L 8	1250	3220	2527	1524
	UT-L 10	1350	2950	2402	1424
	UT-L 12	1500	3675	2657	1574
	UT-L 14	1900	3220	2527	1524
	UT-L 16	2000	3725	2757	1674
	UT-L 18	2500	3675	2657	1574
	UT-L 20	2500	4075	2912	1724
	UT-L 22	3000	4570	3012	1824
	UT-L 24	3050	3725	2757	1674
	UT-L 26	3500	4700	3112	1924
	UT-L 28	3700	4075	2912	1724
	UT-L 30	4200	4570	3012	1824
	UT-L 32	4250	5090	3497	2124
	UT-L 34	5200	4700	3112	1924
	UT-L 36	5250	5320	3727	2274
	UT-L 38	6000	5520	3877	2424
	UT-L 40	6500	5090	3497	2124
	UT-L 42	7700	5320	3727	2274
	UT-L 44	8000	5980	4027	2574
	UT-L 46	9300	5520	3877	2424
	UT-L 48	10000	6315	4177	2724
	UT-L 50	11200	5980	4027	2574
	UT-L 52	12000	7050	4377	2924
	UT-L 54	12600	6315	4177	2724
	UT-L 56	14000	7530	4677	3224
	UT-L 58	14700	7050	4377	2924
	UT-L 60	16400	7530	4677	3224
	UT-L 62	17500	7980	4877	3424
UT-L 64	19200	7980	4877	3424	

1) Altura mínima cuando los elementos adicionales han sido desconectados del equipo para su transporte.

Datos técnicos UNIMAT UT-L



Conexiones

- 51.002** = Conexiones de instrumentación **opcional**
- 51.004** = Caja de bornes **opcional**
- A01.000** = Quemador **opcional**
- D03.000** = Conexión de gases de escape
- D04.000** = Puerta frontal de caldera
- D05.002** = Apertura de inspección del lado de gases
- D05.005** = Mirilla de comprobación de llama
- D06.000** = Base de apoyo
- D06.002** = Cáncamos para el transporte

- D07.000** = Plataforma para mantenimiento **opcional**
- D08.000** = Válvula de seguridad 1 **opcional**
- D08.100** = Válvula de seguridad 2 **opcional**
- D10.000** = Impulsión
- D10.002** = Pieza de impulsión intermedia **opcional**
- D11.000** = Retorno
- D12.001** = Llave de corte **opcional**
- D12.503** = Conexión para drenaje de condensados de los gases de escape