



## Trabajo Fin de Máster

Análisis de la eficiencia energética de un edificio público y la creación de una metodología. Caso de estudio: Residencia geriátrica “Casa Amparo” de Zaragoza

Analysis of the energy efficiency of a public building and the creation of an action protocol. Case study: “Casa Amparo” geriatric residence in Zaragoza

Autor/es

José Iván Marzo Lario

Director/es

Carlos Monne Bailo

Escuela de Ingeniería y arquitectura  
2021

# ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO PÚBLICO Y LA CREACIÓN DE UNA METODOLOGÍA. CASO DE ESTUDIO: RESIDENCIA GERIÁTRICA “CASA AMPARO” DE ZARAGOZA

## **RESUMEN**

Este Trabajo Final de Master surge como respuesta a la necesidad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de energía necesaria para la climatización de los edificios municipales (Ayuntamiento de Zaragoza).

Se ha realizado sobre un edificio en concreto, pero con la idea de crear un patrón que permita aplicarlo al resto de edificios y sus instalaciones de climatización.

El análisis se ha basado en datos de facturación energética y datos registrados por el sistema de gestión de la calefacción y ACS existente en el edificio. Los sistemas de gestión de las instalaciones de calefacción, climatización y ACS son la base donde se apoyará la eficiencia energética de los edificios en pocos años ya que desde el punto de vista constructivo la normativa marca unos niveles de eficiencia energética altos.

Los sistemas de gestión permitirán adelantarnos a las bajas y altas temperaturas. Aprovechar al máximo las energías renovables, freecooling y calor residual de los procesos. En el caso de reformas o sustituciones de equipos de producción permitirán calcular con muchísima precisión los equipos. Así como mejorar las instalaciones, reduciendo sus pérdidas, lo que permitirá conseguir unas instalaciones muy eficientes energéticamente hablando.

## **Agradecimientos:**

Quiero dar las gracias a mi mujer sufridora de mis locuras (ponerme a estudiar un master con 35 años y dos hijos de 2 y 5 años), a mis hijos por saber aguantar esos ratos en los que no les prestaba la atención que necesitaban y a mis padres, hermanos y demás familia que han permitido que la “logística familiar” haya funcionado y he podido realizar este Master.

También a mis compañeros de la Dirección de Arquitectura del Exco. Ayuntamiento de Zaragoza, a mis profesores por todas las enseñanzas y sobre todo a Carlos Monne.

# ÍNDICE

---

Índice .....	1
1 Introducción .....	3
1.1 Objeto.....	3
1.2 Contexto de los edificios municipales (Ayuntamiento de Zaragoza) .....	3
1.3 Instalación de climatización y ACS en la residencia geriátrica municipal “Casa Amparo” de Zaragoza. ....	3
2 Definición de la instalación. ....	4
3 Objetivos .....	8
3.1 Análisis de las calderas y su funcionamiento buscando su máxima eficiencia.....	8
3.2 Análisis de la producción y distribución de ACS.....	8
3.3 Análisis del sistema de gestión de la instalación de calefacción y ACS.....	8
3.4 Creación de una metodología de análisis de las instalaciones de climatización, calefacción y ACS.....	8
4 Metodología .....	9
4.1 Análisis del consumo de energía final para calefacción y ACS.....	9
4.2 Sistema de gestión. Tratamiento de datos. Power Query. ....	13
4.2.1 Prueba sobre el sistema de gestión de la calefacción y ACS.....	15
4.3 Rendimiento térmico de la central de producción de calefacción y ACS. ....	27
4.3.1 Análisis del rendimiento de combustión de las calderas. ....	28
4.3.2 Rendimiento térmico de la central térmica. ....	31
4.4 ACS, producción, distribución. ....	32
4.4.1 Prueba de arrancadas y horas de funcionamiento de las calderas/quemadores.....	32
4.4.2 Producción de ACS con colector o caldera 4.....	33
4.4.3 Intercambiador de placas para producción de ACS. Prueba cambio de placas intercambiador ACS.....	33
4.4.4 Pérdidas por la distribución .....	34
4.5 Equipos externos para el análisis. ....	35
5 Conclusiones.....	36
5.1 Metodología de análisis de la eficiencia energética en edificios municipales.....	36
5.2 Conclusiones sobre el análisis del consumo. ....	36
5.3 Conclusiones sobre el sistema de gestión y tratamiento de datos.....	37
5.4 Conclusiones sobre el rendimiento de la instalación.....	38
5.5 Conclusiones sobre el ACS.....	38
5.6 Equipos necesarios para este tipo de análisis.....	39
6 Propuestas de futuro.....	39
6.1 Mejora del sistema de gestión de la instalación de calefacción y ACS.....	39

6.2 Bomba de calor para producción de ACS en verano, con aprovechamiento del frío.....	40
6.3 Ajuste de la potencia de la caldera para la producción de ACS en verano.....	42
6.4 Reducción de las pérdidas por la recirculación de ACS.....	42
6.5 Metodología de análisis de la eficiencia energética del edificio municipal. ....	43
7 Tabla ilustraciones.....	47
8 Listado tablas.....	48
9 Bibliografía .....	49
10 Anexos .....	50
10.1Anexo I Central Térmica	
10.2Anexo II. Prueba del rendimiento de la combustión	
10.3Anexo III Registros y Tendencias	
10.4Anexo IV Normativa Legionella	

# 1 INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 OBJETO

El objeto de este Trabajo Final de Master es analizar energéticamente un edificio antiguo (Residencia de personas mayores, Casa Amparo de Zaragoza) con unas características arquitectónicas especiales, un alto consumo de gas natural y una baja eficiencia de la instalación de calefacción y ACS.

Se estudiarán los equipos de producción, pero se va tomar especial atención al sistema de gestión de la instalación de calefacción y ACS ya que a corto plazo es el futuro de la eficiencia energética de los edificios y la base para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Con el análisis realizado se establecerá un patrón aplicable al resto de edificios municipales. La eficiencia energética de los edificios, depende mucho de su fecha de construcción y la normativa aplicable en la misma.

Para el tratamiento de los datos, cuyo registro en el sistema de gestión se realizó en este estudio, se ha creado unas hojas Excel basándose en su herramienta Power Query.

Una de las bases de este trabajo es poner la vista en aspectos innovadores, ya que el tema de la eficiencia energética en lo que respecta a aislamientos, cerramientos, equipos más modernos y eficientes es algo que no hay duda que está demostrado su eficacia.

Se propondrán mejoras basándose en los datos trabajados, mejoras que no requieren inversión económica ni obra y mejoras que requieren ambas inversión y obra.

## 1.2 CONTEXTO DE LOS EDIFICIOS MUNICIPALES (AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA)

El Ayuntamiento de Zaragoza dispone de aproximadamente unos 700 edificios en los cuales asume los costes de energía y de mantenimiento. Los edificios son muy diversos desde el punto de vista de superficie, uso o antigüedad.

Las administraciones públicas tienen que reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo a las directivas europeas, para conseguir este objetivo se pueden abordar intervenciones desde la reforma arquitectónica o la de las instalaciones.

Es en el caso de las instalaciones de climatización donde se pueden conseguir importantes ahorros, con el estudio de los datos proporcionados por los sistemas de gestión de climatización (el consumo en climatización está entre un 60 %-75% de energía final de los edificios públicos). Estos ahorros se pueden conseguir con actuaciones a coste 0€, solo con el ajuste de parámetros. Y también los datos ayudan a abordar futuras reformas sabiendo cuáles son las partes más ineficientes de los edificios.

Por lo tanto, crear un patrón de análisis de la eficiencia energética aplicable a la mayoría de edificios, ayudará a abordar las exigencias de reducción de emisiones.

## 1.3 INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y ACS EN LA RESIDENCIA GERIÁTRICA MUNICIPAL “CASA AMPARO” DE ZARAGOZA.

Edificio dispone para calefacción y ACS de una central de producción térmica que consta de 4 calderas de gas natural con quemadores modulantes, y un colector corrido de donde salen 4 circuitos para 4 zonas del edificio (Izquierda, Derecha, Nuevo y Viejo) y un quinto circuito para la producción de ACS desde el colector. La producción de ACS se puede hacer desde el colector como se menciona anteriormente o con una caldera (Caldera 4) dedicada en exclusiva (Ver

*Ilustración 3).* La climatización para el verano no está desarrollada de una forma completa. Muchas zonas no disponen de equipos de frío por la complejidad del edificio y porque los usuarios no tienen unas necesidades altas de frío en sus habitaciones. Para la climatización en modo de frío (verano), el edificio dispone de equipos de expansión directa tipo Split que dan servicio a algunas zonas comunes, pero a ninguna habitación. En el año 2019 comenzó una obra para la instalación de techo refrescante en las habitaciones de la segunda planta que comenzó a funcionar en el verano de 2020. Esta zona dispone de una enfriadora Aire-Agua.

En las propuestas de mejora se va a analizar la posibilidad de producir frío y ACS durante el verano, con el objetivo de poder proporcionar frío a más espacios.

La residencia dispone de 197 habitaciones, actualmente están ocupadas 125 y hay un total de 150 usuarios con distintas necesidades.

## 2 DEFINICIÓN DE LA INSTALACIÓN.

---

La instalación a estudio cuenta con las 4 calderas (*Ver Ilustración 1*) que producen la energía térmica (calor) para satisfacer la demanda de calefacción y ACS.



*Ilustración 1 Calderas*



Ilustración 2 Circuitos calefacción

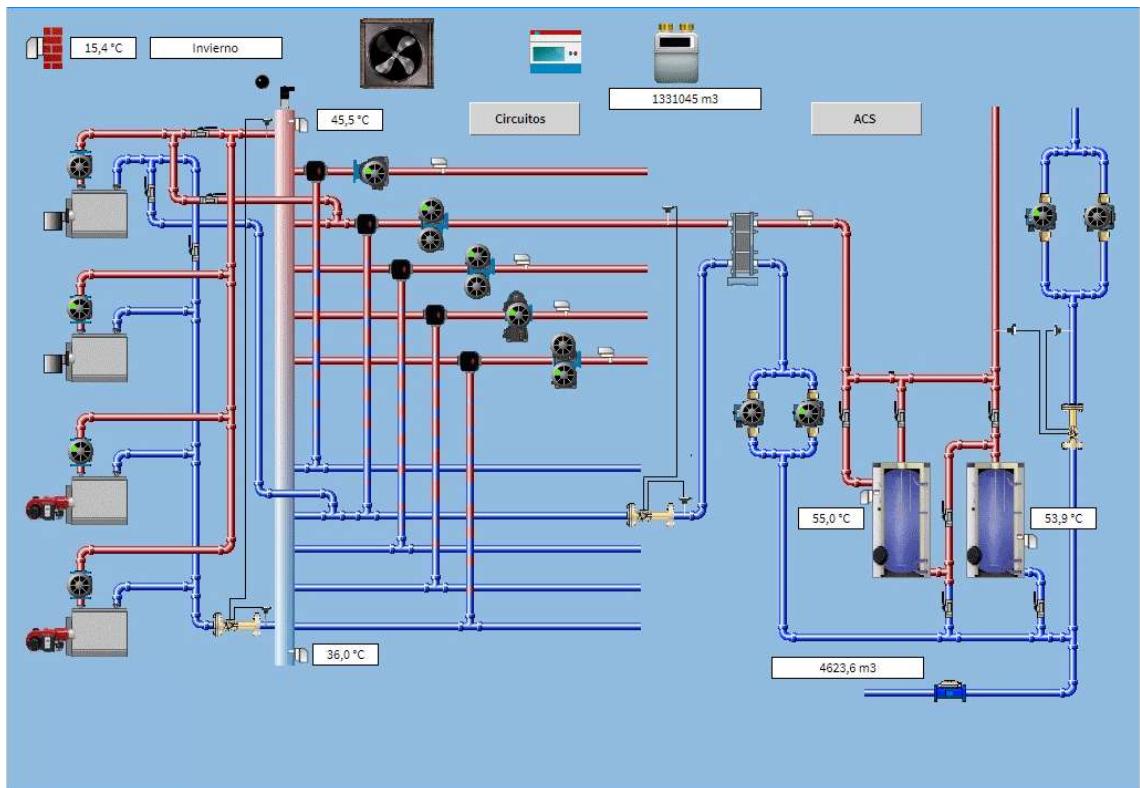


Ilustración 3 Esquema de principio de la central térmica

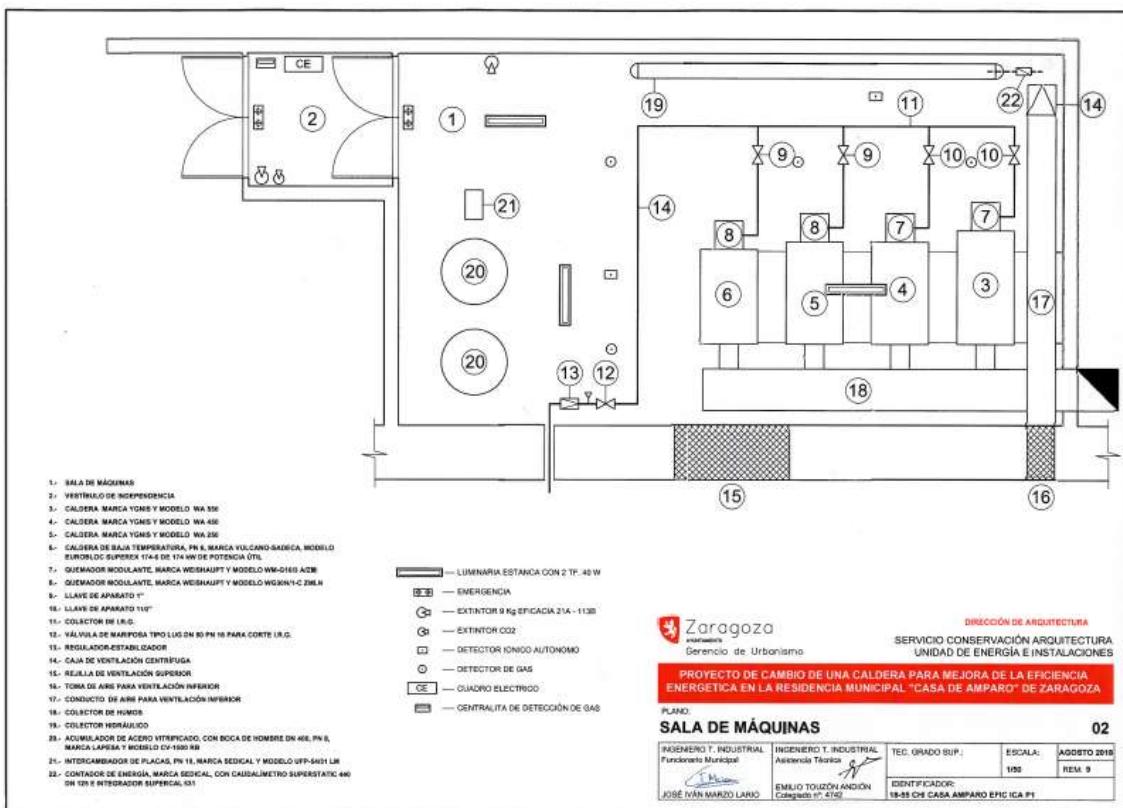


Ilustración 4 Plano sala de calderas

La caldera 1 es una caldera pirotubular Ygnis WA 550 [15] con una potencia térmica de 639,6 kW, fabricada en 1978 y dispone de un quemador modulante Weishaupt (Monarch) WM-G10/3 A/ZM [19]. La capacidad de modulación del quemador va desde 100 kW a 1000 kW, pero está limitado para adaptarse a la potencia de la caldera.

Es la caldera de mayor potencia, en la actualidad está parada por tener una fuga en la parte posterior del cuerpo de la caldera. Se sustituirá durante el verano de 2021.

La caldera 2 es una caldera pirotubular Ygnis WA 450 [15] con una potencia térmica de 523 kW, fabricada en 1985 y dispone de un quemador modulante Weishaupt (Monarch) WM-G10/3 A/ZM [19]. La capacidad de modulación del quemador va desde 100 kW a 1000 kW, ocurre lo mismo que la anterior está limitado a la potencia de caldera.

La caldera 3 es una caldera pirotubular Ygnis WA 250 [15] con una potencia térmica de 290 kW, fabricada en 1985 y dispone de un quemador modulante Weishaupt, modelo WG 30N/1-C ZM-LN [20]. La capacidad de modulación de este quemador va desde 60 kW a 350 kW.

La caldera 4 es una caldera pirotubular Vulcano Sadeca EUROBLOC-SUPEREX 174 [16] con una potencia térmica de 174 kW, fabricada en 2018 y dispone de un quemador modulante Weishaupt, modelo WG 30N/1-C ZM-LN [20]. La capacidad de modulación de este quemador va desde 60 KW a 350 kW.

Las cuatro calderas (cada una de ellas con su correspondiente bomba de caldera) trabajan contra un colector corrido con 4 circuitos para la distribución de calefacción (los elementos terminales son radiadores) y uno para la producción de ACS (Ver Ilustración 2,3 y 4).

Los 4 circuitos tienen la siguiente denominación; comunidad vieja, comunidad nueva, derecha e izquierda. Cada uno de ellos dispone de válvula de 3 vías proporcional mezcladoras (están ubicadas antes de las bombas) y sus correspondientes bombas circuladoras.

La instalación dispone de 3 contadores de energía térmica. Contador de calderas, contador primario ACS y contador retorno ACS. A su vez esta monitorizado mediante pulsos el contador de gas y el de consumo de agua para ACS. Todo lo anterior permitirá controlar los consumos de energía y comprobar rendimientos de calderas.

La producción de ACS (Ver *Ilustración 5*) se puede realizar a través de la caldera 4, dedicada en exclusiva o mediante un circuito hidráulico que va desde el colector. Es decir, en verano se puede dejar solo funcionando la caldera más pequeña para producir ACS y por el contrario en invierno desde el colector producir ACS como si fuera un circuito de calefacción. En este caso el sistema de gestión considera prioritario mantener ACS a la temperatura consignada (60 °C para cumplir con la normativa de legionella).

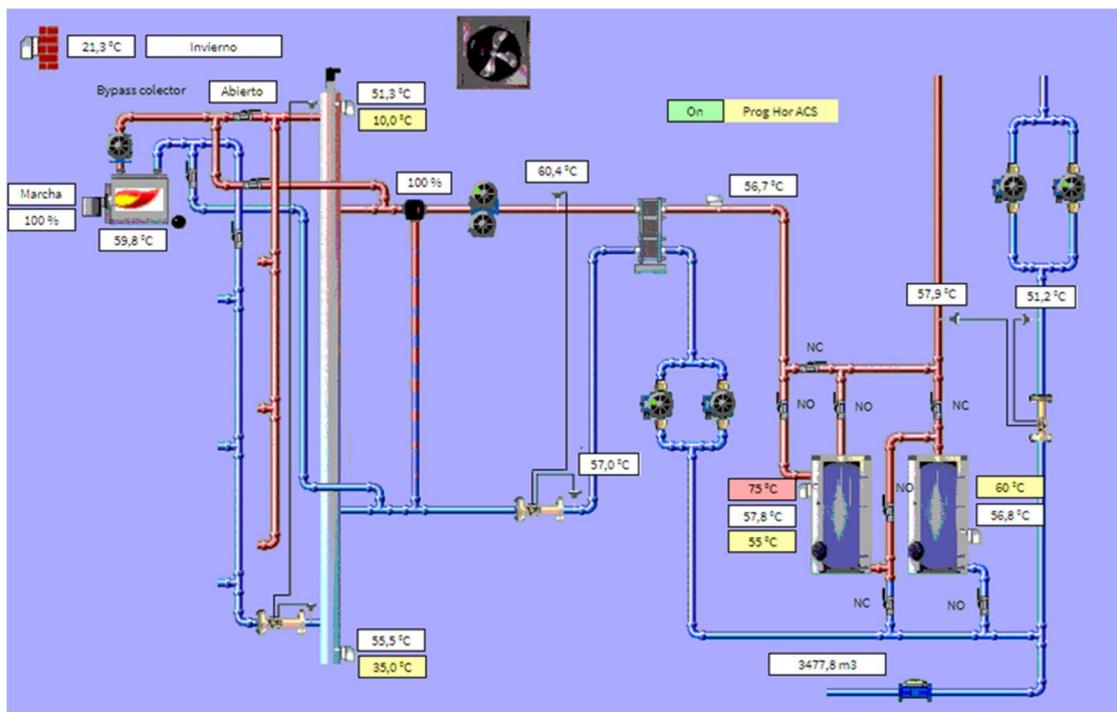


Ilustración 5 Esquema de principio de ACS visto en el sistema de gestión

La instalación de ACS consta de un intercambiador de placas con una potencia de 420 kW. En la parte de primario de la producción de ACS existe una bomba circuladora doble de rotor húmedo destinada a circular el agua entre la caldera o el colector y el primario del intercambiador de placas. Además, el primario dispone de una válvula mezcladora para controlar la temperatura del agua de primario del intercambiador y por lo tanto control de la temperatura de impulsión de ACS. En el secundario hay instalados dos depósitos de acumulación de 1500 litros, dos bombas de carga (bombas circuladoras de rotor seco) y dos bombas de recirculación de ACS.

Como se puede ver en *Ilustración 5* la instalación permite trabajar en instantáneo, con un solo depósito o con dos depósitos de acumulación y de forma combinada instantáneo y acumulación. El objetivo de este tipo de instalación es garantizar el suministro ante casos de averías y facilitar la realización de labores de mantenimiento sin dejar de suministrar ACS. En el Anexo I Central Térmica esta toda la información de la instalación de forma detallada.

### **3 OBJETIVOS**

---

#### **3.1 ANÁLISIS DE LAS CALDERAS Y SU FUNCIONAMIENTO BUSCANDO SU MÁXIMA EFICIENCIA.**

Se analizará la combustión de las calderas, comprobando el rendimiento de combustión a plena carga y a cargas parciales. Se comparará estos rendimientos con los rendimientos térmicos para las mismas cargas. Al mismo tiempo se realiza un análisis de las arrancadas y horas de funcionamiento de las calderas.

Para poder comprobar el rendimiento térmico a cargas parciales o plena carga se tendrá que poner las calderas en manual y fijar su modulación de potencia desde el sistema de gestión.

#### **3.2 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ACS.**

Se analizará el consumo de agua caliente sanitaria del edificio, la cantidad de energía primaria necesaria para producirla, la eficiencia del sistema de producción de ACS y las perdidas en distribución de ACS. También se analizará la caldera 4 y su dimensionamiento de acuerdo a la demanda de ACS edificio.

#### **3.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS.**

Se analizará el sistema de gestión, se comprobará si el sistema de gestión controla de forma adecuada la central de producción cuando el sistema produce calefacción y el ACS desde el colector o de forma independiente. Estos sistemas de gestión de las instalaciones de climatización, calefacción y producción de ACS son unos de los pilares donde se va apoyar la eficiencia energética de los edificios en el futuro. Una vez que los edificios han sido construidos o reformados de acuerdo a normativas actuales la eficiencia energética solo se conseguirá a través de ellos. Haciendo que las centrales de producción se ajusten al máximo al edificio para el cual prestan servicio. Las actuaciones en los sistemas de gestión no suelen conllevar coste, pero sí que requieren de análisis de muchos datos para comprobar cuáles son los parámetros que al modificarlos consiguen el mayor ahorro energético.

#### **3.4 CREACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN, CALEFACCIÓN Y ACS.**

El Ayuntamiento de Zaragoza dispone aproximadamente de 700 edificios, de estos el ayuntamiento asume los costes de las labores de mantenimiento y de la energía consumida. Teniendo en cuenta lo anterior se realizará una metodología de análisis de la eficiencia energética de los sistemas de climatización, calefacción y ACS. Esta metodología será aplicable a la gran mayoría de los edificios municipales independientemente de las características de sus centrales de producción y estará basado sobre todo en los datos proporcionados por las facturas, contadores y registros de los sistemas de gestión de la climatización, calefacción y ACS.

El punto de partida va a ser este edificio solo con calderas, pero la pretensión es que sirva para centrales de producción con bombas de calor Agua-Agua y Aire-Agua. La eficiencia energética en la climatización es conseguir una energía térmica (que permita alcanzar el confort térmico de los usuarios) consumiendo la menor energía fina (gas, gasoil, electricidad).

Esta metodología permitirá que en el futuro otros estudiantes pueden seguir desarrollando y analizando otros edificios municipales con el objetivo de reducir los consumos de energía.

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL PARA CALEFACCIÓN Y ACS

La energía final (CTE. *Guía de aplicación DBHE 2019 en el punto 4 Conceptos de interés*) [1] para calefacción y ACS en este edificio es el gas natural. Para realización de un buen análisis de la eficiencia energética de un edificio lo primero es analizar la energía consumida, con la recolección y análisis de facturas.

El suministro de gas natural a este edificio se realiza a una presión de 0.150 bar.

El sistema de gestión de la calefacción y ACS registra los m<sup>3</sup> de gas natural consumidos.

Para poder transformar los m<sup>3</sup> de gas natural a kWh consumidos hay que tener en cuenta el factor de conversión que aparece en la factura. Es un valor que fluctúa en el tiempo, dependiendo de las condiciones del gas natural y de suministro. El gas natural no es suministrado en condiciones normales, por eso hay que corregirlo a las condiciones de suministro.

#### Actuaciones realizadas en el control de la energía consumida en calefacción y ACS:

1. Recabar todas las facturas de gas natural desde enero 2019 hasta octubre 2020. Se compararon los datos que aparecían en las facturas con los datos de m<sup>3</sup> de gas natural que registra el sistema de gestión. En un principio se pensó que había un error en la facturación, pero una vez revisadas todas las facturas se comprobó que el posible error se debía a unas lecturas estimadas (realizadas por la comercializadora). Se ha utilizado también el software SIARQ (Ver Ilustración 6). Este software es utilizado en el Área de Arquitectura del Ayuntamiento de Zaragoza para el control de las acciones de mantenimiento y suministros de energía. Se ha realizado una hoja dentro de la Excel Análisis eficiencia de las calderas Casa Amparo donde se comprueba los cálculos de las facturas analizadas (Ver Ilustración 7).

Año	Mes	Desde	Hasta	Lectura anterior	Lectura actual	Consumo	Factor conversión	kWh	€/kWh	Peaje	Alquiler	Otros conceptos	IVA (€)	Importe total (€)	Nº factura	Indicador pago
2020	MAYO	29/04/2020	26/05/2020			157135	0.2719	80.97	40.83	0		1285.55	7407.24	ES0208330025666003HQ2904202026052020	P120142000212672	
2020	MARZO	27/02/2020	28/04/2020			401639	0.6919	161.94	81.66	0		3337.19	19228.58	ES0208330025666003HQ2702202028042020	P120142000166749	
2020	ENERO	25/12/2019	26/02/2020			684678	0.4623	161.94	81.66	0		5705.27	32873.2	ES0208330025666003HQ2512201926022020	P120142000095640	
2020	ENERO	25/12/2019	26/02/2020			0	0	0	0	0		59.35	341.95	ES0208330025666003HQ2512201926022020	P120142000024901	
2019	DICIEMBRE	29/11/2019	24/12/2019			218016	0.8052	80.97	40.83	0		1870.1	10775.33		P120142000022650	
2019	NOVIEMBRE	30/10/2019	28/11/2019			220274	0.6731	80.97	40.83	0		1889.2	10885.4		P11914200043147	
2019	OCTUBRE	28/09/2019	29/10/2019			64810	0.9275	80.97	40.83	0		573.75	3305.91	ES0208330025666003HQ2809201929102019	P119142000401433	
2019	SEPTIEMBRE	31/08/2019	27/09/2019			26281	1.313	80.97	40.83	0		247.28	1424.79	ES0208330025666003HQ3108201927092019	P119142000362937	
2019	AGOSTO	31/07/2019	30/08/2019			26281	1.0707	80.97	40.83	0		247.28	1424.79	ES0208330025666003HQ3107201930082019	P119142000330096	
2019	JULIO	25/06/2019	30/07/2019			30501	1.488	80.97	40.83	0		282.42	1627.27	ES0208330025666003HQ2506201930072019	P119142000292999	
2019	JUNIO	28/05/2019	24/06/2019			35330	1.509	80.97	40.83	0		320.44	1846.36	ES0208330025666003HQ2805201924062019	P119142000256346	
2019	ABRIL	28/03/2019	27/05/2019			335690	0.337	161.94	81.66	0		2861.36	16486.88	ES0208330025666003HQ2803201927052019	P119142000219117	
2019	MARZO	28/02/2019	27/03/2019			232192	0.8639	80.97	40.83	0		2033.97	11719.53	ES0208330025666003HQ2802201927032019	P119142000143221	
2019	FEBRERO	29/01/2019	27/02/2019			326192	0.7044	80.97	40.83	0		2847.04	16404.36	ES0208330025666003HQ2901201927022019	P119142000104567	
2019	ENERO	28/12/2018	28/01/2019			415428	0.6826	80.97	40.83	0		3622.48	20872.37	ES0208330025666003HQ2811201828012019	P119142000065275	
2018	DICIEMBRE	28/11/2018	27/12/2018			278488	0.68	80.97	40.83	0		2453.59	14137.37	ES0208330025666003HQ2811201827122018	P119142000027618	
2018	NOVIEMBRE	31/10/2018	27/11/2018			204730	0.849	80.97	40.83	0		1810.53	10432.11	ES0208330025666003HQ3110201827112018	P118142000562290	
2018	OCTUBRE	27/09/2018	30/10/2018			105695	0.6081	80.97	40.83	0		942.54	5430.82	ES0208330025666003HQ2709201830102018	P118142000522882	
2018	SEPTIEMBRE	30/08/2018	26/09/2018			45248	0.97	80.97	40.83	0		403.52	2325.06	ES0208330025666003HQ3008201826092018	P118142000475298	
2018	AGOSTO	28/07/2018	29/08/2018			33645	1.7723	80.97	40.83	0		306.61	1766.64	ES0208330025666003HQ2807201829082018	P118142000430497	

Ilustración 6 Imagen software SIARQ

Mes factura	Periodo	Energía kWh	Lectura Anterior	Lectura Actual	Consumo m3	Factor de conversión	Energía kWh calculada	Consumo m3 calculado
ene-19	27/11/2018-27/12/2018	278488,00	893530,00	915661,00	22131,00	12,583613	278497,9393	22131,00
feb-19	28/12/2018-28/1/2019	415428,00	915661,00	948959,00	32934,00	12,613945	415427,6646	32934,00
mar-19	29/1/2019-27/2/2019	326192,00	948959,00	974428,00	25833,00	12,626945	326191,8702	25833,00
abr-19	28/2/2019-27/3/2019	232192,00	974428,00	992782,00	18354,00	12,650777	232192,3611	18354,00
may-19	28/3/2019-29/4/2019	231616,00	992782,00	1011185,00	18403,00	12,585779	231616,0909	18403,00
jun-19	30/4/2019-27/5/2019	104074,00	1011185,00	1019482,00	8297,00	12,543531	104073,6767	8297,00
jul-19	28/5/2019-24/6/2019	35330,00	1019482,00	1022294,00	2812,00	12,564113	35330,28576	2812,00
ago-19	25/6/2019-30/7/2019	30501,00	1022294,00	1024717,00	2423,00	12,587946	30500,69316	2423,00
sep-19	31/7/2019-30/8/2019	26281,00	1024717,00	1026803,00	2086,00	12,598779	26281,05299	2086,00
oct-19	31/8/2019-27/9/2019	26281,00	1026803,00	1028876,00	2073,00	12,677860	26281,20378	2073,00
nov-19	28/9/2019-29/10/2019	64810,00	1028876,00	1034006,00	5130,00	12,633445	64809,57285	5130,00
dic-19	30/10/2019-28/11/2019	220274,00	1034006,00	1051406,00	17400,00	12,659444	220274,3256	17400,00
ene-20	29/11/2019-24/12/2019	218016,00	1051406,00	1068635,00	17229,00	12,654027	218016,2312	17229,00
feb-20	25/12/2019-30/1/2020	467727,00	1068635,00	1105604,00	36969,00	12,651861	467726,6493	36969,00
mar-20	30/1/2020-26/2/2020	216951,00	1105604,00	1122827,00	17223,00	12,596612	216951,4485	17223,00
abr-20	27/2/2020-30/3/2020	206193,00	1122827,00	1138961,00	16224,00	12,647528	206193,4943	16224,00
may-20	31/3/2020-28/4/2020	196446,00	1138951,00	1154610,00	15559,00	12,625862	196445,7869	15559,00
jun-20	29/4/2020-26/5/2020	157135,00	1154610,00	1167108,00	12498,00	12,572780	157134,6044	12498,00
jul-20	27/5/2020-26/6/2020	36669,00	1167108,00	1170017,00	2909,00	12,605279	36668,75661	2909,00
ago-20	27/6/2020-30/7/2020	34252,00	1170017,00	1172724,00	2707,00	12,652944	34251,51941	2707,00
sep-20	31/7/2020-25/8/2020	27994,00	1172724,00	1174950,00	2226,00	12,576030	27994,24278	2226,00
oct-20	26/8/2020-28/09/2020	43803,00	1174950,00	1178419,00	3469,00	12,626945	43802,87221	3469,00
nov-20	29/09/2020-30/09/2020	125696,00	1178419,00	1188401,00	9982,00	12,592279	125696,129	9982,00
dic-20	29/10/2020-26/11/2020	201661,00	1188401,00	1204446,00	16045,00	12,568447	201660,7321	16045,00
ene-21	27/11/2020-29/12/2020	347004,00	1204446,00	1231965,00	25519,00	12,609120	346990,3733	27519,00

Ilustración 7 Excel Análisis eficiencia de las calderas Casa Amparo

2. Analizar la normativa en la cual se establece el criterio para establecer el factor de conversión de m<sup>3</sup> de gas natural a kWh de energía. Ver ilustración 8

SUMINISTRO EN:	Naturgy					
	EAZ CASA AMPARO, PS	CONTRATO	TARIFA ACCESO			
PSO ECHEGARAY Y CABALLERO 0035 ZARAGOZA						
Código CUPS: ES0208330025666003HQ						
FACTURA N°	PI19142000143221	CONTRATO	3.4			
PARÁMETROS DE GAS NATURAL		PERÍODO	P1: 28.02.2019 - 27.03.2019	PCS	11,678 kWh/m <sup>3</sup> (n)	DENSIDAD
					0,7845 kg/m <sup>3</sup> (n)	NITRÓGENO
					0,8708 %	CO2
REF. EQUIPO	31300022	PERÍODO				
Modelo	Contador					
Fecha lectura inicial	28.02.2019					
Fecha lectura final	27.03.2019					
Lectura inicial	Cr					
Lectura final	Cr					
Lectura inicial	Cn	974.428				
Lectura final	Cn	992.782				
Tipo lectura	Real					
Consumo	m <sup>3</sup>	18.354,00				
F. Conversión Aparato		1,00				
Factor Conversión		12,650777				
P. Atmosférica	bar	0,98781				
	kp/cm <sup>2</sup>	—				
Presión	bar	0,1500				

Ilustración 8 Imagen Factura Naturgy

La normativa aplicable es el *Real Decreto 949/2001, de 3 de agosto, por el que se regula el acceso de terceros a las instalaciones gasistas y se establece un sistema económico integrado del sector de gas natural* [3].

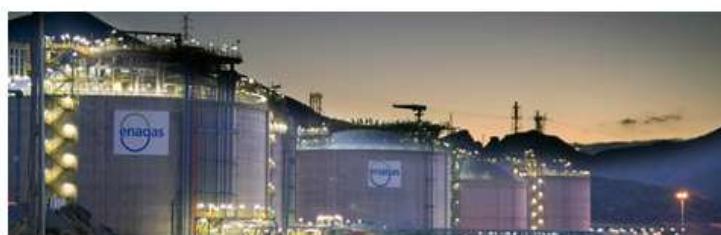
En esta norma y posteriores reformas establecen una serie de fórmulas para calcular el factor de conversión final, teniendo en cuenta el volumen, presión, temperatura y densidad del gas natural.

También establece que los factores de conversión serán públicos, dependerán de la presión de suministro, de la ciudad, etc. Esto se puede encontrar en la página de Enagás (Enagas, 2021) [4] Ver ilustración 9

<a href="#">Gestor técnico del sistema</a>
<a href="#">Información General del Sistema Gasista</a>
<a href="#">Habilitación y acceso al sistema gasista</a>
<a href="#">Contratación de Capacidad</a>
<a href="#">Capacidades e Infraestructuras del Sistema</a>
<a href="#">Garantías</a>
<a href="#">Planificación del Sistema Gasista</a>
<a href="#">Demanda de gas natural</a>
<a href="#">Gases renovables</a>
<b>Calidad del gas</b>
<a href="#">Calidad de Gas por Municipio</a>
<a href="#">Consultas del factor de conversión de facturación</a>
<a href="#">Parámetros Semestrales de Calidad de Gas</a>
<a href="#">Calidad de Gas por Municipios-Históricos</a>
<a href="#">Otra Información de Calidad</a>
<a href="#">Operación y Programación del Sistema Gasista</a>
<a href="#">Reportos y Balances</a>
<a href="#">Mercados</a>
<a href="#">Atención al Cliente</a>
<a href="#">Facturación de Servicios ATR</a>
<a href="#">Liquidación desbalances PVB-TVB-AVB</a>
<a href="#">Consultas Públicas del GTS</a>
<a href="#">Sistema SL-ATR</a>

## Calidad del gas

### Consultas del factor de conversión de facturación



Con esta aplicación, puedes consultar el factor de conversión aplicable a la factura.

Para ello, selecciona el municipio, el tipo de lectura (mensual o bimestral), la fecha del último día del periodo de facturación que aparece en la factura y la presión que tienes en tu instalación o domicilio. En caso de duda sobre la identificación del distribuidor que aparece en los municipios suministrados por más de un distribuidor o sobre la presión de la instalación, deberá ponerse en contacto con el comercializador con el que tiene contrato. Podrás ver el resultado en la parte inferior de la página.

Según resolución de 15 de febrero de 2019, de la Dirección General de Política Energética y Minas, las presiones estándar para las que se calculan los factores de corrección son de 20 mbar, 22 mbar, 50 mbar, 55 mbar, 100 mbar y 150 mbar.

Los valores de PCS, PCI y factor de conversión están expresados bajo las siguientes condiciones de referencia: [PCS y PCI a 0°C; V(0°C : 1.01325 bar)].

Según el anexo J de la norma ISO 6976, el factor aplicable para convertir el PCS de 0°C a 25°C debería ser 1/1,0026.

Para el caso de municipios suministrados a través de plantas satélites conectadas a la red de distribución, el PCS para el periodo de facturación deberá ser facilitado por la empresa con la que se tiene contratado el suministro. A partir del citado PCS y del Factor de Corrección publicado en esta WEB, se obtiene el Factor de Conversión para la facturación.

Municipio	<input type="text"/>
Tipo de lectura	<input type="text" value="Bimestral"/>
Fecha de lectura	<input type="text"/>
Presión (mbar)	<input type="text" value="Selección una presión"/>
<input type="button" value="Calcular"/>	

Ilustración 9 Factor de Conversión para un día concreto antes de seleccionar municipio y presión

En nuestro caso, por ejemplo, el 19/10/2020 (Ver Ilustración 10)

Municipio	<input type="text" value="Zaragoza - Área Metropolitana (Zaragoza)"/>
Tipo de lectura	<input type="text" value="Mensual"/>
Fecha de lectura	<input type="text" value="19/10/2020"/>
Presión (mbar)	<input type="text" value="150"/>
<input type="button" value="Calcular"/>	
<b>Valor medio del factor de conversión 12,610 kWh/m3</b>	

Ilustración 10 Factor de Conversión para un día concreto.

Se puede comprobar día a día este factor de conversión del suministro analizado, la Excel descargada tiene estos datos (Ver Ilustración 11).

**PCS POR MUNICIPIO**  
**Zaragoza - Área Metropolitana**

Fecha	PCS diario	PCS mensual	PCS bimestral	PCI	Densidad relativa	Nz	CO <sub>2</sub>	Presión	Factor de corrección (Fc)	Factor de conversión (Fc')
01-agosto-2020	11,704	11,688	11,647	10,545	0,5981	0,3717	0,2225	150	1,0833	12,679
02-agosto-2020	11,602	11,691	11,649	10,451	0,5988	0,6142	0,4707	150	1,0833	12,568
03-agosto-2020	11,638	11,694	11,649	10,483	0,5932	0,3669	0,1619	150	1,0833	12,607
04-agosto-2020	11,562	11,697	11,647	10,415	0,5983	0,6563	0,5594	150	1,0833	12,525
05-agosto-2020	11,543	11,698	11,645	10,398	0,6009	0,8013	0,6902	150	1,0833	12,505
06-agosto-2020	11,540	11,699	11,646	10,394	0,5958	0,6560	0,4858	150	1,0833	12,501
07-agosto-2020	11,495	11,695	11,645	10,353	0,5974	0,7330	0,6919	150	1,0833	12,453
08-agosto-2020	11,497	11,694	11,644	10,354	0,5944	0,6440	0,5613	150	1,0833	12,455
09-agosto-2020	11,561	11,692	11,643	10,413	0,5948	0,5364	0,4258	150	1,0833	12,524
10-agosto-2020	11,558	11,678	11,640	10,411	0,5964	0,5855	0,5010	150	1,0833	12,521
11-agosto-2020	11,566	11,673	11,639	10,417	0,5945	0,5278	0,3934	150	1,0833	12,529
12-agosto-2020	11,551	11,662	11,639	10,404	0,5941	0,5615	0,4014	150	1,0833	12,513
13-agosto-2020	11,558	11,655	11,638	10,410	0,5960	0,6466	0,4365	150	1,0833	12,521
14-agosto-2020	11,534	11,647	11,637	10,387	0,5921	0,5579	0,3379	150	1,0833	12,495
15-agosto-2020	11,537	11,635	11,636	10,390	0,5924	0,5498	0,3498	150	1,0833	12,498

Ilustración 11 Imagen EXCEL descargada de Web ENAGAS

El factor de conversión es importante a la hora de calcular los rendimientos de las calderas ya que si no se actualizan estos datos del factor de conversión puede llevar a errores. Se considera el PCS (poder calorífico superior, definición del PCS en la *Web Enagás según UNE-EN ISO 6976*) [7].

Este análisis de la energía final consumida permite determinar que el edificio es uno de los 10 mayores consumidores de gas natural del Ayuntamiento de Zaragoza.

Los consumos de gas de los últimos años y su proporción con respecto a m<sup>2</sup> aparecen en *Tabla 1*. Los consumos medios de energía final se han ido reduciendo en los últimos años *Tabla 2*.

Año	Consumo kWh gas	Consumo por m <sup>2</sup>
2014	1.921.293,00	148,71
2015	2.479.306,00	191,91
2016	1.854.522,00	143,55
2017	2.558.972,00	198,07
2018	1.826.983,00	141,41
2019	1.930.995,00	149,46
2020	2.060.531,00	159,49

Tabla 1 Tabla consumos energía final globales y por m<sup>2</sup>

	Consumo medio hasta
2018	2.203.523,25
2019	2.128.215,20
2020	2.095.345,17
2021	2.090.371,71

Tabla 2 Consumos medios energía final

Para seguir con el análisis se ha descargado la Excel de gas pormenorizado (Siarq, *Ilustración 32*) y sus datos son distintos a los obtenidos en las facturas, pero si son iguales los registrados

por el sistema de gestión y los de facturas. La discrepancia estaba en que el programa Siarq había incluido todo el consumo de enero de 2021 en el mes de diciembre, por el dato de fecha de factura. *Ilustración 12.*

Mes	kWh	Coste Energía	Peajes	Alquiler	Otros	Impc
ENERO	684.678	25.604,76 €	80,97 €	40,83 €	0,00 €	33.215

Mes	Consumo (kWh)
MARZO	401.639
MAYO	157.135
SEPTIEMBRE	43.803
OCTUBRE	125.696
NOVIEMBRE	201.661
DICIEMBRE	693.084
	2.307.696

	Consumo (kWh)
	800.000

	Consumo (kWh)
	969.736

Ilustración 12 Imágenes discrepancia factura y Excel Siarq gas pormenorizado

#### 4.2 SISTEMA DE GESTIÓN. TRATAMIENTO DE DATOS. POWER QUERY.

La instalación térmica se controla mediante un sistema de gestión de acuerdo a unos parámetros, horarios y consignas establecidas.

El sistema de gestión es uno de los elementos más importantes para conseguir una buena eficiencia energética en instalaciones de climatización.

El sistema de gestión está compuesto de un autómata (*Sedical, 2021*) (*Honeywell*) [5], con una regulación realizada por técnicos de Sedical. El software utilizado para la visualización, el registro de datos, los ajustes de horarios y los ajustes de consignas es *Arena Honeywell. Manual, 2021* [8] instalado en el servidor municipal. El acceso a este programa es por parte STM del Servicio de Conservación de Arquitectura del Ayuntamiento de Zaragoza. Desde el 30 de octubre de 2020 también por parte de los oficiales de mantenimiento del edificio.

El sistema dispone de aproximadamente 230 puntos. Se denomina puntos, por ejemplo, a consignas, valores de temperatura, porcentajes de apertura de válvula, datos de energía, modulación de las calderas, horarios, averías, etc.

De todos estos puntos se han considerado 43 como los más importantes para realizar el análisis de eficiencia energética. Un total de 969.736 valores registrados. *Tabla 3*

Los registrados son parámetros de temperaturas, energía, caudales, modulación calderas y v3v, pulsos de agua y gas y el estado de las bombas de primario y secundario de ACS.

Tabla de variables registradas		
Nombre	Días de descarga de datos	Cantidad de datos
Energía contador térmico calderas		1020
Caudal contador térmico calderas		18688
Temperatura ida contador térmico calderas		18691
Temperatura retorno contador térmico calderas		18691
Energía contador térmico primario ACS		2325
Caudal contador térmico primario ACS		18688
Temperatura ida contador térmico primario ACS		22701
Temperatura retorno contador térmico primario ACS		29096
Energía contador térmico retorno ACS		2405
Caudal contador térmico retorno ACS		18686
Temperatura ida contador térmico retorno ACS		33392
Temperatura retorno contador térmico retorno ACS		15153
Pulsos consumo agua ( ACS)		12422
Contador consumo agua ( ACS)		2129
Pulsos consumo gas		46209
Contador de consumo energía electrica cuarto calderas		18686
Estado bomba 1 primario ACS		5747
Estado bomba 2 primario ACS		5896
Estado bomba 1 secundario ACS ( bomba de carga)		5066
Estado bomba 2 secundario ACS ( bomba de carga)		16815
Modulación potencia caldera 1		305
Modulación potencia caldera 2		72446
Modulación potencia caldera 3		51306
Modulación potencia caldera 4		32055
Temperatura caldera 1		18690
Temperatura caldera 2		18692
Temperatura caldera 3		18691
Temperatura caldera 4		18691
Temperatura exterior		18691
Temperatura ida colector		18691
Temperatura retorno colector		18689
Temperatura ida circuito derecha		18691
Temperatura ida circuito izquierda		18691
Temperatura ida circuito nuevo		18691
Temperatura ida circuito viejo		18691
Temperatura inferior depositos ACS		18701
Temperatura superior depositos ACS		20166
Temperatura regulación ACS		18690
Porcentaje Apertura Válvula 3 vías circuito derecha		49690
Porcentaje Apertura Válvula 3 vías circuito izquierda		49732
Porcentaje Apertura Válvula 3 vías circuito nuevo		49750
Porcentaje Apertura Válvula 3 vías circuito viejo		49643
Porcentaje Apertura Válvula 3 vías reguladora ACS		39147
<b>Total valores registrados</b>		<b>969736</b>

Tabla 3 Variables registradas

El registro de estos datos se realiza mediante la creación de históricos de parámetros, estos históricos hay que definirlos desde el punto de vista del registro que se producirá por cambio

de valor o por tiempo. Es decir, el valor quedara registrado cada vez que cambie de valor, en este caso cuando por ejemplo la modulación de la caldera 2 cambia en 0.5 se registra el valor. Y también se registran parámetros cada 15 minutos (durante ese periodo de tiempo el programa hace la media de los valores que ocurren durante el intervalo de tiempo).

Como criterio general se ha establecido un criterio por tiempo de 15 minutos para temperaturas y caudales. Y para energías, porcentajes de apertura y modulación de calderas el de cambio de valor. También se han hecho algunas excepciones para poder hacer cálculos, ya que si se registra temperaturas por intervalo de tiempo y caudal por cambio de valor los cálculos se dificultan.

El registro de una forma u otra tiene sus pros y sus contras, que hay que tener en cuenta cuando se realiza el análisis de los datos. El registro cada 15 minutos hace una media de esos 15 minutos y se pueden perder cambios de valor. Por ejemplo, un contador de agua fría o de energía térmica si se registra por intervalo de tiempo impide ver con precisión durante esos 15 minutos cuando se han consumido agua o energía. El sistema permite incluso registrar hasta cada minuto, pero en este caso en concreto ocurre un problema con el sistema de gestión del edificio, el cual tiene un límite de registros. Por ejemplo, se han limitado las tendencias a 2500 registros, lo que provoca que determinados parámetros llenen los 2500 registros en 48 horas. Si se registra por cambio de valor se pierde la cantidad de tiempo que permanece el parámetro en un valor de forma constante, es en este caso donde determinados parámetros cumplen los 2500 registros en menos de 48 horas.

En el **Anexo III Registros y tendencias** se pueden ver cada uno de los parámetros registrados y analizados.

**4.2.1 Prueba sobre el sistema de gestión de la calefacción y ACS**  
El sistema de gestión que controla la calefacción y el ACS estaba funcionando desde su instalación sin ninguna modificación.

Se ha comprobado por un lado el algoritmo interno (sistema de gestión) por el cual determina una temperatura ambiente calculada, no medida, para los espacios que dependen de cada uno de los circuitos. Para ello se han instalado dataloggers en varios espacios para comprobar la temperatura si es similar a la que utiliza de forma virtual el sistema de gestión.

El sistema de gestión marca una temperatura de consigna ambiente y a su vez con este dato determina temperatura de consigna de impulsión, la cual se consigue a través de la modulación de la válvula de 3 vías.

Se ha comprobado como hace la secuencia de funcionamiento de las calderas. El sistema de gestión con su lógica actual de funcionamiento no ajusta las calderas correctamente a la demanda de la instalación. Si se dejan las 4 calderas activas pueden estar continuamente haciendo arrancadas y su modulación es decir su porcentaje de potencia lo mismo (Ver Ilustración 13). Toda esta información nos permite proponer una modificación del control en cascada de las calderas para la mayor eficiencia de la instalación.

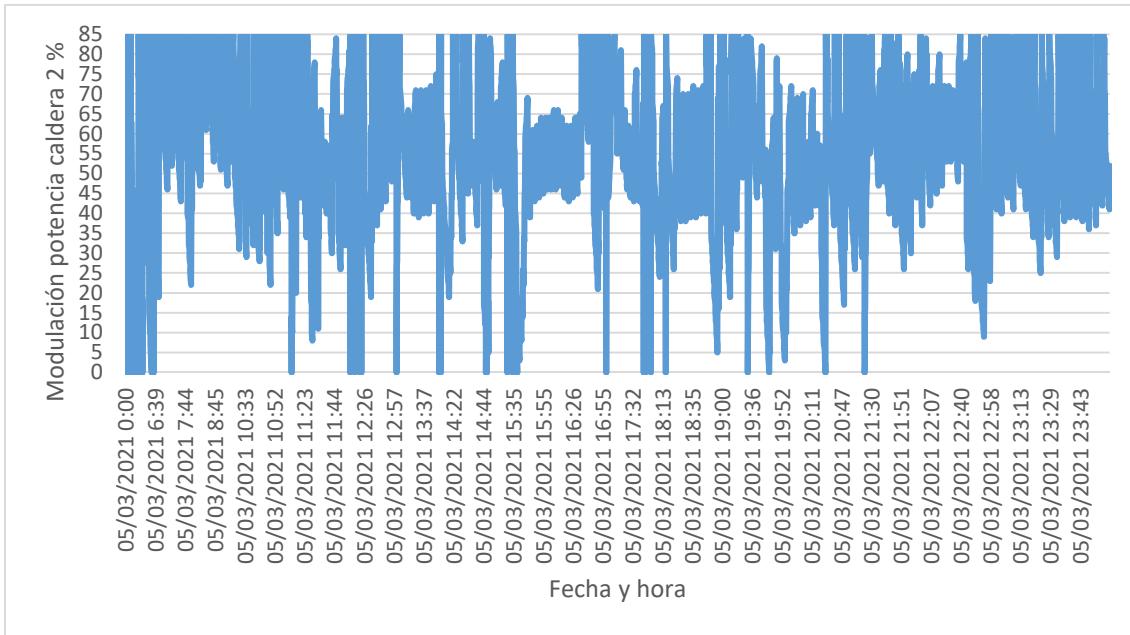


Ilustración 13 Gráfica modulación caldera 2 el 5/3/2021

En las válvulas de tres vías de los circuitos de calefacción, también se han registrado sus porcentajes y pueden llegar a hacer más de 5000 registros en 2 días. Situación similar a la modulación de las calderas, esto provoca que el sistema se comporte de una forma inestable (Ver Ilustración 14).

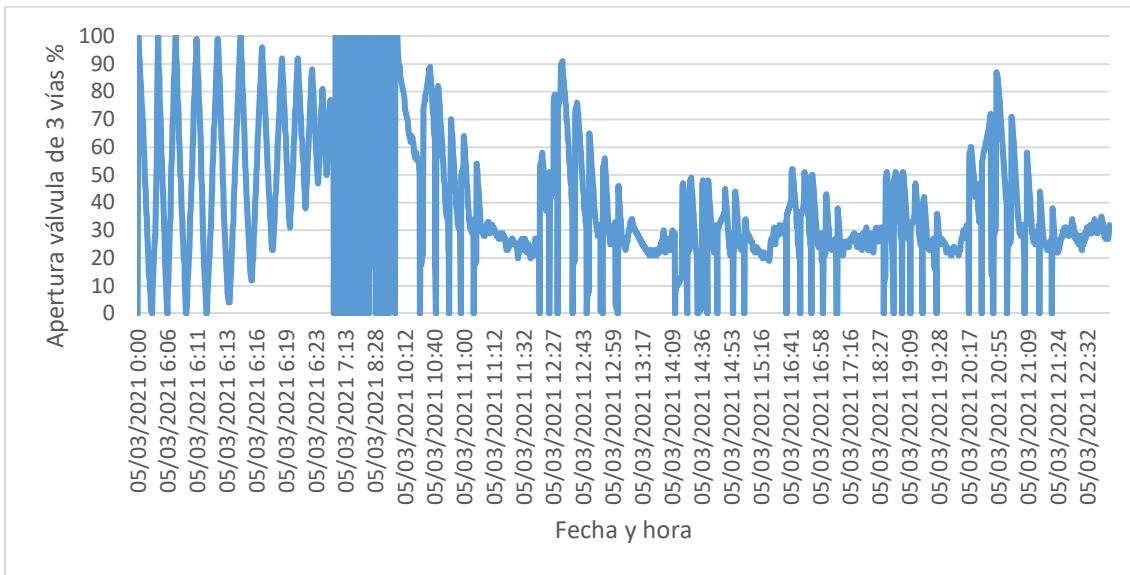


Ilustración 14 Porcentaje de modulación V3V circuito izquierda en 04/03/2021

Se han comprobado los datos que utiliza el sistema de gestión, con el objetivo de comprobar si son suficientes para realizar un análisis de la eficiencia energética de la instalación y comprobar su correcto funcionamiento.

Esto va a permitir determinar los datos a añadir (medir y registrar) y como registrarlos (por tiempo, es decir cada 15 min o registrarlos por cambio de valor) y la cantidad de valores que puede registrar. Lo cual nos permitirá establecer un patrón para futuras implantaciones de sistemas de gestión de la climatización, así como establecer una metodología de análisis de la eficiencia energética.

De todos los parámetros analizados y registrados a continuación, se desarrollan los cuales tienen una influencia mayor en la eficiencia energética:

## **Modulación de los quemadores de las calderas.**

El sistema de gestión de la calefacción regula la modulación de los quemadores de las calderas. Esta modulación depende de la consigna de temperatura del colector.

Se está registrando la modulación de cada uno de los quemadores de las calderas. El registro se está realizando por cambio de valor.

### **Caldera 2**

Esta caldera está limitada al 85 % de modulación del quemador, es la segunda más grande en potencia de las 4 calderas. La limitación es debida a que el quemador tiene una potencia superior a la caldera.

En la *Ilustración 15* se puede ver la evolución de la modulación durante los primeros días de la temporada de invierno. Se puede apreciar claramente como no trabajaba a máxima potencia.



*Ilustración 15 Modulación Caldera 2 inicio temporada*

En la *Ilustración 16* y en la *Tabla 4* se puede ver que la mayoría de los valores de potencia registrados son entre 200 kW y 450 kW. Esto no indica que para el periodo desde el 12/02/2021 hasta el 30/04/2021 con esta caldera ha satisfecho la demanda del edificio y ajustando la potencia entregada, trabajando un 39,2% entre 200 kW y 325 kW y un 38,6% entre 325 kW y 450 kW. Con una caldera de 450 kW la central térmica es capaz de satisfacer la demanda del edificio en un 75 % de los días de la temporada de invierno.

Potencia kW	Nº Valores	Potencia caldera	% Porcentaje de tiempo trabajando en un intervalo de potencia
0-25	944	4,31	
25-50	442	2,02	
50-75	484	2,21	
75-100	452	2,07	
100-125	407	1,86	
125-150	561	2,56	
150-175	658	3,01	
175-200	911	4,16	22,20
200-225	1366	6,24	
225-250	1457	6,66	
250-275	1961	8,96	
275-300	1913	8,74	
300-325	1882	8,60	39,20
325-350	1481	6,77	
350-375	1924	8,79	
375-400	1565	7,15	
400-425	1167	5,33	
425-450	2312	10,56	38,60

Tabla 4 Porcentaje de tiempo trabajando en un intervalo de potencia Caldera 2

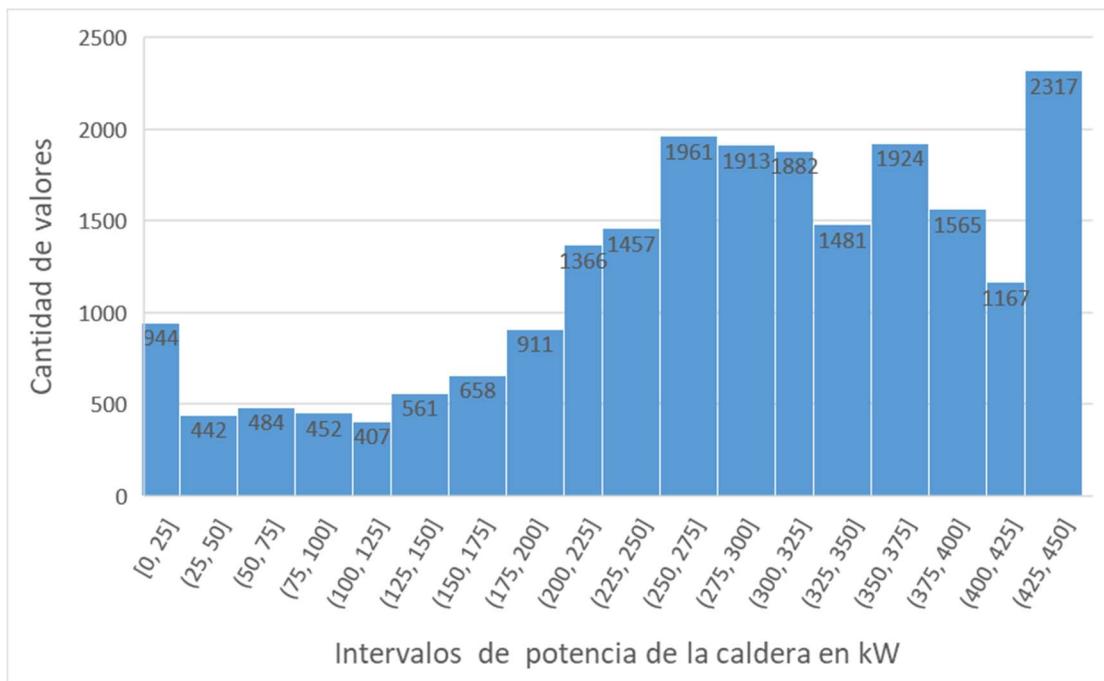


Ilustración 16 Histograma período Caldera 2 única caldera habilitada para calefacción y ACS

#### Caldera 4

Esta caldera es la de menor potencia, es la más nueva y es la que se ha destinado en verano para la producción exclusiva de ACS. Tiene las dos posibilidades trabajar contra colector de calefacción y ACS o trabajar en exclusiva para producir ACS (contra el intercambiador de placas del primario de ACS).

En la Ilustración 17 se puede ver la cantidad de arrancadas y paradas que hace la caldera, le sobra claramente potencia para la producción de ACS. Se puede ver que la caldera trabajando en ACS no es modulada su potencia por el sistema de gestión, y sus paradas son debidas al termostato propio, ya que alcanza su temperatura límite, no al sistema de gestión (Ver Ilustración 18).



Ilustración 17 Valor potencia caldera 4 en exclusiva producción ACS



Ilustración 18 Temperatura caldera 4 °C

Trabajando en cascada las 4 es una caldera que se encuentra para el sistema de gestión en el último nivel de rango de prioridades para encenderse. Es por ello que realiza muchas arrancadas incluso trabajando contra colector.

### **Modulación de las válvulas de los circuitos de calefacción y ACS.**

Las válvulas de tres vías de los 4 circuitos de calefacción y la válvula de tres vías del primario de ACS son controladas por el sistema de gestión. Estas válvulas son mezcladoras y su desplazamiento es lineal. Se ha registrado con el objetivo de comprobar en qué porcentajes de apertura de las válvulas suele trabajar la instalación. Esto determinara si la demanda de los distintos circuitos es satisfecha de forma rápida o lenta. La consigna de temperatura de impulsión de los circuitos de calefacción está basada en una temperatura exterior y una temperatura ambiente estimada. Se han instalado unos datalogger para medirla y comprobar que se cumple.

Las válvulas de 3 vías con sus porcentajes de apertura asegurarán esta temperatura de impulsión en fluido caloportador.

### Válvula de 3 Vías de regulación de la temperatura de ACS

Esta válvula regula la temperatura del primario del intercambiador de placas de ACS. Su objetivo es controlar la energía enviada al intercambiador para conseguir la temperatura de consigna de ACS.

En *Ilustración 19*, se puede ver como la válvula trabaja entre el 50% y el 100%, ya que cuando hay necesidades de ACS la válvula se abre al 100 % y conforme se va consiguiendo alcanzar la temperatura de consigna va cerrando. En la *Tabla 5* se puede comprobar que el porcentaje más habitual es entre 50 y 60% y el de 100%. La potencia de caldera es elevada para el estado normal de funcionamiento del edificio.

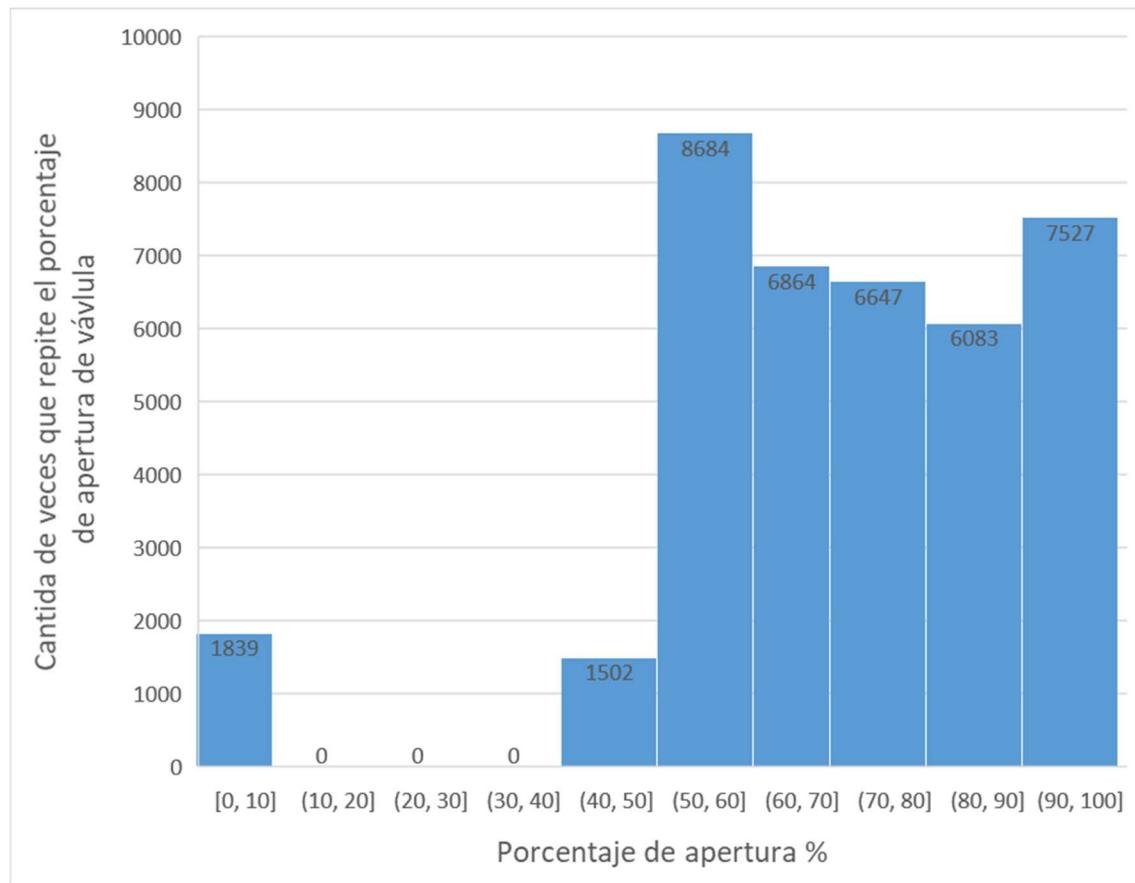


Ilustración 19 Histograma apertura válvula de 3 vías de regulación ACS

Apetura Válvula %	Cantidad	Porcentaje de tiempo con esa apertura
0-10 %	1839	4,70
10-20 %	0	0,00
20-30 %	0	0,00
30-40 %	0	0,00
40-50 %	1502	3,84
50-60 %	8684	22,18
60-70 %	6864	17,53
70-80 %	6647	16,98
80-90 %	6083	15,54
90-100 %	7527	19,23

Tabla 5 Porcentajes de posición de apertura de la válvula de 3 vías

### Válvulas de 3 vías de los circuitos de calefacción

Los circuitos de calefacción del edificio son dispares en lo que respecta a orientación, espacios a calefactar y recorridos. Las tuberías de distribución pueden ir enterradas o al aire.

Se ha comprobado que la regulación de la apertura de estas 4 válvulas es inestable, existe una modulación de la apertura de las válvulas continua (durante el horario calefacción). En el registro de esta modulación el límite establecido es de 5000 registros y es completado en dos días.

### Válvula de 3 Vías circuito derecha

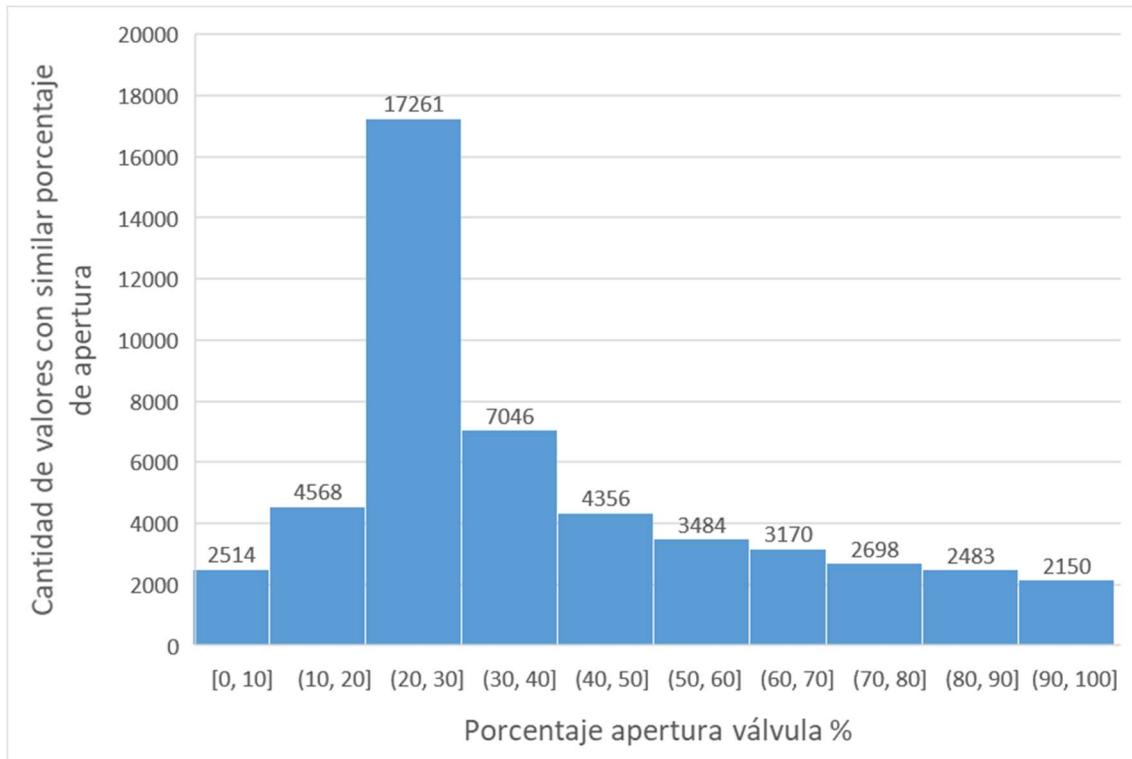
En la *Tabla 6* se puede ver cómo trabaja pocas veces con la apertura total. Sobretodo trabaja por debajo del 50% de apertura. Esto es motivado por amplitud de horario de calefacción es decir las bombas circuladoras distribuyen calor durante 16 horas. Y por qué la demanda se satisface de forma lenta no con picos de potencia.

Apetura Válvula %	Cantidad	Porcentaje de tiempo con esa apertura
0-10 %	2654	5,34
10-20 %	5463	10,99
20-30 %	5983	12,04
30-40 %	5747	11,57
40-50 %	7825	15,75
50-60 %	6289	12,66
60-70 %	5016	10,09
70-80 %	4467	8,99
80-90 %	3218	6,48
90-100 %	3027	6,09

Tabla 6 Porcentaje apertura válvula de 3 vías circuito derecho

### Válvula de 3 vías circuito izquierda

En el *Ilustración 20* se puede ver claramente que trabaja sobre todo entre el 20% y 40%, el 50% del tiempo está entre estos valores de apertura de válvula, esto demuestra que su demanda térmica es menor que el circuito derecha. *Tabla 7*



*Ilustración 20 Histograma porcentaje apertura válvula circuito izquierda*

Apertura Válvula %	Cantidad	Porcentaje de tiempo con esa apertura
0-10 %	2514	5,10
10-20 %	4568	9,27
20-30 %	17261	35,04
30-40 %	7046	14,30
40-50 %	4356	8,84
50-60 %	3484	7,07
60-70 %	2698	5,48
70-80 %	2698	5,48
80-90 %	2483	5,04
90-100 %	2150	4,36

*Tabla 7 Porcentaje apertura válvula de 3 vías circuito izquierda*

Las válvulas de los circuitos nuevo y viejo se comportan de forma similar a la del circuito izquierdo.

## **Registro de las temperaturas influyentes en calefacción y ACS.**

### **Temperaturas que influyen sobre el sistema de calefacción**

- Temperatura exterior.

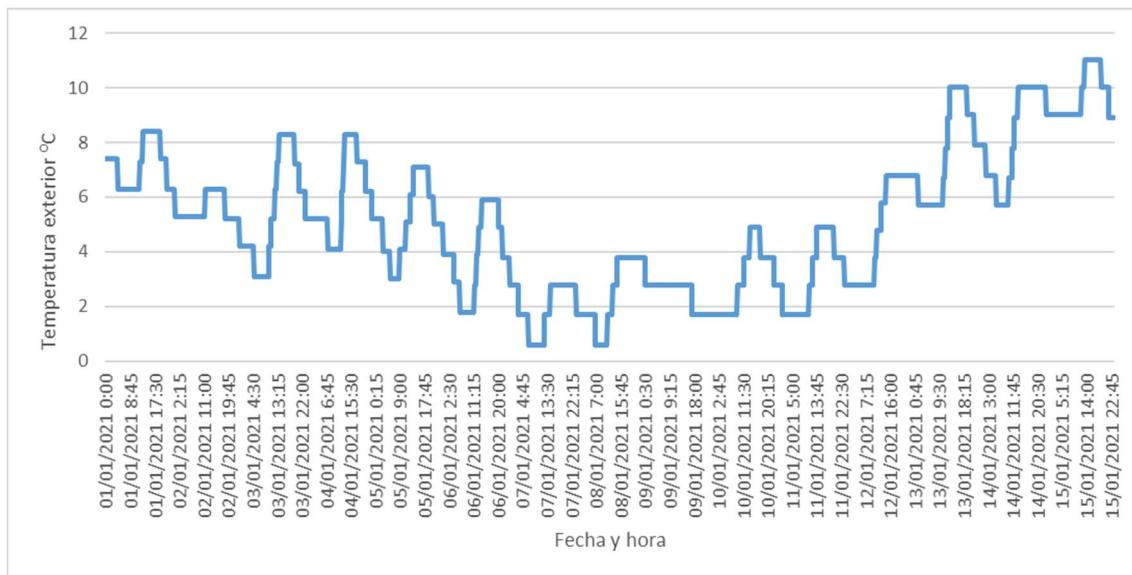


Ilustración 21 Temperatura exterior 1/1/2021 a 15/1/2021

Se registra la temperatura exterior para ver cómo afecta a la demanda de calefacción y ACS. Es básico para comparar con años anteriores y posteriores y analizar los consumos de calefacción del edificio.

Se puede ver en la *Ilustración 21* como los días más fríos han sido durante la borrasca Filomena (Aemet, 2021) [9], nevada histórica. 6,7,8,9,10,11,12 de enero de 2021. Hay que recordar que la temperatura que nos da la sonda puede ser distinto, en algunos grados a la temperatura ambiente oficial porque está ubicada en una fachada orientación oeste y entre edificios (distancia con el edificio contiguo de unos 7 metros).

- Temperatura ida colector.

Al registrar este dato puede verse cómo evoluciona la consiga de colector con la temperatura exterior y la producción de ACS. El sistema de gestión establece una consigna dependiendo de la temperatura exterior, cuanto más baja es la temperatura exterior más alta es la temperatura del colector corrido. Y cuando hay demanda de ACS aumenta la consigna para conseguir los 60 °C en acumulación. También tiene una función de choque térmico de legionella que la elevaría para conseguir los 70 °C en acumulación.

- Temperatura retorno de colector.

Registrando esta temperatura se puede conseguir determinar si la temperatura de impulsión es la correcta para conseguir el confort, también se puede determinar si el edificio ya está caliente y con el salto térmico respecto a la impulsión puede verse la potencia que demanda el edificio. En este caso el salto térmico comparado con la impulsión es adecuado por lo tanto el confort interior está asegurado. El sistema de gestión con esta temperatura controla que el agua que retorna a las calderas no sea inferior a 35 °C y así evitar que se produzcan condensación en las calderas. En este tipo de calderas la condensación provocaría su deterioro prematuro.

- Temperatura ida circuito derecha, izquierda, nuevo y viejo.

Registrando estos datos se puede ver si la consigna de un circuito es distinta del otro o incluso si hidráulicamente envía la temperatura más alta porque está más cerca de la ida de calderas en el colector o sus bombas tiene mayor capacidad de caudal y/o presión.

- Temperatura caldera 1, Temperatura caldera 2, Temperatura caldera 3, Temperatura caldera 4.

Se registra los datos de las temperaturas de calderas para comprobar su funcionamiento y en que rango de temperaturas se mueve.

- Temperatura ida contador térmico calderas. Temperatura retorno contador térmico calderas.

Esta es la temperatura que utiliza el contador térmico para realizar los cálculos. Este registro permitirá comprobar la posible diferencia de precisión con la otra sonda que mide la temperatura de ida colector y comprobar los datos con los cuales el contador de energía térmica de la central de producción hace los cálculos.

- Temperatura ida contador térmico primario ACS. Temperatura retorno contador térmico primario ACS.

Este dato se ha registrado para comprobar la energía que requiere el primario de ACS, comprobar los datos de producción de ACS y crear un patrón para la limpieza o cambio de las placas del intercambiador de primario de ACS, con el salto térmico que hay en el intercambiador.

- Temperatura ida contador térmico retorno ACS. Temperatura retorno contador térmico retorno ACS

Registrando este dato se puede comprobar el cálculo que hace de las pérdidas de recirculación del agua caliente sanitaria. También comprobar las temperaturas de impulsión y retorno de ACS para el control de la legionella. Si la temperatura de retorno es superior a 50 °C, en condiciones normales los grifos tendrán ACS a 50 °C como marca la normativa.

- Temperatura de regulación primario ACS.

Esta temperatura es la temperatura que hay en el secundario del intercambiador de placas es la que entra al depósito por su parte de arriba y va a impulsión. Se ha registrado para comprobar el funcionamiento del sistema de gestión en la producción de ACS.

- Temperatura superior deposito acumulación ACS. Temperatura inferior deposito acumulación ACS

Estos datos se registran para el control de la legionella y para comprobar los consumos de ACS del edificio y comprobar si el almacenamiento de ACS es el adecuado para el consumo del edificio.

### **Registro de los caudales de los contadores térmicos de calderas y ACS.**

- Caudal contador térmico calderas.

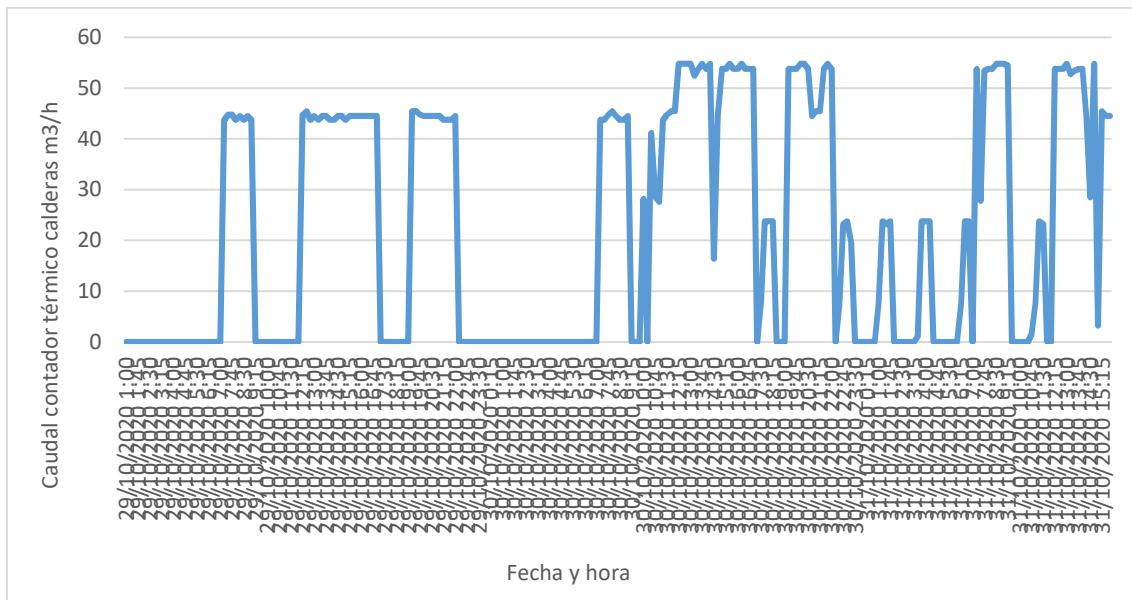


Ilustración 22 Caudal contador térmico de calderas

Se ha registrado este dato para comprobar los cálculos que hace el contador y los posibles desequilibrios hidráulicos del colector corrido. Se puede ver *Ilustración 22* que cuando se trabaja con el colector para la producción de ACS el caudal del colector aumenta de 45 a 55 m<sup>3</sup>/h.

- Caudal contador térmico primario ACS.

Se registra este dato para controlar los cálculos del contador, ver la cantidad de caudal necesario para la producción de ACS y cómo actúa la válvula de 3 vías reguladora de ACS. El caudal es constante de 10 m<sup>3</sup>/h aproximadamente.

- Caudal contador térmico retorno ACS.

Se registra este dato para controlar los cálculos del contador, ver la cantidad de caudal recirculado por el ACS. Se puede ver que se recircula 2,5 m<sup>3</sup>/h, lo que supone que cada hora se recircula la totalidad de volumen acumulado en los depósitos.

### **Registro de los consumos y energías térmicas de la instalación de calefacción y ACS.**

- Consumo de gas.

Se registra este dato para conocer el consumo de gas en m<sup>3</sup>, hay que tener en cuenta que estos datos para convertirlos a kWh hay que multiplicarlos por el factor de conversión (ver 4.1 ANÁLISIS CONSUMO DE ENERGÍA FINAL PARA CALEFACCIÓN Y ACS).

- Contador de energía eléctrica de la sala de calderas.

Se registra este dato para conocer el consumo eléctrico de los quemadores y las bombas entre otros elementos de la sala de calderas. Un ajuste de las horas que están en marcha supondrá un ahorro eléctrico. El consumo eléctrico es minino en comparación con la energía de gas.

- Consumo de agua fría para ACS. Consumo de ACS.

Se registra este dato para conocer el consumo diario de ACS que tiene el edificio y conocer la energía final necesaria para calentarla. También se ha registrado los pulsos del contador, porque el contador ha registrado problemas y con esta actuación no se pierden ningún dato.

- Energía del contador térmico calderas.

	Energía CALD diario MWh	Caudal_CT m <sup>3</sup> /h	T_IDA_CT_CALD °C	T_RET_CT_CALD °C
Antes de 27/10/2020	2,43	18,76	59,81	56,21
Entre 27/10/2020 y 30/10/2020	3,75	18,92	59,97	56,21
Entre 30/10/2020 y 12/2/2021	7,70	35,31	66,60	59,92
Despues del 12/2/2021	6,86	39,43	63,36	57,91

Tabla 8 Datos promedio diario contador térmico calderas

Con este dato registrado se puede conocer la energía térmica producida por las calderas. Esto será utilizado para conocer los rendimientos y la demanda del edificio. Se puede ver *Tabla 8* que en temporada de calefacción la producción diaria de energía térmica por parte de las calderas es de 7 MWh.

- Energía del contador térmico primario ACS.

	Energia_CT_1ºACS MWh	Caudal_1ºACS m <sup>3</sup> /h	T_IDA_CT_1ºACS °C	T_RET_CT_1ºACS °C	Salto térmico
Antes de 27/10/2020	0,73	9,76	62,16	59,01	3,14
Entre 27/10/2020 y 30/10/2020	0,65	9,00	61,09	57,73	3,36
Entre 30/10/2020 y 12/2/2021	0,88	4,42	65,59	57,95	7,63
Despues del 12/2/2021	0,87	4,69	65,74	57,26	8,48

Tabla 9 Datos promedio diario contador térmico primario ACS

Registrando este dato se puede conocer la energía térmica diaria necesaria para satisfacer la demanda de ACS y cómo afecta la temperatura del agua de la red en las necesidades de energía térmica para el calentamiento.

- Energía del contador térmico retorno ACS.

	ENERGÍA_CT_RACS MWh	CAUDAL_CT_RACS m <sup>3</sup> /h	T_IDA_CT_RACS °C	T_RET_CT_RACS °C
Antes de 27/10/2020	0,43	2,26	58,32	50,70
Entre 27/10/2020 y 30/10/2020	0,45	2,27	58,24	46,51
Entre 30/10/2020 y 12/2/2021	0,52	2,52	59,41	52,63
Despues del 12/2/2021	0,48	2,68	58,90	52,66

Tabla 10 Datos promedio diario contador térmico retorno ACS

Registrando este dato se obtiene la energía térmica diaria perdida en la distribución de ACS. Estas pérdidas van a ser uno de los aspectos a mejorar en el edificio. Las pérdidas son 500 kWh al día por el hecho de la recirculación de ACS, *Tabla 10*.

## **Registro de los estados de las bombas implicadas en la producción de ACS.**

- Estado bomba 1 primario ACS. Estado bomba 2 primario ACS.

Se ha registrado el estado on y off de las bombas de primario de ACS para poder controlar a qué horas se produce sobre todo la demanda de energía por parte del primario de ACS.

- Estado bomba 1 secundario ACS (bomba de carga). Estado bomba 2 secundario ACS (bomba de carga).

Se registra también el estado on y off de la bomba de carga, bomba que permite la recirculación por el secundario del intercambiador.

Los registros anteriores se ven afectados por las actuaciones sobre los horarios, consignas de calefacción y paradas de calderas realizadas por los oficiales de mantenimiento del edificio y por los técnicos municipales. A continuación, se pueden ver las actuaciones realizadas durante el periodo del análisis de eficiencia energética.

***Histórico de ajustes:***

- ✓ *El 30/4/2020 se determinó por parte del edificio que la calefacción solo fuera por las mañanas.*
- ✓ *El 4/5/2020 se apagó, pasando la instalación a modo verano, solo produciendo ACS.*
- ✓ *El 6/10/2020 se puso en marcha la calefacción. Horarios de 7:00 a 9:00 y 20:00 a 22:00.*
- ✓ *El 16/10/2020 se ampliaron los horarios de calefacción iniciales se Amplían una tercera franja de 12 a 17*
- ✓ *15/01/2021 se cambian las consignas de Izquierda, derecha y viejo que pasa a de 21ºC a 22º C. Nuevo se queda en 21 ºC.*
- ✓ *2/02/2021 Cambian consignas de nuevo a 20 ºC el resto sigue a 22 ºC.*
- ✓ *05/04/2021 se para la caldera 2 y se arrancan las 3 y la 4. Se reducen los horarios de 6 a 11 y de 18 a 24.*
- ✓ *08/04/2021 se arranca caldera 2 y se paran 3 y 4.*
- ✓ *03/05/2021 se arranca la caldera 4 en exclusiva para producir ACS. Se independiza la producción de ACS del colector de calefacción.*

**Tratamiento de datos con Power Query.**

Para poder trabajar toda esta cantidad de datos ha sido necesario utilizar Power Query. Power Query es un complemento gratuito de Microsoft Excel, que ha permitido que los archivos CSV descargados desde el programa del sistema de gestión sean almacenados de forma ordenada en archivos Excel para su tratamiento. Se han creado 7 archivos de Excel que tratan los datos, Datos de consumos, Datos Calderas, Datos circuitos de calefacción, Datos ACS, Datos CT Calderas, Datos CT 1º ACS, Datos CT retorno ACS.

A su vez ha sido creado un archivo Excel, llamado Análisis de la eficiencia de las calderas de Casa Amparo, donde se recogen los datos tomados a través de las fotografías realizadas durante las visitas, se cogen consumos y horas de funcionamiento y arrancadas de los quemadores.

El procedimiento de descarga de datos es entrar en el programa del sistema de gestión en el apartado históricos, buscar cada variable registrada y seleccionar exportar en formato CSV una a una cada variable. Posteriormente guardarlas en una carpeta dentro del servidor y por último pasar esta carpeta al ordenador donde se tratan los datos con Power Query.

**4.3 RENDIMIENTO TÉRMICO DE LA CENTRAL DE PRODUCCIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS.**  
Se ha realizado un análisis del rendimiento de la instalación. En este análisis se han tenido en cuenta por un lado el rendimiento de la combustión de las calderas y el rendimiento térmico global de la central de la producción.

El objetivo es conocer cuáles son los criterios de funcionamiento de las calderas que consiguen el mayor rendimiento, teniendo en cuenta la energía final de gas natural consumida y energía térmica producida por las calderas, destinada a la calefacción o producción de ACS.

#### 4.3.1 Análisis del rendimiento de combustión de las calderas.

El objetivo es comprobar como varia el rendimiento de combustión de las calderas en función de la modulación de potencia de los quemadores de las mismas.

Las calderas disponen de quemadores modulantes que el sistema de gestión va modificando la potencia dependiendo de la temperatura de consigna del colector y la temperatura real.

Para ello el día 30/10/2020 utilizando un analizador de los productos de la combustión Marca TESTO modelo 330-2 LL se realizó la prueba, la actuación consistió en modificar la modulación del quemador (distintos porcentajes de potencia) desde el sistema de gestión y ver como estos cambios afectan al rendimiento de la combustión de las calderas. *Tabla 11*

Caldera 2		Caldera 3	
Modulación	Rendimiento combustión	Modulación	Rendimiento combustión
25%	94,2	25%	93,1
40%	93,5	40%	92,7
50%	92,1	50%	91,6
60%	90,4	60%	90,7
80%	88,8	80%	89,9
100%	Esta limitada al 80% por potencia la caldera 1 y2	100%	89,5

*Tabla 11 Tabla de resultados de la prueba de rendimiento combustión en calderas.*

Todas las imágenes de la prueba están en el **Anexo II. Prueba del rendimiento de la combustión**. Caldera 2 con 25 % y 50% de potencia (Ver ilustraciones 23,24,25,26).

La prueba se ha realizado sobre las calderas 2 y 3, se realiza sobre estas dos calderas ya que la caldera 1 está parada por tener una fuga hidráulica en el cuerpo de la misma y la caldera 4 estaba destinada a la producción de ACS en exclusiva y cortaba por la temperatura de caldera (no permitía la modulación el sistema de gestión). Se consideran los resultados extrapolables a las otras dos calderas ya que tienen características constructivas y de funcionamiento similares.

Los resultados obtenidos, *Tabla 11*, confirman que los rendimientos de combustión en estas calderas son mejores para baja modulación de potencia de los quemadores. Hay variaciones de 4 a 6 puntos de rendimiento.

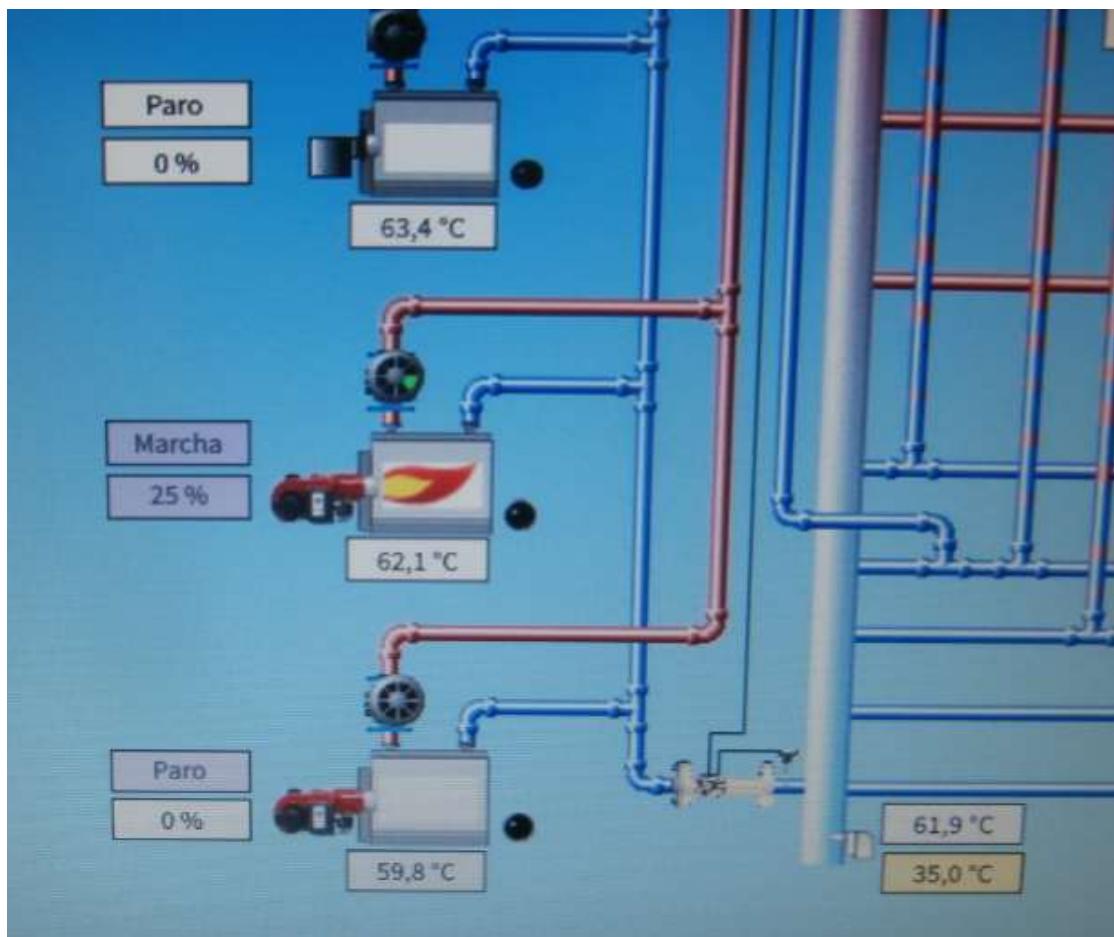


Ilustración 23 Imagen sistema de gestión caldera 2 con modulación 25%



Ilustración 24 Imagen analizador productos de la combustión con caldera 2 a 25 % (Rendimiento combustión)

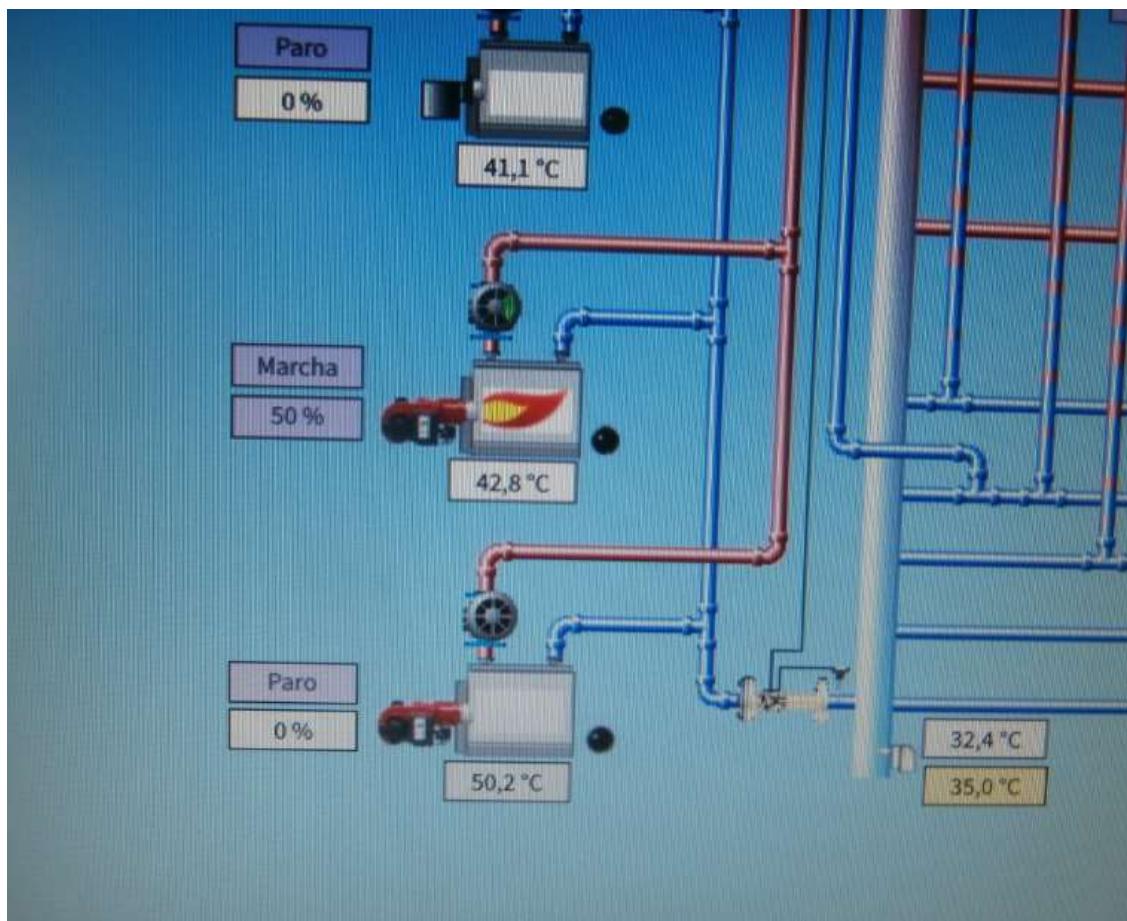


Ilustración 25 Imagen sistema de gestión caldera 2 con modulación 50%

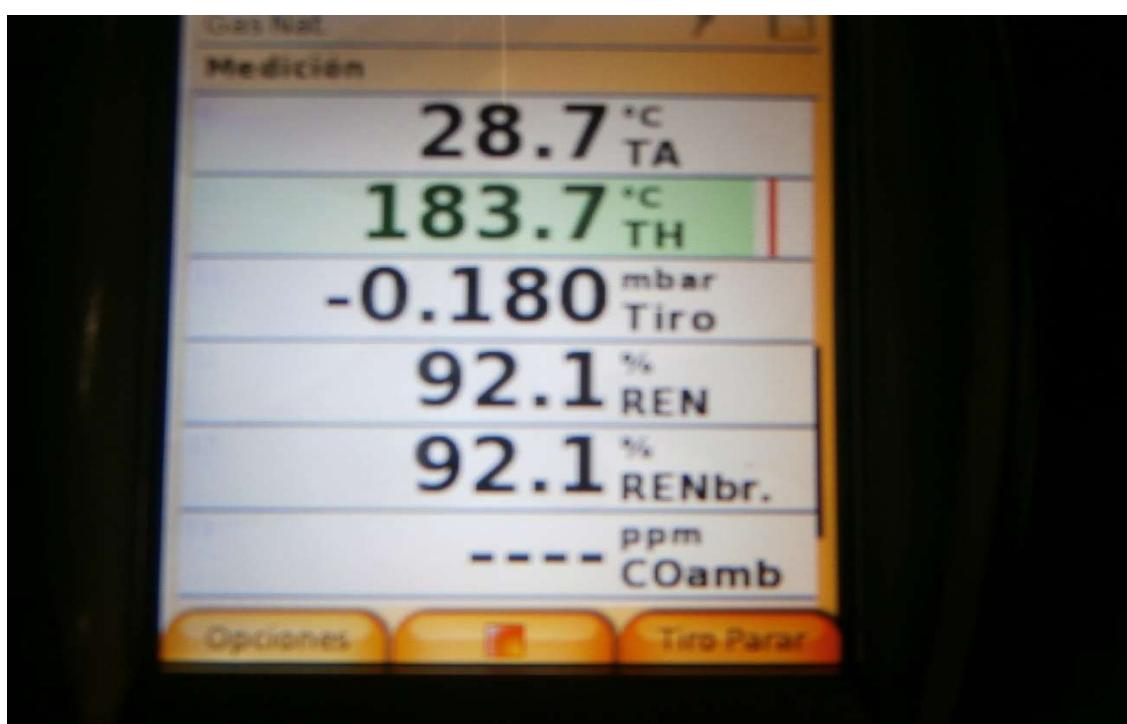


Ilustración 26 Imagen analizador productos de la combustión con caldera 2 a 50 % (Rendimiento combustión)

Un **aspecto a destacar** de estas pruebas es la recomendación del fabricante del analizador de los productos de la combustión de hacer un “refresco” del analizador entre medición y medición. Es decir, resetear el equipo para que actualice las condiciones iniciales entre mediciones.

Los **resultados obtenidos** confirman que los rendimientos de combustión en calderas de este tipo son mejores para baja potencia de los quemadores.

#### 4.3.2 Rendimiento térmico de la central térmica.

El rendimiento térmico de la central térmica (4 calderas) está basado en la relación entre el consumo de gas convertido a kWh (ver 4.1 ANÁLISIS CONSUMO DE ENERGÍA FINAL PARA CALEFACCIÓN Y ACS) y la energía térmica producida medidos con el contador de energía térmica de calderas o en temporada de verano el de primario de ACS.

Para este estudio se han utilizado varios Excel. El fichero Excel Análisis eficiencia de las calderas de Casa Amparo está basada en datos registrados a través de fotos realizadas en las visitas desde 06/03/2019. Ver *Tabla 12*.

	Energía primaria gas kWh	Energía Térmica kWh	Rendimiento calderas
09/08/2019	12.848,99		
30/10/2019	47.760,17	34.107	0,714
27/08/2020	1.776.614,19	1.405.870	0,791
21/09/2020	31.314,49	17.090	0,546
06/10/2020	23.282,95	11.400	0,490
11/10/2020	13.155,44	7.950	0,604
14/10/2020	11.585,87	7.960	0,687
30/10/2020	99.820,44	74.823	0,750
24/11/2020	175.041,65	121.940	0,697
21/12/2020	270.455,51	222.580	0,823
11/01/2021	243.200,87	188.770	0,776
03/02/2021	257.387,29	203.850	0,792
09/02/2021	58.533,74	45.180	0,772
12/02/2021	23.493,86	18.310	0,779
22/02/2021	93.617,34	72.350	0,773
05/04/2021	395.255,16	301.000	0,762
19/04/2021	113.194,40	86.230	0,762
04/05/2021	109.630,20	81.590	0,744

*Tabla 12 Rendimiento térmico Excel Análisis eficiencia energética sala de calderas Casa Amparo*

Y otra segunda Excel con los datos registrados por el sistema de gestión denominada Datos consumos.

	kWh Electrica	M3 gas	MWh 1º ACS	MWh Calefacción	MWh RETACS	MWh GAS	Rendimiento	Factor de conversión
Antes de 27/10/2020	54,21	327,59	0,73	2,43	0,43	4,13	0,76	12,62146667
Entre 27/10/2020 y 30/10/2020	101,71	506,22	0,65	3,75	0,45	6,37	0,69	12,585
Entre 30/10/2020 y 12/2/2021	105,87	783,51	0,88	7,70	0,52	9,86	0,78	12,583
Despues del 12/2/2021	104,63	701,06	0,87	6,86	0,48	8,81	0,78	12,572

*Tabla 13 Promedio diario consumos y rendimiento. Excel Datos consumos*

Se puede ver como el rendimiento de combustión es superior al rendimiento térmico de la central térmica, es debido a las perdidas en las calderas y demás elementos de la instalación.

Se han realizado diversas actuaciones para determinar qué criterio de funcionamiento de las calderas consigue un mejor rendimiento térmico. El mejor rendimiento de la combustión es trabajando con una modulación baja, pero esto no se extraña al rendimiento térmico de la instalación porque como se puede ver en el primer periodo donde las calderas estaban todas funcionando a la vez trabajaban a baja potencia, pero el rendimiento es de 0,76. En el periodo de 30/10/2020 a 12/02/2021 las calderas trabajan a más alta modulación de potencia ya que estaban autorizadas solo 2 de las tres y las temperaturas eran más bajas, el rendimiento es de 0,78 y en el último periodo desde febrero solo ha estado la caldera 2 y el rendimiento es de 0,78. Por lo tanto, no se ha conseguido discriminar un criterio de funcionamiento con mejor rendimiento, pero sí que se ha comprobado que las calderas deben tener una modulación de la potencia más lenta y una entrada en funcionamiento también más escalado, sobre todo para conseguir alargar la vida útil de las calderas, los quemadores y sus componentes.

El periodo de 27/10/2020 a 30/10/2020 en el que la poca cantidad de datos hace que no se tenga en cuenta este valor por el posible margen de error.

#### 4.4 ACS, PRODUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN.

Una demanda básica del edificio es el agua caliente sanitaria (ACS), la producción de ACS se realiza a través de un intercambiador de placas. Y para proporcionar calor al primario del intercambiador se puede hacer de dos formas, por un lado, mediante la dedicación exclusiva de la caldera 4 con un juego de llaves o proporcionado el calor a través de un circuito del colector denominado ACS. En este caso sistema de gestión controla la temperatura de consigna del colector para en el caso de ser necesario proporcionar el calor necesario para conseguir las temperaturas adecuadas a la normativa de legionella 60°C en almacenamiento y 50°C en retorno.

La instalación dispone de dos depósitos de acumulación de 1500 l, se puede producir ACS de forma instantánea o mediante acumulación, ya que se dispone de llaves de corte y una bomba de carga que permite circular el ACS por el secundario del intercambiador. Ver (Ilustración 4 Esquema de principio de ACS visto en el sistema de gestión)

En el **Anexo IV Normativa Legionella** se ha desarrollado todo lo que respecta a la normativa de legionella.

En el **Anexo I Central Térmica** se ha detallado de forma precisa todos los elementos de la instalación destinados a la producción de ACS y también se ha detallado su funcionamiento.

##### 4.4.1 Prueba de arrancadas y horas de funcionamiento de las calderas/quemadores

El objetivo es analizar la cantidad de arrancadas que hacen los quemadores y compararlas con las horas de funcionamiento de los mismos. Las arrancadas y paradas repetidas en periodos de tiempo cortos acortan la vida de los quemadores y sus componentes. Y aumentan las pérdidas de energía en las calderas.

Los quemadores de las cuatro calderas tienen un conteo de las horas de funcionamiento y de las arrancadas realizadas. Esto se ha registrado a través de realizar fotografías a la pantalla de los quemadores en las distintas visitas que se realizan y con los datos registrados en el libro de mantenimiento.

Un aspecto a tener en cuenta es que las calderas tienen sus propios termostatos, es decir si las calderas están ajustadas a 60 °C cuando alcancen esta temperatura se pararan independientemente que el sistema de gestión les dé la orden de permanecer encendidas. Por ejemplo, durante el verano la caldera 4 que es la que puede dedicarse en exclusiva a la producción de ACS

estaba tarada a unos 65 °C, esto añadido a su potencia muy superior a la demanda hace que haga unas 80 arrancadas al día para 5 horas de funcionamiento.

Se puede ver *Tabla 14* como las calderas realizan más de 40 arranques al día y esto debe ser ajustado para reducirlo a valores inferiores a 5 arranques al día.

FECHA	CALDERA 1		CALDERA 2		CALDERA 3		CALDERA 4	
	Quemador		Quemador		Quemador		Quemador	
	Arranques diarios	Horas diarias	Arranques diarios	Horas diarias	Arranques diarios	Horas diarias	Arranques diarios	Horas diarias
21/09/2020								
06/10/2020	0	0	0	0	0	0	81	5
30/10/2020	0	0	3	7	23	6	84	5
24/11/2020	0	0	34	9	27	11	50	3
21/12/2020	0	0	44	14	ERROR	15	60	4
11/01/2021	0	0	47	15	37	11	71	5
03/02/2021	0	0	21	16	Se resetea por averia	Se resetea por averia	4	3
09/02/2021	0	0	63	13	1	2	4	21
05/04/2021	0	0	35	17	0	0	2	1
19/04/2021	0	0	18	12	4	4	5	3

*Tabla 14 Tabla de arrancadas y horas de trabajo diarias de los quemadores de las calderas*

#### 4.4.2 Producción de ACS con colector o caldera 4.

Se ha realizado el análisis para comprobar que es más eficiente, producir ACS con una caldera dedicada en exclusiva o a través del colector. Con el registro de datos se puede ver que en temporada de verano sin la necesidad de calefacción con la caldera 4 destina a la producción de ACS en exclusiva la caldera hace unos 80 arranques diarios para trabajar unas 4 horas efectivas, *Tabla 14*. Esto es algo que acorta la vida útil de los componentes del quemador y la propia caldera. Se elevó también la temperatura de corte de la propia caldera para evitar que parara a los 62 °C y aprovechar el calor residual de la caldera y evitar arrancadas. En apartados posteriores se realizará un par de propuestas de mejora de esta situación (Ver 6.2 BOMBA DE CALOR PARA PRODUCCIÓN DE ACS EN VERANO, CON APROVECHAMIENTO DEL FRÍO y 6.3 AJUSTE DE LA POTENCIA DE LA CALDERA PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN VERANO). Los datos registrados nos dicen que en verano se necesitan 700 kWh diarios para el ACS (Ver *Tabla 9*).

Una vez que comienza la temporada de calefacción la producción se pasó a hacerla a través del colector ya que el sistema de gestión controlaría las calderas y su potencia para poder mantener la consigna en el colector de forma que se satisfacían la demanda de calefacción y ACS.

Este es el mejor criterio con la instalación actual ya que por ejemplo desde el 12/02/2021 solo la caldera 2 está autorizada y consigue satisfacer las dos demandas y modula su potencia bastante. La condición siempre ha sido mantener el confort térmico y cumplir la normativa de Legionella.

#### 4.4.3 Intercambiador de placas para producción de ACS. Prueba cambio de placas intercambiador ACS

Como se ha comentado anteriormente la producción de ACS se realiza a través del colector, con un circuito independiente, o con la caldera 4 dedicada en exclusiva. Ambas a través de un intercambiador de placas, que separa el circuito de primario y secundario de ACS. Con esta prueba se pretende determinar que valores de temperaturas y caudales nos permiten determinar que el intercambiador está sucio y hay que limpiarlo. Para aprovechar al máximo la energía térmica del primario.

Para ello se realizaron registros de datos antes y después de cambiar las placas del intercambiador por unas nuevas.

Se puede concluir que una vez realizado el cambio de las placas el caudal instantáneo máximo que pasa por el intercambiador es superior y se aumenta el salto térmico. La cesión de calor al

secundario es mejor por eso la temperatura de retorno permanece en 57°C desde el cambio de placas. *Tabla 9*.

En el análisis del intercambiador de placas destinado a ACS se ha estudiado como el cambio de placas ha modificado los parámetros que intervienen en la producción de ACS y que están registrados por el sistema de gestión. Con este análisis se puede determinar, que parámetro indica que las placas del intercambiador están sucias y por lo tanto se reduce el rendimiento del mismo.

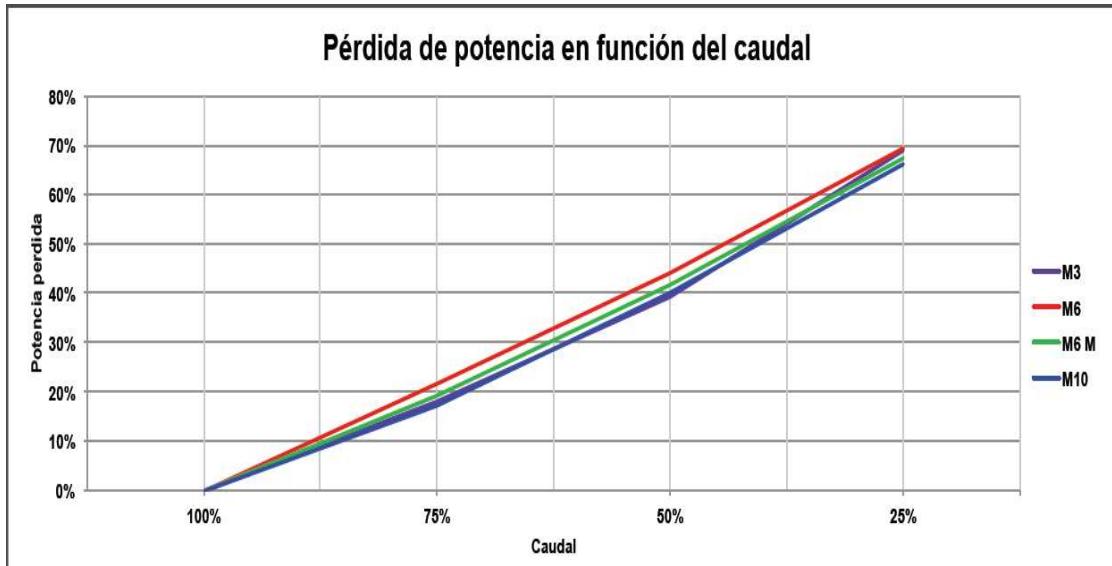


Ilustración 27 *Tabla Alfa Laval Comportamiento de los intercambiadores de calor Alfa Laval a cargas parciales*.

La potencia perdida aumenta de forma proporcional con la reducción de caudal, se puede ver en *Ilustración 27* [18]. Se ha analizado el caudal que circula por el primario del intercambiador. En el registro de datos se puede ver que después del día 26/10/2020 se han producido datos de caudal más altos, los valores del contador son superiores a 10.1 m<sup>3</sup>/h. El 26/10/2020 se cambiaron las placas. La temperatura a la salida del intercambiador en el secundario también es superior desde el cambio de las placas. Hasta el cambio de las placas no superaba 63 °C. Ambas situaciones nos indican que el rendimiento del intercambiador es superior con placas nuevas.

Con estos datos se establecerá en la instalación un protocolo, que consistirá en sustituir o limpiar las placas del intercambiador cuando el caudal pico registrado en el contador sea inferior a 9 m<sup>3</sup>/h.

En *Tabla 9* se puede ver el caudal promedio diario se reduce a la mitad al funcionar con el colector esto es debido a varios aspectos, el primero el intercambiador tiene las placas nuevas (rendimiento mayor), segundo la temperatura de consigna que establece el sistema de gestión para producir ACS es superior y por último al tener mayor salto térmico para transmitir la energía al secundario necesita menos caudal (en este caso el caudal está registrado cada 15 minutos de promedio por el sistema de gestión, y al hacer las tablas se ha realizado un promedio diario). Las bombas de primario permanecen más tiempo paradas cuando se trabaja con colector.

#### 4.4.4 Pérdidas por la distribución

El análisis de los datos del contador de energía térmica instalado en el retorno de ACS permite determinar las pérdidas debidas a la recirculación del ACS.

En *Tabla 10* se puede ver que las pérdidas por recirculación son de aproximadamente 400 kWh diarios, la mitad de la energía usada en primario. Son unas perdidas altísimas, son 165 MWh al año. Otro dato a tener en cuenta que proporciona el análisis es que cada dos horas se recircula un volumen igual a la totalidad del agua acumulada en los depósitos de ACS.

La temperatura de impulsión y retorno del ACS se ha aumentado desde que la producción de ACS se realizada desde el colector.

#### 4.5 EQUIPOS EXTERNOS PARA EL ANÁLISIS.

Determinadas variables que se han considerado importantes para el análisis de la eficiencia energética no estaban ni medidas ni registradas por el sistema de gestión. Para medirlas se han utilizado unos equipos externos.

- **Rendimiento de la combustión de las calderas**, para conocer la variación del rendimiento de combustión de las calderas cuando se varía la modulación de potencia de los quemadores, se ha utilizado un analizador de los productos de la combustión de la marca TESTO modelo 330-2 L. Ver *Anexo II Prueba rendimiento combustión*.
- **Temperatura interior de distintas zonas del edificio**, el sistema de gestión no mide por ejemplo la temperatura de las habitaciones o de los comedores. Para ello se han instalado tres datalogger.
  - El 24/11/2020 se instaló un datalogger que mide y registra temperatura y humedad en la habitación 264. Testo 175 H1
  - El 21/12/2020 se instaló en uno de los comedores un datalogger de la marca Testo 160 IAQ que realiza el almacenamiento de datos en la nube. Este equipo mide y registra temperatura, humedad y CO<sub>2</sub> entre otras cosas. La medición de CO<sub>2</sub> aporta a los usuarios el conocimiento si se está realizando una buena ventilación para combatir el covid-19. Ver *ilustración 28*

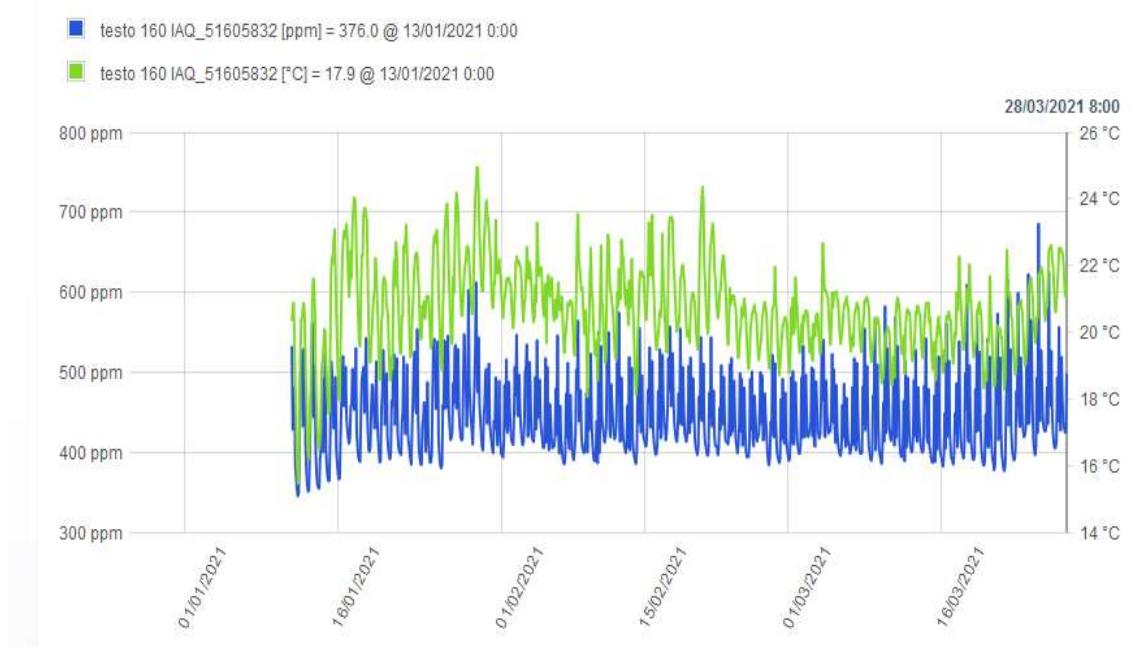


Ilustración 28 Imagen Web Testo 160 IAQ



Ilustración 29 Imagen Testo 160 IA temperatura

Se puede ver, Ilustración 29, como la temperatura empieza a subir a las 6:00 cuando arranca la calefacción.

- El 21/12/2020 se instaló en la habitación 105 perteneciente al circuito izquierdo de calefacción un datalogger de la marca Chauvin Arnoux C.A. 1510, este equipo mide y registra temperatura, humedad y CO<sub>2</sub>.

El tema del covid-19 ha afectado mucho a las residencias y controlar aspectos como el CO<sub>2</sub> permite reducir la posibilidad de contagio. La ventilación ha sido un aspecto importante para evitar los contagios en la Residencia geriátrica Casa Amparo.

## 5 CONCLUSIONES

La realización de este estudio ha conllevado una serie de conclusiones. El análisis de la eficiencia energética de un edificio; requiere de una metodología de análisis, una recogida de datos, un análisis de las instalaciones, un sistema de gestión de la climatización y los equipos portátiles necesarios para el estudio.

### 5.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS MUNICIPALES.

El estudio ha demostrado que es básico para una entidad local de la envergadura del Ayuntamiento de Zaragoza tener una metodología para el análisis de la eficiencia energética de las instalaciones de climatización. El 99 % de las instalaciones de las que dispone el Ayuntamiento tiene más de 10 años por lo tanto la mejora en la eficiencia energética es básica para alcanzar los retos que la Unión Europea ha establecido. Una vez realizado el análisis, las mejoras en la instalación van a ser instantáneas y surgirán propuestas de futuro adecuadas.

### 5.2 CONCLUSIONES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CONSUMO.

El edificio es uno de los mayores consumidores de gas natural del Ayuntamiento de Zaragoza, consume unos 160000 m<sup>3</sup> de gas natural al año, lo que supone 2 GWh al año de energía final.

En un edificio como este con datos tan altos de consumo de energía cualquier ahorro, aunque sea mínimo es importante. Por ejemplo, una actuación que suponga un ahorro del 10% son 200000 kWh a 0.04€/kWh son 8000 euros.

Un análisis detallado de las facturas cotejado con los datos que aparecen en el programa Siarg y con los datos registrados por el sistema de gestión permitirá conocer con precisión el consumo del edificio. A la vez permitirá comprobar la correcta facturación por la compañía distribuidora.

El factor de conversión de m<sup>3</sup> de gas natural a kWh es un aspecto a tener en cuenta, aunque tiene poca variación a lo largo de un año, para grandes consumos como es este puede hacer que las estimaciones en ahorros y en rendimientos de calderas puedan ser erróneos.

### 5.3 CONCLUSIONES SOBRE EL SISTEMA DE GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS.

Se ha comprobado que el sistema de gestión de la calefacción y ACS en lo que respecta a la producción (calderas) es bastante inestable ya que somete a las calderas a numerosas paradas y arranques con lo que ello supone en pérdidas energéticas y acortamiento de la vida útil de los equipos. Se va a proponer una modificación de la secuencia de arranque y funcionamiento de las calderas que permita ajustar de una forma precisa la potencia del conjunto de calderas a la demanda del edificio. El objetivo es que las calderas vayan arrancando de forma progresiva a la vez que la variación de la potencia de las mismas sea en función de la demanda. A lo largo de la temporada de calefacción hay situaciones exteriores que van a requerir ajustes por lo tanto la lógica de funcionamiento tiene que ser ajustable por el usuario.

Los sistemas de gestión son importantes para obtener la mayor eficiencia de la instalación, las instalaciones de climatización con potencia superior a 150 kW deberían de tener un sistema gestión, esto se puede afirmar una vez realizado este análisis. Permiten ajustar la producción a la demanda, aprovechar si el edificio tiene energías renovables, aprovechar energías residuales y en un futuro no muy lejano aprovechar los excedentes de energía renovable del sistema eléctrico español.

Los sistemas de gestión deben permitir registrar unas 50 variables para realizar un buen análisis de eficiencia, y deben ser creados de forma conjunta con el personal de mantenimiento de la instalación que conoce la instalación y que va a usarlo en un futuro. Un aspecto básico, es que los usuarios finales del edificio con unos conocimientos mínimos deben poder ajustar la mayor parte de los parámetros.

En este caso el sistema de gestión ha permitido determinar que la potencia instalada es muy superior a la demanda del edificio. Este aspecto de los sistemas de gestión es importante para futuras reformas, ya que en proyecto se calcula para unas determinadas condiciones que pocas horas a lo largo de los años se cumplen. Teniendo en cuenta lo anterior permite realizar ajustes de potencia en reformas futuras. En este caso se puede ajustar la potencia de la caldera destinada a la producción de ACS en verano o en caso de sustitución de una caldera poder reducir su potencia ya que la calefacción puede ser suministrada entre dos. En esta instalación desde febrero ha funcionado una sola caldera de 523 kW con 18 horas de calefacción y ACS y no ha habido problemas de desconfort.

Se realizó la misma prueba con las calderas 3 y 4 que suman 464 kW para reducir otro rango más de potencia, pero existen problemas de caudales y desequilibrio hidráulico en el sistema que provocaron no alcanzar las condiciones de confort de calefacción y ACS.

#### 5.4 CONCLUSIONES SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

El rendimiento de la combustión y el rendimiento térmico de la instalación son diferentes. El rendimiento de la combustión y una parte del rendimiento térmico dependen del quemador de la caldera [12]. La otra parte es el rendimiento del horno depende de la construcción de la caldera. Mejorar el rendimiento global de las calderas supone un ahorro de energía final consumida.

En esta instalación se ha visto que el rendimiento de la combustión aumenta cuando al quemador se le hace trabajar a bajas cargas, pero el rendimiento total empeora ligeramente cuando las temperaturas exteriores son suaves y las calderas hacen más paradas y arrancadas.

Por eso se propone el ajuste de la secuencia de las calderas para trabajen a bajas cargas, pero sin hacer paradas y arrancadas. A parte de esto se debería realizar una revisión de los quemadores por el fabricante para poder ajustar su funcionamiento a los parámetros idóneos para esta instalación.

#### 5.5 CONCLUSIONES SOBRE EL ACS.

El edificio tiene una capacidad máxima de 197 residentes, en la actualidad hay 125 habitaciones ocupadas individuales y dobles con un total de 148 residentes. El consumo de ACS orientativo que nos da el *CTE DB HE en la tabla C-Anejo F* [2] para una residencia es de 41/día\*persona. Teniendo en cuenta esto la demanda total del edificio puede ser de 8077 m<sup>3</sup> diarios, la instalación tiene que estar preparada para esto. Y con la ocupación actual se estima un consumo diario de 6068 litros cuando los datos aportados por el sistema de gestión en sus registros son entre los 5200 litros y los 6100 litros, lo cual indica que el edificio está en el rango del CTE o un poco por debajo. Desde el punto de vista del consumo de ACS no se puede reducir ya que es una residencia con personas con distintas necesidades como grandes dependientes. Por lo tanto, se debe actuar sobre la eficiencia de la producción de ACS y las pérdidas en la distribución.

La producción de ACS en el primario del intercambiador requiere de entre 700 kWh a 900 kWh de energía térmica (calor) diaria, esto depende de la época del año. Ya que las pérdidas sobre todo las de recirculación son aproximadamente la mitad de la energía necesaria en el primario de ACS, es decir la que requieren los litros de ACS para calentarse son iguales a las perdidas por recirculación. En el apartado propuestas de futuro se propondrán actuaciones para mejorar la producción de ACS, con la instalación una bomba de calor para producir ACS y el frío destinario a climatizar el edificio en verano ya que carece de ello en gran parte. Otra propuesta que no requiere inversión es ajustar el quemador de la caldera para trabajar en verano a la potencia adecuada a la demanda.

Las pérdidas en la recirculación son entre 400 kWh y 500 kWh diarios, un total 165 MWh al año es mucho, por eso se analiza el espesor del aislamiento de las tuberías y la longitud de las tuberías de ACS. La recirculación de ACS es necesaria por criterios de seguridad, pero tiene una eficiencia baja.

De acuerdo con la *DTIE 1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios de Atecyr* [11] nos dice “*Las pérdidas de energía han sido valoradas, después de mediciones efectuadas en numerosos edificios de viviendas, en un 40 % de la energía total entregada por el generador de calor al agua caliente sanitaria*”. “*Si el espesor del aislamiento es el indicado por las normas y a la red de distribución está bien concebida en su extensión las perdidas serán de un 30 % de la potencia de producción, aunque puede llegar al 100 % sino se cumple lo anterior*”. Teniendo en cuenta esto en la instalación tiene un 50% de pérdidas. Se realiza el análisis de la longitud de las tuberías y el espesor el aislamiento. En este caso el aislamiento es de un espesor de 19mm

y la longitud de las tuberías es la adecuada dentro de características históricas del edificio y las sucesivas reformas que ha sufrido.

### 5.6 EQUIPOS NECESARIOS PARA ESTE TIPO DE ANÁLISIS.

Para realizar un buen análisis de la eficiencia energética de los edificios se necesitan una serie de equipos como analizadores de redes, contadores de energías térmica, datalogger de temperatura y por supuesto si la instalación dispone de un sistema de gestión de climatización el análisis será mucho más preciso. Por lo tanto, es imprescindible para una entidad como el Ayuntamiento de Zaragoza realizar análisis de eficiencia energética de sus edificios y disponer de los equipos para realizarlos. Se debe establecer también el criterio de instalar sistemas de gestión. Esto permitirá controlar la instalación en busca de la mayor eficiencia de la instalación y ajustar futuras reformas. Este análisis permite determinar que el sistema de gestión es una condición imprescindible para instalaciones por encima de 150 kW, en el RITE actualizado, *Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* [6] se establece el límite en 290 kW. La reducción de la ratio se basa en las posibilidades de ahorro presentes y futuras con los sistemas de gestión son muy altas.

## 6 PROPUESTAS DE FUTURO

---

A continuación, se exponen una serie de propuestas de futuro para mejorar la eficiencia energética del edificio. Su implementación conllevará una reducción de gasto económico y energético, así como una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 6.1 MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS.

Se propone la modificación del sistema de gestión para conseguir el máximo rendimiento de las calderas existentes y de la instalación en general. También se busca alargar la vida útil de las calderas y los quemadores. Actualmente las calderas modulan su potencia muy rápidamente lo que hace que las calderas hagan muchas arrancadas y paradas y tengan rendimientos bajos.

El edificio habilita la calefacción diariamente desde la 06:00 hasta las 00:00, con estas condiciones se ha comprobado que la caldera 1 o la caldera 2, pueden satisfacer la demanda en el 90 % de las horas de la temporada de calefacción. Teniendo en cuenta esto se propone que las calderas 1 y 2 de forma individual sean las encargadas de satisfacer la demanda y se establecerá un valor modificable por los responsables de mantenimiento, que si al cabo de 2 horas el sistema no ha conseguido alcanzar la temperatura de consigna ponga en marcha la caldera 3.

Esta caldera 3 arrancara al 25% de su potencia, si en 30 minutos han conseguido elevar la temperatura de impulsión mantendrá la potencia hasta que la caldera 1 o 2 empiecen a reducir su potencia, porque se ha superado en 2°C la temperatura de impulsión. Y si no consiguieran subir la temperatura comenzaría a subir potencia lentamente.

Las calderas 1 y 2 se rotarán por horas de funcionamiento, buscando que realicen la misma cantidad de horas anuales.

Con carácter general:

- Cuando el sistema mande parar a una caldera porque se han superado en 5°C la temperatura de consigna, esta permanecerá parada durante 1 hora como mínimo para aprovechar al máximo la energía térmica almacenada.

- El incremento de potencia de las calderas para alcanzar la temperatura de consigna se realizará de forma lenta y estable, para ello el parámetro debe ser modificable por los técnicos municipales.
- El límite superior de potencia de las calderas se ajustará a la demanda del edificio teniendo en cuenta la temperatura exterior y los circuitos de calefacción autorizados.

La caldera 4, se ha comprobado que por las características de su bomba y los diámetros de la tubería que la enlazan con el colector no puede evacuar la energía térmica generada hacia el colector, por esto se dedicara en exclusiva a la producción de ACS. Si por avería en el futuro se cambiara la bomba de esta caldera se sustituiría por un superior en presión y caudal que le permitiría trabajar contra el colector de forma correcta. El sistema de gestión cuando sea necesaria la producción de ACS arrancara la caldera 4 al 50% de potencia, empezara a reducir la potencia cuando falte 1°C para alcanzar la consigna y no la apagara hasta que se supere en 5°C la temperatura de consigna.

La implementación de estos criterios se estima que va a suponer **un ahorro sobre el global de consumo del 1%, lo cual supondrá un ahorro anual de 836 €, la inversión se recupera en 8 meses y se reducirán las emisiones en 5,27 toneladas de CO<sub>2</sub>.** *Tabla 15*

Consumo actual kWh	Ahorro estimado %	Ahorro futuro kWh	Coste gas natural €/kWh	Ahorro €	Toneladas CO <sub>2</sub> no emitidas
2.090.371,71	1,00	20.903,72	0,04		
Coste de inversión €	Retorno de la inversión años	Retorno de la inversión días	Retorno de la inversión meses	836,15 €	5,27
600,00 €	0,72	261,92	8,73		

*Tabla 15 Datos de ahorro y reducción emisiones Propuesta 6.1*

## 6.2 BOMBA DE CALOR PARA PRODUCCIÓN DE ACS EN VERANO, CON APROVECHAMIENTO DEL FRIO.

Se propone la instalación de una bomba de calor agua-agua dedicada a la producción de ACS y la energía térmica (frio) producida en el evaporador aprovecharla para climatizar el edificio en verano. Como se menciona anteriormente el edificio solo tiene climatizado de forma centralizada en verano, la segunda planta, esta zona funciona con techo refrescante. Con esta energía térmica residual (frio) se podría extender la climatización en verano a la primera planta o la planta baja. Y se obtendrían unos rendimientos altísimos en la producción de ACS. La caldera 4 no sería necesaria y con el consumo de energía eléctrica de la bomba de calor se obtendría el ACS y la climatización en verano de una planta del edificio.

La demanda de ACS del edificio según los datos registrados es, un consumo diario de 6000 litros y una demanda pico de 700 litros durante una hora. De acuerdo a lo anterior se ha calculado las necesidades de potencia térmica según la *08 Guía técnica de agua caliente sanitaria central del IDAE* [10].

Ajustando a las necesidades reales del edificio y no las teóricas del proyecto, se puede afirmar que con una bomba de calor de 97.4 kW se satisface la demanda de ACS durante los meses de verano. *Tabla 16*

P inst Bomba de calor W	Qc litros	3600 s/h	TACS °C	TAFCH °C	1,16 Wh/I°C		
41760	0,277777778	3600	50	14	1,16		
P Bomba de calor W	Vacumulación l	TACS °C	TAFCH °C	1,16 Wh/I°C	Horas de calentamiento	ηprodACS	
97440	3000	70	14	1,16	4	0,5	

*Tabla 16 Cálculos de la bomba de calor para ACS*

Se ha elegido una bomba de calor agua-agua Mitsubishi Electric/Climaveneta EW-HT 412 [17] 108,7 kW de alta temperatura capaz de llegar a los 75 °C de producción de agua caliente, ver *Ilustración 30*. La selección se ha hecho para trabajar entre 65 °C-60 °C. De acuerdo a estas condiciones de trabajo el intercambiador de placas (primario de ACS) existente, una vez consultado sus características con el fabricante, permite ser usado sin ninguna modificación. La producción de agua fría en el lado del evaporador será enviada a un depósito de acumulación con 4 tomas, con el objetivo de mezclar esta agua a 17 °C con el retorno de la instalación 21 °C, con lo cual la bomba de calor aire-agua existente no tendrá que ponerse en marcha si no es necesario. Con esto se amplía la potencia de frío del edificio pasando de 132 kW a 218 kW, para futuras instalaciones de techo refrescante en el edificio.

CON CALDERA Y ENFRIADORA				
Consumo gas actual kWh durante verano ACS	Consumo total energía final kWh	Coste ACS Verano	Energía térmica calor necesaria ACS kWh	Energía térmica de frío producida kWh
144.000,00	174.883,20	5.760,00 €	84000	82819,2
Consumo electricidad futuro kWh durante verano Climatización (87 kW)	Coste consumo total energía final kWh	Coste Climatización Verano	Horas de funcionamiento	Coste instalación enfriadora 87 kW
30.883,20	9.465,98 €	3.705,98 €	960,00	38.860,49 €
CON BOMBA DE CALOR AGUA-AGUA				
Consumo electricidad futuro kWh durante verano	Consumo total energía final kWh	Energía térmica calor necesaria ACS kWh	Coste instalación bomba de calor 108,7 kW	Ahorro anual €
30.883,20	30.883,20	84000	64.630,61 €	5.760,00 €
Coste de consumo electricidad en verano €	Coste consumo total energía final kWh	Energía térmica de frío producida kWh	Retorno de la inversión	Reducción emisiones toneladas CO2
3.705,98 €	3.705,98 €	82819,20	4,47	36,29

Tabla 17 Datos de ahorro y reducción emisiones Propuesta 6.2

Características del equipo Climaveneta EW-HT /0412	
Potencia calor kW	108,7
Potencia frío kW	86,27
Potencia eléctrica absorbida kW	32,17
Coste electricidad €/kWh	0,12
Coste gas natural €/kWh	0,04
0,252 emisiones kgCO2/kWh Gas	0,252
0,331 kgCO2/kWh Electricidad	0,331

Ilustración 30 Características bomba de calor agua-agua para ACS

Se consigue un **ahorro anual de 5760€, con un retorno de la inversión de 4,47 años y una reducción de las emisiones de 36,29 toneladas de CO<sub>2</sub>**. Ver Tabla 17

Esquema de principio de la instalación de Bomba de Calor para ACS. Ver *ilustración 31*

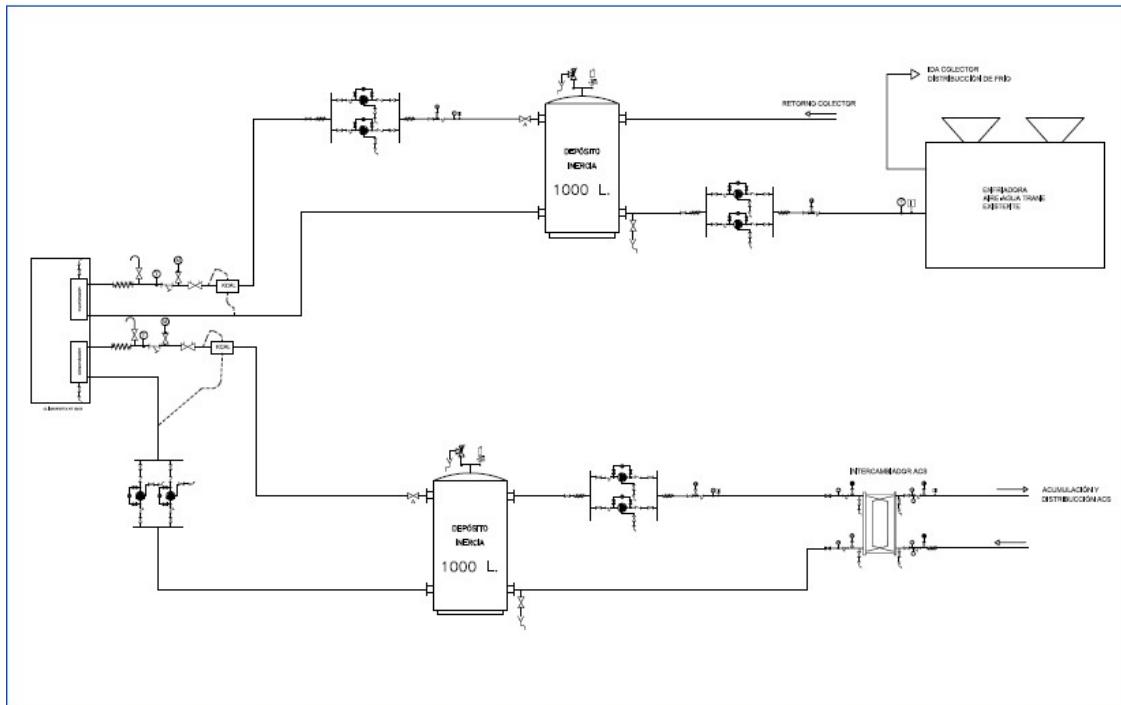


Ilustración 31 Esquema de principio Bomba de Calor para ACS y recuperación de frío

### 6.3 AJUSTE DE LA POTENCIA DE LA CALDERA PARA LA PRODUCCIÓN DE ACS EN VERANO.

De acuerdo con los datos analizados de la producción de ACS durante el verano, la caldera 4, la destina en exclusiva a este fin realiza unos 80 arranques diarios. La potencia de la caldera es muy superior a las necesidades. Por lo cual se propone el ajuste de potencia del quemador de la caldera 4 al 50%. Con esto se consigue reducir las arrancadas de la caldera y alargar su vida útil, a la vez que se mejora el rendimiento en la producción de ACS. Según los datos obtenidos **el rendimiento se mejora en un 5 %. Esto supondrá la reducción de 288 € anuales y 1,81 toneladas de CO<sub>2</sub> no emitidas. No requiere de inversión económica. Tabla 18**

Consumo actual kWh durante verano	Ahorro estimado %	Consumo futuro kWh	Coste gas natural €/kWh	Ahorro €	Toneladas CO <sub>2</sub> no emitidas
144.000,00	5,00	7.200,00	0,04		
Coste de inversión €	Retorno de la inversión años	Retorno de la inversión días	Retorno de la inversión meses	288,00 €	1,81
0,00 €	0,00	0,00	0,00		

Tabla 18 Datos de ahorro y reducción emisiones Propuesta 6.3

### 6.4 REDUCCIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR LA RECIRCULACIÓN DE ACS.

Las pérdidas por la recirculación son altas por lo que se comprueba el aislamiento de las tuberías de ACS, el cual tiene un espesor de 19 mm en todas las zonas del edificio chequeadas tras varias visitas (pueden existir en un edificio como el estudiado, tuberías ocultas). Al comprobar que existía aislamiento, se comprueba con el *programa AISLAM* [14] que las pérdidas existentes en la instalación son similares a las que calcula el programa, teniendo en cuenta longitudes de tuberías, diámetros y un espesor de aislamiento de 19 mm. Los datos obtenidos son similares a los datos de pérdidas obtenidos al registrar los datos del contador térmico instalado en el retorno de ACS. Por lo tanto, se asume que las pérdidas son acordes al espesor del aislamiento y longitud tuberías. [13]

Para reducir las pérdidas se propone la colocación de espesores de aislamiento 35 mm para las tuberías existentes de 90, 50 y 40 mm de diámetro y de 30 mm para las de 25 y 20 mm de diámetro.

Perdidas con 19 mm aislamiento MWh al año	Perdidas con 35 o 30 mm de aislamiento MWh al año
573,75	375,80
Ahorro %	34,50
Si reducimos las perdidas anuales en 34,5 %	56,93
Consumo de gas ahorrado en MWh	74,40
Ahorramos en € ( con precio de kWh de gas a 0,04)	2.975,95 €
Toneladas de CO2 anuales no emitidas	18,75
Costes de instalación de aislamiento espesor 35 o 30	109.065,50 €
Retorno de la inversión Años	36,65

Tabla 19 Datos de ahorro y reducción emisiones Propuesta 6.4

Puede verse que el coste es de unos 110000 € y los ahorros anuales para un coste del kWh de gas de 0,04 € son de 3000 €, el retorno de la inversión no es adecuado. Por lo tanto, se propone la sustitución progresiva del aislamiento, aprovechando las actuaciones de mantenimiento. Las toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas son 18,75. Ver Tabla19

## 6.5 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO MUNICIPAL.

Todas las acciones realizadas durante este análisis han permitido la creación de una metodología aplicable a los edificios municipales en lo que respecta a la eficiencia energética de las instalaciones de climatización. La metodología propuesta es:

### Metodología de análisis de la eficiencia energética del edificio municipal.

#### *Datos de energía consumidos por la instalación.*

El primero de los pasos a realizar es recopilar datos de los consumos de energía y agua del edificio y de sus instalaciones. La cantidad de años a recopilar es el máximo posible para tener una buena perspectiva histórica del edificio. En lo que respecta a los consumos de climatización (suponen entre un 50% y un 75 % del consumo global del edificio) estarán influenciados por dos variables la climatología y el uso del edificio municipal. La climatología que ha ocurrido en la ciudad de Zaragoza se puede obtener de distintos organismos nacionales (AEMET). Y el uso que ha tenido requiere de una labor exhaustiva durante las visitas. Por la tanto a la hora de recabar esta información cuantas más personas sean consultadas más real será la información.

#### *Datos recogidos de la facturación.*

Los consumos de energía globales del edificio serán recopilados a través de las facturas mensuales o bimestrales proporcionadas por la comercializadora de electricidad y/o gas. Estos datos tienen que ser recopilados de forma que se puedan comprobar, por ejemplo, en suministro de gas el factor de conversión de m<sup>3</sup> a kWh o la presión de suministro, en electricidad la potencia contratada, la penalización por reactiva, los excesos de potencia, etc.

La recopilación permitirá comparar los consumos por meses (o bimestrales) y años para poder hacer comparativas reales. En esta recopilación hay que tener especial cuidado con facturas con valores estimados o con datos erróneos que son corregidos a posterior por la comercializadora.

Otro aspecto a tener en cuenta, en la actualidad el Ayuntamiento de Zaragoza compra directamente la electricidad a través de un representante. La forma de recopilar los datos globales de consumo eléctrico del edificio se realizará a través de la descarga de las curvas de carga del contador eléctrico del edificio. Si todo sigue igual este sería el método para año 2021 y sucesivos y para los anteriores con las facturas de la comercializadora.

En el caso de gasoil para calefacción hay que recopilar los datos de forma cuidadosa ya que de una temporada de invierno a otra puede ser que el deposito tenga una cantidad de gasoil almacenada, por eso en estos casos sería bueno consultar con los oficiales de mantenimiento del edificio el registro de las mediciones en las varillas de medición de los depósitos. En los últimos años se están instalando contadores de gasoil para tener un control más preciso del consumo del mismo.

#### *Datos recogidos del programa Siarq.*

El Ayuntamiento de Zaragoza dispone de un programa denominado Siarq donde se recopilan los consumos de electricidad, gas y gasoil de los edificios municipales (entre otras muchas cosas). Estos datos están basados en los datos de facturación, pero hay que hacer una comparación entre ambos porque pueden existir errores como ha ocurrido en este caso de estudio.

La forma de recogida de los datos dentro del Siarq puede ser a través del número REM del edificio y una vez dentro del edificio en la pestaña de unidad de conservación ver los suministros que tiene el mismo. Y descargar los datos de cada uno de los mismos de los últimos años en formato Excel. *Ilustración 32*

# 9		Denominación Oficial equipamiento: CASA AMPARO				EQUIPAMIENTO ACTIVO	
		ENERGÍA				Ver documentos	
Unidad de Conservación		Estado	Tipo de Energía	Origen	Contrato (CUPS)	Observaciones	Porcentaje
<input checked="" type="checkbox"/>	Energía	Baja	Hidrocarburos	Propia	F002781000	Se precisa manguera larga	100,00%
<input checked="" type="checkbox"/>	Limpieza	Alta	Electricidad	Derivada	ES0031300253799001M0J0F	Este CT da servicio al Centro de Documentación del Agua y Medio ambiente.	80,00%
<input checked="" type="checkbox"/>	D Derivada	Alta	Gas	Derivada	ES0208330025666003HQ	Toma por paseo Echegaray	100,00%
<input checked="" type="checkbox"/>	Mantenimiento	Alta	Gas	Derivada	ES0208330025666002HS	Toma por paseo Echegaray	100,00%
<input checked="" type="checkbox"/>	D Derivada						
<input checked="" type="checkbox"/>	Arquitectura						

*Ilustración 32 Imagen Siarq consulta Energía a través del REM*

La otra posibilidad es conociendo el cups ir a la pestaña de energía e introduciendo el cups de electricidad, gas o gasoil y descargar los datos de consumos en la pestaña de o informes basados en datos de facturación.

INFORME DE CONSUMOS DE GAS POR EQUIPAMIENTO							
Zaragoza		EQUIPAMIENTO: PSE GAS EQP CASA AMPARO				TARIF ▶ 3.4P	
		CUPS: ES0208330025666003HQ				A:	
<b>2013</b>							
MES	kWh	COSTE ENERGIA	PEAJES	ALQUILER	OTROS	IMPORTE	% AÑO ANTERIOR
SEPTIEMBRE	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	733,80 €	
OCTUBRE	45.832	2.245,07 €	39,62 €	20,19 €	107,25 €	3.724,84 €	
NOVIEMBRE	45.653	2.235,31 €	79,15 €	40,33 €	106,83 €	2.978,56 €	
DICIEMBRE	631.454	30.917,25 €	79,15 €	40,33 €	1.477,60 €	39.342,34 €	
	722.939	35.397,63 €	197,92 €	100,85 €	1.691,68 €	46.779,54 €	
<b>2014</b>							
MES	kWh	COSTE ENERGIA	PEAJES	ALQUILER	OTROS	IMPORTE	% AÑO ANTERIOR
ENERO	379.056	18.633,30 €	80,97 €	40,33 €	886,99 €	23.766,32 €	

*Ilustración 33 Imagen Siarq Excel informe de consumos*

La recopilación de datos se realizará de tal forma que sea fácilmente comparable con los datos de facturación mensual (bimensual) y anual (temporada).

#### *Datos recogidos con los contadores propios de la instalación.*

Durante las visitas a la instalación o a través de los oficiales de mantenimiento del edificio se registrarán fotográficamente los datos de los contadores propios de la instalación. Estos

contadores pueden ser para medición de electricidad, de gas y energía térmica. Los **contadores eléctricos** que nos interesan son aquellos que miden la energía consumida por los equipos de climatización, pueden medir de forma individual la energía consumida por cada bomba de calor o por el conjunto de la central de producción (calderas, bombas de calor, quemadores, etc.) e incluso el consumo de todos los equipos que proporcionan la climatización del edificio. Estos datos hay que tenerlos claros y hacer las pruebas necesarias para comprobarlo. Los **contadores de gas** son los que miden el consumo de gas de las calderas para la producción de calefacción y ACS, el suministro de gas para calefacción o para cocina son independientes en los edificios municipales. En este caso hay que tener cuidado con el factor de conversión a kWh dependiendo de la fecha, en el apartado 4.1 se ve cómo encontrarlo en internet para cada fecha en concreto. Los **contadores térmicos** permiten conocer la energía térmica generada por las bombas de calor, las calderas o la energía térmica distribuida por la instalación. Estos contadores son básicos para analizar la eficiencia energética de la instalación, permiten determinar el rendimiento de las bombas de calor, enfriadoras y calderas al comparar su consumo de energía final con la energía térmica que producen. Con este rendimiento se puede determinar si el equipo está trabajando en las mejores condiciones y si no fuera así buscar las mejores condiciones de funcionamiento o valorar su sustitución o reparación.

Todos estos datos quedarán registrados en archivos tipo Excel para poder trabajarlos y sacar conclusiones sobre qué parámetros hacen que el rendimiento del equipo sea mejor. Conocer qué parte de la energía consumida global corresponde a los equipos de climatización es importante para ajustar las mejoras a realizar.

#### **Datos de la instalación.**

Esta experiencia ha demostrado que, aunque la instalación de climatización sea sencilla se requieren un mínimo de cuatro visitas para poder realizar un buen análisis de la instalación de climatización. Estas visitas pueden ser, la visita de los equipos de producción, la de la distribución, la de los elementos terminales y la de los sistemas de control de la instalación de climatización. Muy importante realizar gran cantidad de fotografías generales de la instalación y de las placas de características.

#### **Equipos de producción.**

En los equipos de producción hay que registrar qué tipos de bomba de calor son, aire-agua, agua-agua, expansión directa, aire-aire, etc. Tipos de calderas, condensación o no, qué tipo de quemadores modulantes o de etapas. La potencia de los equipos, su antigüedad y detalles constructivos. Por último, son también importantes datos relacionados con su ubicación y su histórico de reparaciones.

#### **Equipos de distribución.**

En los equipos de distribución hay que registrar los datos de las bombas circuladoras, cantidad de circuitos de distribución, si existen válvulas de tres vías en los circuitos, revisar los aislamientos de las tuberías de distribución.

#### **Equipos terminales.**

En los equipos terminales hay que registrar los datos de potencia y tipología (conductos, radiadores, etc.) si dispone de válvulas de 2 vías o de 3 vías, su ubicación y el tipo de control que tienen cada uno de ellos.

#### **Sistema de control y gestión de la climatización.**

En lo que respecta al control de la instalación hay que fijarse en aspectos como por ejemplo si funciona mediante relojes horarios, termostatos individuales, autómatas con interfaz

gráfico en pc o con pantalla. En el caso de autómatas conseguir el manual de funcionamiento de la instalación si es posible. En los que dispongan de pc analizar las variables que el sistema permite registrar para comenzar a registrar los valores que se consideren necesarios.

#### **Datos registrados por el sistema de gestión.**

En el caso que se disponga un sistema de gestión de la climatización que permita registrar variables. Se tendrá que revisar todas las variables que se pueden registrar y guardar los datos para analizarlos, por el siguiente orden de prioridad.

1. Las energías consumidas, producidas y perdidas en la instalación, así como el consumo de agua. Se registrarán en principio cada 15 minutos, aunque si el análisis lo requiere se pueden registrar cada cambio de valor durante unos días. El cambio de valor nos permitirá ver cuando se producen los picos de consumo a lo largo del día.
2. Temperatura exterior e interior (ambiente), así como temperaturas de impulsión y retorno de los distintos circuitos y de los equipos de producción, también las temperaturas de los depósitos de acumulación. Estos datos se registrarán cada 15 minutos.
3. Horas de funcionamiento y arrancadas de los equipos de producción (calderas, enfriadoras, bombas de calor). En casos especiales también se pueden registrar las horas y arrancadas de las bombas circuladoras y bombas de pozo (geotermia circuito abierto). Estos datos se registrarán cada cambio de valor, con el objetivo de ver en qué periodo del día se producen más arrancadas.
4. La apertura de las V3V de los circuitos y de los elementos terminales. En este caso se registrarán cada cambio de valor, aunque se registren muchos valores, el objetivo es comprobar como de estable es la programación de las mismas y como es la demanda de los circuitos y elementos terminales.
5. Por último, se pueden registrar los caudales de los contadores térmicos cada 15 minutos para poder comprobar si se está trabajando en las condiciones de diseño a la vez que se puede comprobar si las mediciones de energía térmica se están realizando correctamente.

#### **Datos registrados por los equipos auxiliares.**

En determinadas instalaciones no se dispone de equipos que permitan la medición de energías, temperaturas y caudales. Para ello se deberán instalar, analizadores de redes fijos o portátiles que permitan el registro de valores, contadores de energía térmica no invasivos y por ultimo datalogger que permitan registrar temperatura ambiente, humedad, ppm de CO<sub>2</sub> en los espacios del edificio a estudio. Los criterios para el registro son los mismos que en los elementos del sistema de gestión. De estos elementos el Ayuntamiento dispone de todos menos de los contadores de energía térmica no invasivos. Se ha solicitado su compra.

## 7 TABLA ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1 Calderas .....	4
Ilustración 2 Circuitos calefacción .....	5
Ilustración 3 Esquema de principio de la central térmica .....	5
Ilustración 4 Plano sala de calderas .....	6
Ilustración 5 Esquema de principio de ACS visto en el sistema de gestión .....	7
Ilustración 6 Imagen software SIARQ.....	9
Ilustración 7 Excel Análisis eficiencia de las calderas Casa Amparo .....	10
Ilustración 8 Imagen Factura Naturgy.....	10
Ilustración 9 Factor de Conversión para un día concreto antes de seleccionar municipio y pre-sión .....	11
Ilustración 10 Factor de Conversión para un día concreto.....	11
Ilustración 11 Imagen EXCEL descargada de Web ENAGAS.....	12
Ilustración 12 Imágenes discrepancia factura y Excel Siarq gas pormenorizado.....	13
Ilustración 13 Gráfica modulación caldera 2 el 3/3/2021.....	16
Ilustración 14 Porcentaje de modulación V3V circuito izquierda en 04/03/2021 .....	16
Ilustración 15 Modulación Caldera 2 inicio temporada .....	17
Ilustración 17 Potencia caldera 4 en exclusiva producción ACS .....	19
Ilustración 18 Temperatura caldera 4 en exclusiva producción ACS .....	19
Ilustración 19 Histograma apertura válvula de 3 vías de regulación ACS .....	20
Ilustración 20 Histograma porcentaje apertura válvula circuito izquierda.....	22
Ilustración 21 Temperatura exterior 1/1/2021 a 15/1/2021 .....	23
Ilustración 22 Caudal contador térmico de calderas .....	25
Ilustración 23 Imagen sistema de gestión caldera 2 con modulación 25% .....	29
Ilustración 24 Imagen analizador productos de la combustión con caldera 2 a 25 % (Rendi-miento combustión).....	29
Ilustración 25 Imagen sistema de gestión caldera 2 con modulación 50% .....	30
Ilustración 26 Imagen analizador productos de la combustión con caldera 2 a 50 % (Rendi-miento combustión).....	30
Ilustración 27 Tabla Alfa Laval Comportamiento de los intercambiadores de calor Alfa Laval a cargas parciales. ....	34
Ilustración 28 Imagen Web Testo 160 IAQ.....	35
Ilustración 29 Imagen Testo 160 IA temperatura .....	35
Ilustración 30 Características bomba de calor agua-agua para ACS.....	41
Ilustración 31 Esquema de principio Bomba de Calor para ACS y recuperación de frío.....	41
Ilustración 32 Imagen Siarq consulta Energía a través del REM .....	43
Ilustración 33 Imagen Siarq Excel informe de consumos.....	44

## 8 LISTADO TABLAS

---

Tabla 1 Tabla consumos energía final globales y por m <sup>2</sup> .....	12
Tabla 2 Consumos medios energía final.....	12
Tabla 3 Variables registradas .....	14
Tabla 4 Porcentaje de tiempo trabajando en un intervalo de potencia Caldera 2 .....	18
Tabla 5 Porcentajes de posición de apertura de la válvula de 3 vías.....	20
Tabla 6 Porcentaje apertura válvula de 3 vías circuito derecha .....	21
Tabla 7 Porcentaje apertura válvula de 3 vías circuito izquierda.....	22
Tabla 8 Datos promedio diario contador térmico calderas .....	26
Tabla 9 Datos promedio diario contador térmico primario ACS.....	26
Tabla 10 Datos promedio diario contador térmico retorno ACS .....	26
Tabla 11 Tabla de resultados de la prueba de rendimiento combustión en calderas.....	28
Tabla 12 Rendimiento térmico Excel Análisis eficiencia energética sala de calderas Casa Am- paro .....	31
Tabla 13 Promedio diario consumos y rendimiento. Excel Datos consumos .....	31
Tabla 14 Tabla de arrancadas y horas de trabajo diarias de los quemadores de las calderas ...	33
Tabla 15 Datos de ahorro y reducción emisiones Propuesta 6.1.....	40
Tabla 16 Cálculos de la bomba de calor para ACS.....	40
Tabla 17 Datos de ahorro y reducción emisiones Propuesta 6.2.....	41
Tabla 18 Datos de ahorro y reducción emisiones Propuesta 6.3.....	42
Tabla 19 Datos de ahorro y reducción emisiones Propuesta 6.4.....	43

## 9 BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] CTE. Guía de aplicación DBHE 2019 en el punto 4 Conceptos de interés.
- [2] CTE DB HE en la tabla C-Anejo F.
- [3] Real Decreto 949/2001, de 3 de agosto, por el que se regula el acceso de terceros a las instalaciones gasistas y se establece un sistema económico integrado del sector de gas natural.
- [4] Enagas. (14 de 5 de 2021). Obtenido de [https://www.enagas.es/enagas/es/Gestion\\_Tecnica\\_Sistema/CalidadGas/CalidadGasMunicipio](https://www.enagas.es/enagas/es/Gestion_Tecnica_Sistema/CalidadGas/CalidadGasMunicipio)
- [5] Sedical. (14 de 5 de 2021). Obtenido de <https://www.sedical.com/productos/sistemas-de-control-y-regulacion-sedical-honeywell/gestion-tecnica-centralizada-centra5000/controlador-centra-70>
- [6] RITE actualizado (Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios)
- [7] UNE-EN ISO 6976
- [8] Arena Honeywell. Manual. (14 de 5 de 2021). Obtenido de Arena Honeywell. Manual: <https://products.ecc.emea.honeywell.com/europe-historic-new/pdf/en1z0906-ge51r0116.pdf>
- [9] Aemet. (18 de mayo de 2021). Aemet.es. Obtenido de [https://www.aemet.es/es/conocer-mas/borrascas/2020-2021/estudios\\_e\\_impactos/filomena](https://www.aemet.es/es/conocer-mas/borrascas/2020-2021/estudios_e_impactos/filomena)
- [10] 08 Guía técnica de agua caliente sanitaria central del IDAE.
- [11] DTIE 1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios de Atecyr
- [12] Optimización de la combustión. TESTO.
- [13] Guía técnica Diseño y Cálculos Aislamientos IDAE.
- [14] Programa AISLAM. IDEA
- [15] (Ygnis.es, s.f.). <https://www.ygnis.es/Productos/Calderas-industriales/WA-233-a-6977-kW>
- [16] (vulcanosadeca.com, s.f.) <https://vulcanosadeca.com/calderas-pirotubulares/>
- [17] (Mitsubishi Electric Hydronics & IT Cooling Systems S.p.A , s.f.). <https://www.melcohit.com/en>
- [18] (Alfa Laval, s.f.). <https://www.alfalaval.es/>
- [19] (Sedical, s.f.). [https://www.sedical.com/productos/quemadores-weishaupt/quemadores-digitales-weishaupt-monarch-wm-10-hasta-1-250-kw](https://www.sedical.com/productos/quemadores-weishaupt/quemadores-digitales-weishaupt-monarch-wm-hasta-11-000-kw/quemadores-digitales-weishaupt-monarch-wm-10-hasta-1-250-kw)
- [20] (Sedical, Quemadores Weishaupt WG, s.f.). [https://www.sedical.com/Descargas/quemadores\\_weishaupt/quemadores\\_weishaupt\\_w\\_\(hasta\\_550\\_kw\)/2141%20E\\_Jan15.pdf](https://www.sedical.com/Descargas/quemadores_weishaupt/quemadores_weishaupt_w_(hasta_550_kw)/2141%20E_Jan15.pdf)

## **10 ANEXOS**

---

**10.1 ANEXO I CENTRAL TÉRMICA.**

**10.2 ANEXO II. PRUEBA DEL RENDIMIENTO DE LA COMBUSTIÓN.**

**10.3 ANEXO III REGISTROS Y TENDENCIAS**

**10.4 ANEXO IV NORMATIVA LEGIONELLA**

# ANEXO I CENTRAL TÉRMICA.

## Central térmica de producción de calor, para calefacción y ACS

A continuación, se puede ver las características de las 4 calderas que componen la instalación de calefacción y producción de ACS.



Ilustración 1 4 calderas



Ilustración 2 Circuitos calefacción

## **CALDERA 1**



Ilustración 3 Caldera 1+quemador

Es una caldera pirotubular Ygnis WA 550 con una potencia térmica de 639,6 kW, fabricada en 1978 dispone de un quemador modulante Weishaupt (Monarch) WM-G10/3 A/ZM. La capacidad de modulación del quemador va desde 100 kW a 1000 kW.

Es la caldera de mayor potencia, en la actualidad está parada por tener una fuga en la parte posterior del cuerpo de la caldera.

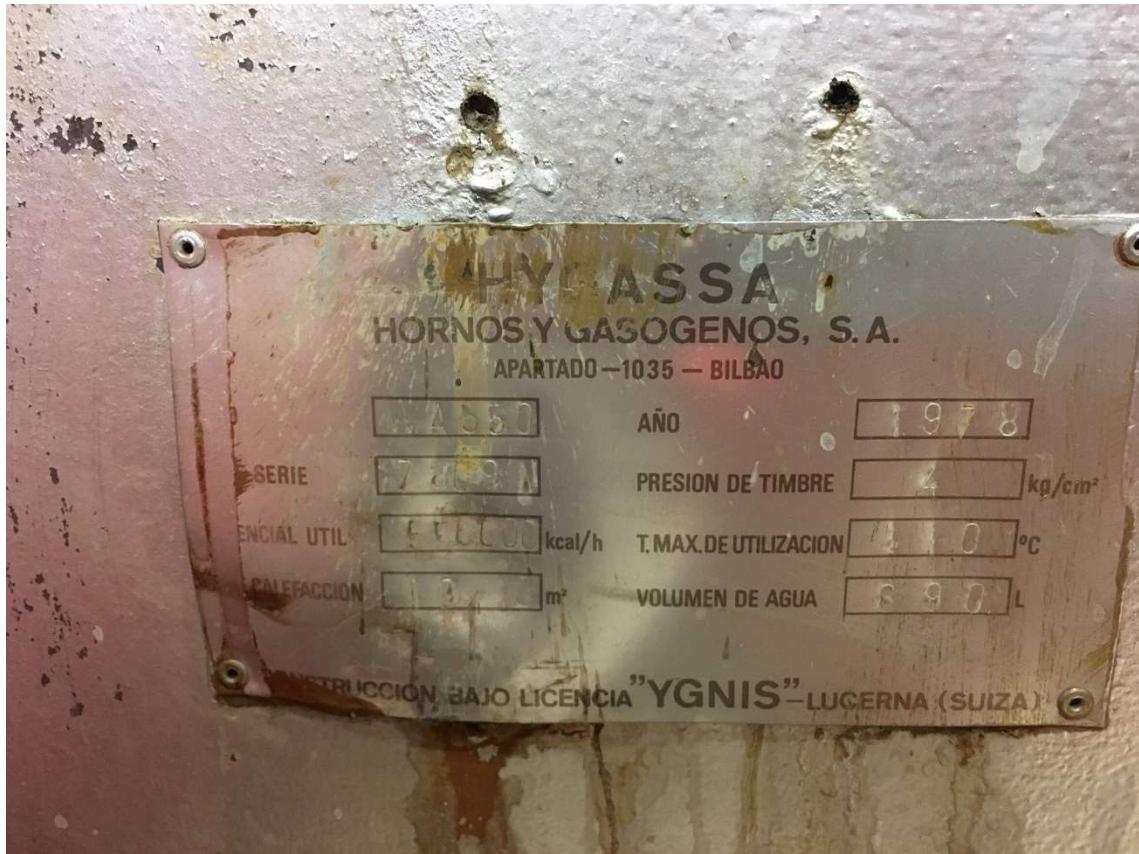


Ilustración 4 Placa caldera 1



Ilustración 5 Quemador caldera 1

## Caldera 2



Ilustración 6 Caldera 2+quemador

Es una caldera pirotubular Ygnis WA 450 con una potencia térmica de 523 kW, fabricada en 1985 dispone de un quemador modulante Weishaupt (Monarch) WM-G10/3 A/ZM. La capacidad de modulación del quemador va desde 100 kW a 1000 kW.



Ilustración 7 Placa caldera 2



Ilustración 8 Quemador caldera 2

### Caldera 3



Ilustración 9 Caldera 3+ quemador

Es una caldera pirotubular Ygnis WA 250 con una potencia térmica de 290kW, fabricada en 1985 dispone de un quemador modulante WEISHAUPt, modelo WG 30N/1-C ZM-LN. La capacidad de modulación de este quemador va desde 60 kW a 350 kW.



Ilustración 10 Placa caldera 3



Ilustración 11 Quemador caldera 3

## Caldera 4



Ilustración 12 Caldera 4+quemador

Es una caldera pirocular Vulcano Sadeca EUROBLOC-SUPEREX 174 con una potencia térmica de 174 kW, fabricada en 2018 dispone de un quemador modulante WEISHAUP, modelo WG 30N/1-C ZM-LN. La capacidad de modulación de este quemador va hasta 350 kW.



Ilustración 13 Placa caldera 4



Ilustración 14 Quemador 4

## Circuitos de calefacción

Las cuatro calderas trabajan contra un colector corrido con 4 circuitos para la distribución de calefacción y uno para la producción de ACS. Con respecto a la producción de ACS la instalación hidráulica permite que la caldera 4 trabaje únicamente para la producción de ACS sin tener que calentar el agua del colector.

Hay un contador de energía térmica instalado en la tubería de retorno a calderas desde el colector, que nos permite medir la energía térmica que desde las calderas se distribuyen a los circuitos de calefacción. **SEDICAL (SONTEX) / HIDRODINÁMICO MODELO SUPERSTATIC 440 CON INTEGRADOR SUPERCAL 531.** Se denomina *CONTADOR DE CALEFACCIÓN*.

Existen 4 circuitos denominados comunidad vieja, comunidad nueva, derecha e izquierda cada uno de ellos dispone de válvula de 3 vías proporcional mezcladoras (están ubicadas antes de las bombas) y sus correspondientes bombas circuladoras.

- Comunidad Vieja

Dispone de válvula de 3 vías mezcladora Siemens y una bomba circuladora doble Grundfos Magna 80-120 F, esta bomba puede realizar medición de energía de este circuito.

- Comunidad Nueva

Dispone de válvula de 3 vías mezcladora Siemens y una bomba circuladora Grundfos Magna 1 50-120.

- Derecha

Dispone de válvula de 3 vías mezcladora Honeywell y una bomba circuladora doble Grundfos UPSD 80-120/F.

- Izquierda

Dispone de válvula de 3 vías mezcladora Honeywell y una bomba circuladora Grundfos UPS 65-120/F.

## Producción de ACS

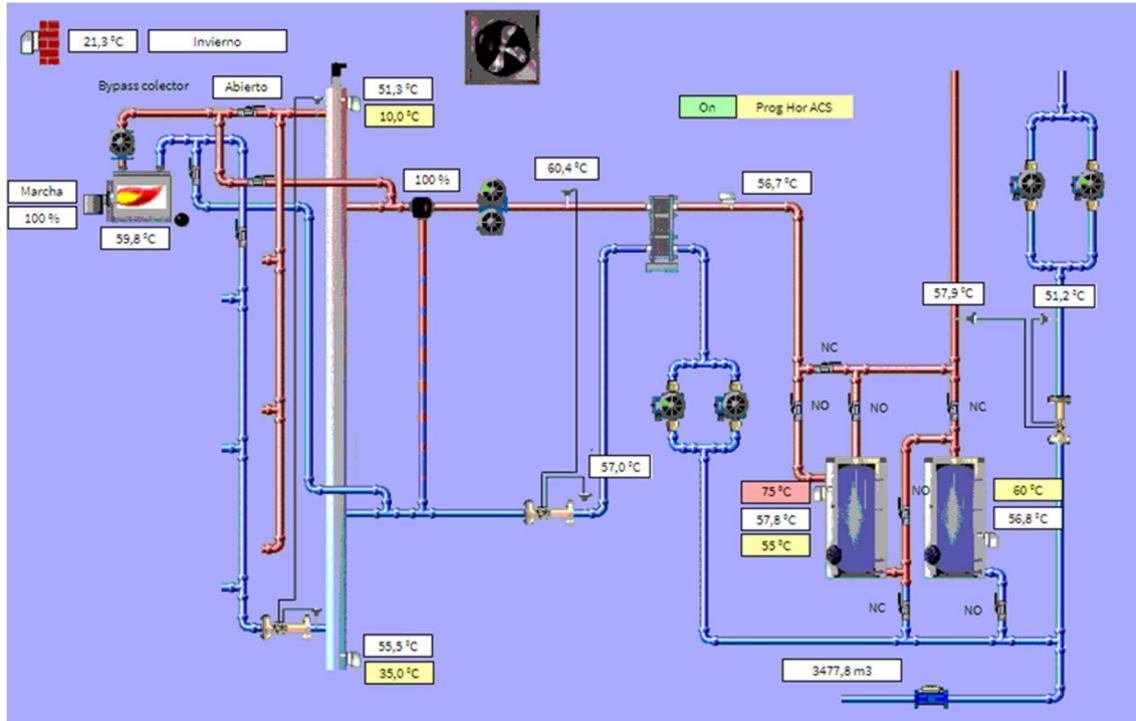


Ilustración 15 Esquema de principio de ACS visto en el sistema de gestión



Ilustración 16 Bombas primario, secundario e intercambiador de ACS

La producción de ACS se puede realizar a través de la caldera 4 dedicada en exclusiva o mediante un circuito hidráulico que va desde el colector. Es decir, en verano se puede dejar solo funcionando la caldera más pequeña para producir ACS y por el contrario en invierno desde el colector producir ACS como si fuera un circuito de calefacción. En este caso el sistema de gestión considera prioritario mantener ACS a la temperatura consignada (60 °C para cumplir con la normativa de legionella).

La instalación de ACS consta de un intercambiador de placas Sedical UFP-54 31 LM con una potencia de 420 kW condiciones de trabajo nominales 70°/55° en primario y 10°/60° en secundario.



Ilustración 17 Intercambiador para producción ACS

En la parte de primario de la producción de ACS existe una bomba circuladora doble de rotor húmedo Sedical by Biral AMD 65/8-B destina a circular el agua entre la caldera o el colector y el primario del intercambiador de placas. Además, el primario dispone de una válvula mezcladora marca Honeywell CENTRA DR 50 para controlar la temperatura del agua de primario del intercambiador y por lo tanto control de la temperatura de impulsión de ACS. Para contabilizar la energía térmica necesaria para producir ACS dispone de un contador **SEDICAL (SONTEX) / HIDRODINÁMICO MODELO SUPERSTATIC 440 CON INTEGRADOR SUPERCAL 531 DN 65 (25 m3/h)** instalado en el retorno del primario para soportar temperaturas más bajas.



Ilustración 18 Bomba rotor húmedo primario ACS



Ilustración 19 Contador térmico primario ACS

En el secundario hay dos depósitos de acumulación de 1500 litros Lapesa Coral Vitro 1500 RB, dos bombas de carga (bombas circuladoras de rotor seco Sedical SIM 50/150) y dos bombas de recirculación de ACS Grundfos UPS 32 80 N 180, las bombas situadas en el secundario serán de cuerpo de bronce porque transportan agua para consumo humano.



Ilustración 20 Depósitos acumulación



Ilustración 21 Bomba de carga secundario ACS. Rotor Seco

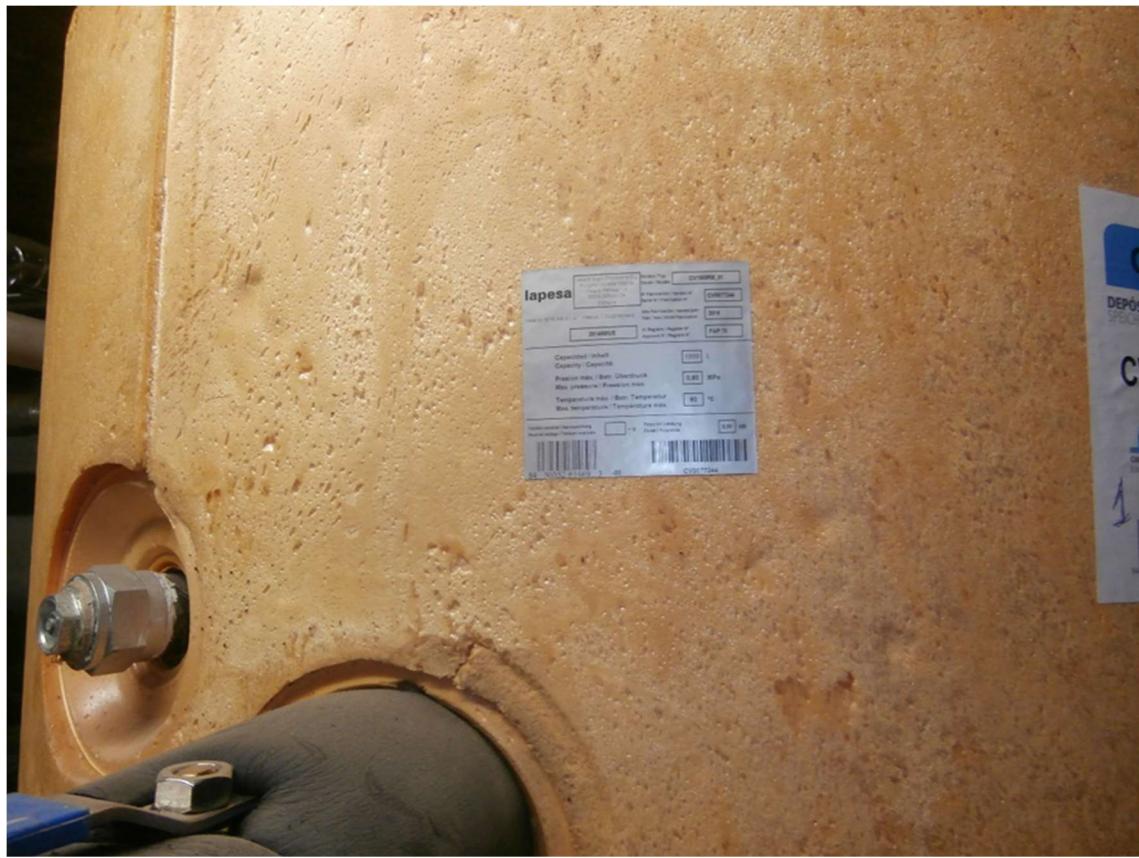


Ilustración 22 Placa depósito acumulador ACS



Ilustración 23 Bombas recirculación ACS

Para la medición de la energía térmica perdida en la recirculación de ACS existe un contador **SEDICAL (SONTEX) / HIDRODINÁMICO de latón y modelo SUPERSTATIC 440 1 ¼" (3'5 m3/h), y una cabeza de medición electrónica modelo SUPERCAL 531.**



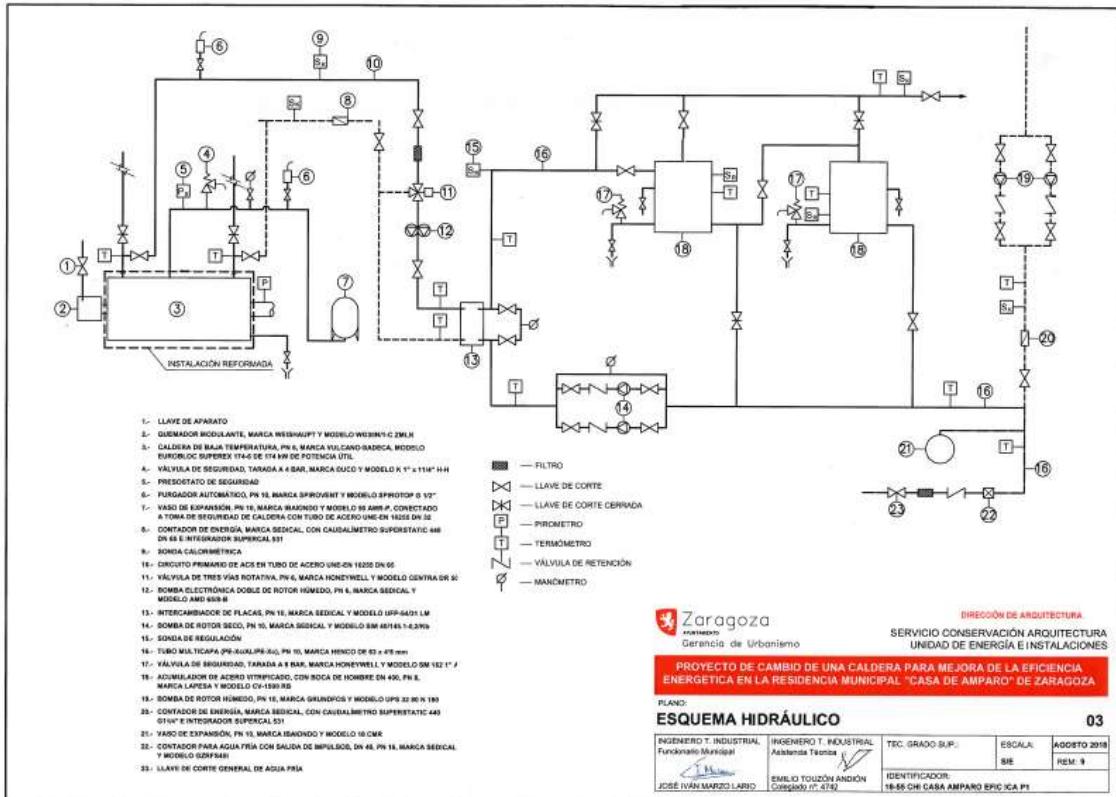
Ilustración 24 Contador térmico recirculación ACS

Para la medición del ACS consumida se instala un contador mecánico para agua fría, marca SEDICAL, modelo GZRFS40i, DN 40, PN 16 y con salida de impulsos.



Ilustración 25 Contador agua fría entrada ACS

Como se puede ver en el esquema de principio la producción de ACS permite trabajar en instantáneo, con un solo depósito o con dos depósitos de acumulación y de forma combinada instantáneo y acumulación. El objetivo de este tipo de instalación es garantizar el suministro ante casos de averías y facilitar la realización de labores de mantenimiento sin dejar de suministrar ACS.



### Ilustración 26 Esquema de principio producción ACS

# ANEXO II. PRUEBA DEL RENDIMIENTO DE LA COMBUSTIÓN.

## Rendimiento de la combustión de las calderas

El objetivo de esta prueba es comprobar el rendimiento de la combustión de las calderas de la central térmica de la Residencia Geriátrica “Casa Amparo”. Las cuatro calderas disponen de quemadores modulantes y el sistema de gestión modifica esta modulación buscando la máxima eficiencia de las calderas.

El día 30/10/2020 con un analizador de los productos de la combustión Marca TESTO modelo 330-2 LL se realizó la prueba, la actuación consiste en modificar la modulación del quemador desde el sistema de gestión y ver como estos cambios afectan al rendimiento de la combustión de las calderas.

La prueba se ha realizado sobre las calderas 2 y 3, se realiza sobre estas dos calderas ya que la caldera 1 esta parada por tener una fuga hidráulica en el cuerpo de la misma y la caldera 4 estaba destinada a la producción de ACS en exclusiva y cortaba por la temperatura de caldera (no permitía la modulación el sistema de gestión). Se consideran los resultados extrapolables a las otras dos calderas ya que tienen características similares.

Caldera 2		Caldera 3	
Modulación	Rendimiento combustión	Modulación	Rendimiento combustión
25%	94,2	25%	93,1
40%	93,5	40%	92,7
50%	92,1	50%	91,6
60%	90,4	60%	90,7
80%	88,8	80%	89,9
100%	Esta limitada al 80% por potencia la caldera 1 y2	100%	89,5

Tabla 1 Tabla de resultados rendimiento combustión

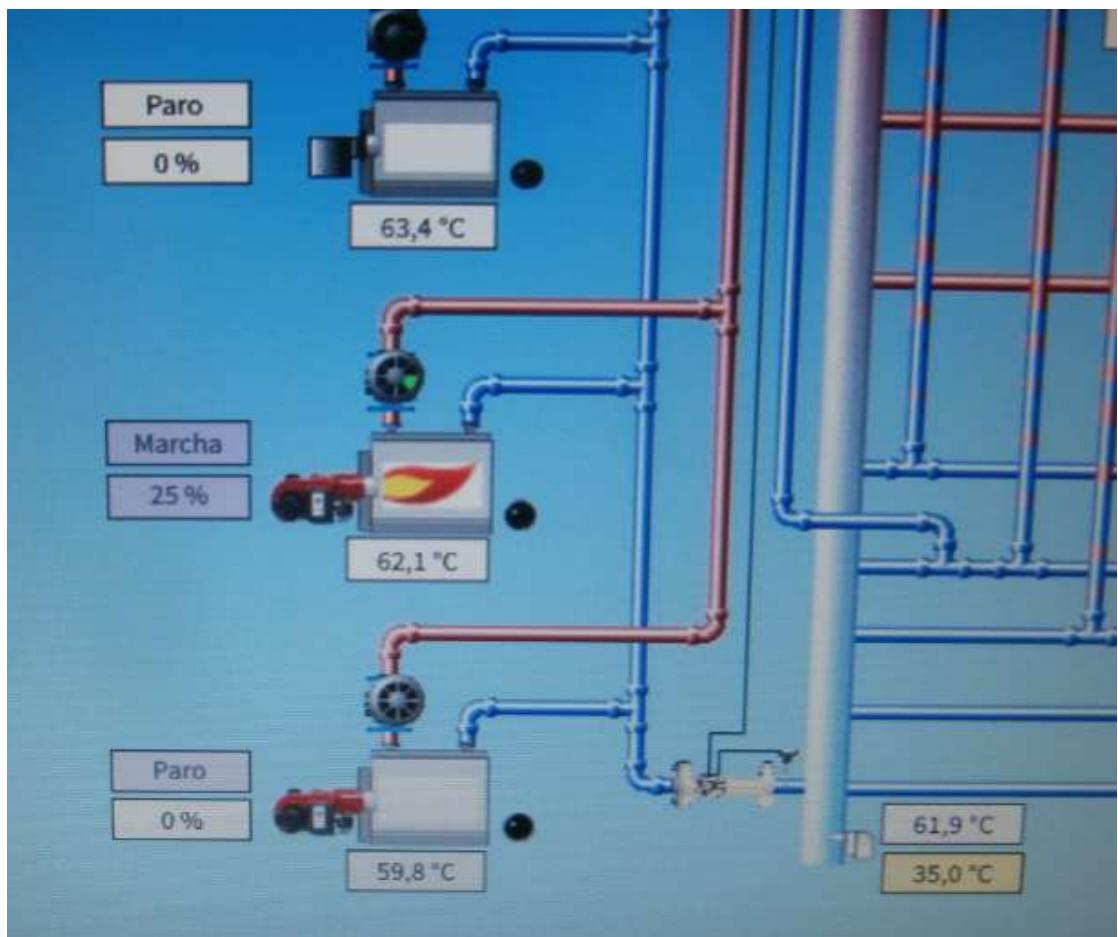


Ilustración 1 Caldera 2 modulación 25%



Ilustración 2 Caldera 2 Rendimiento combustión a modulación 25%

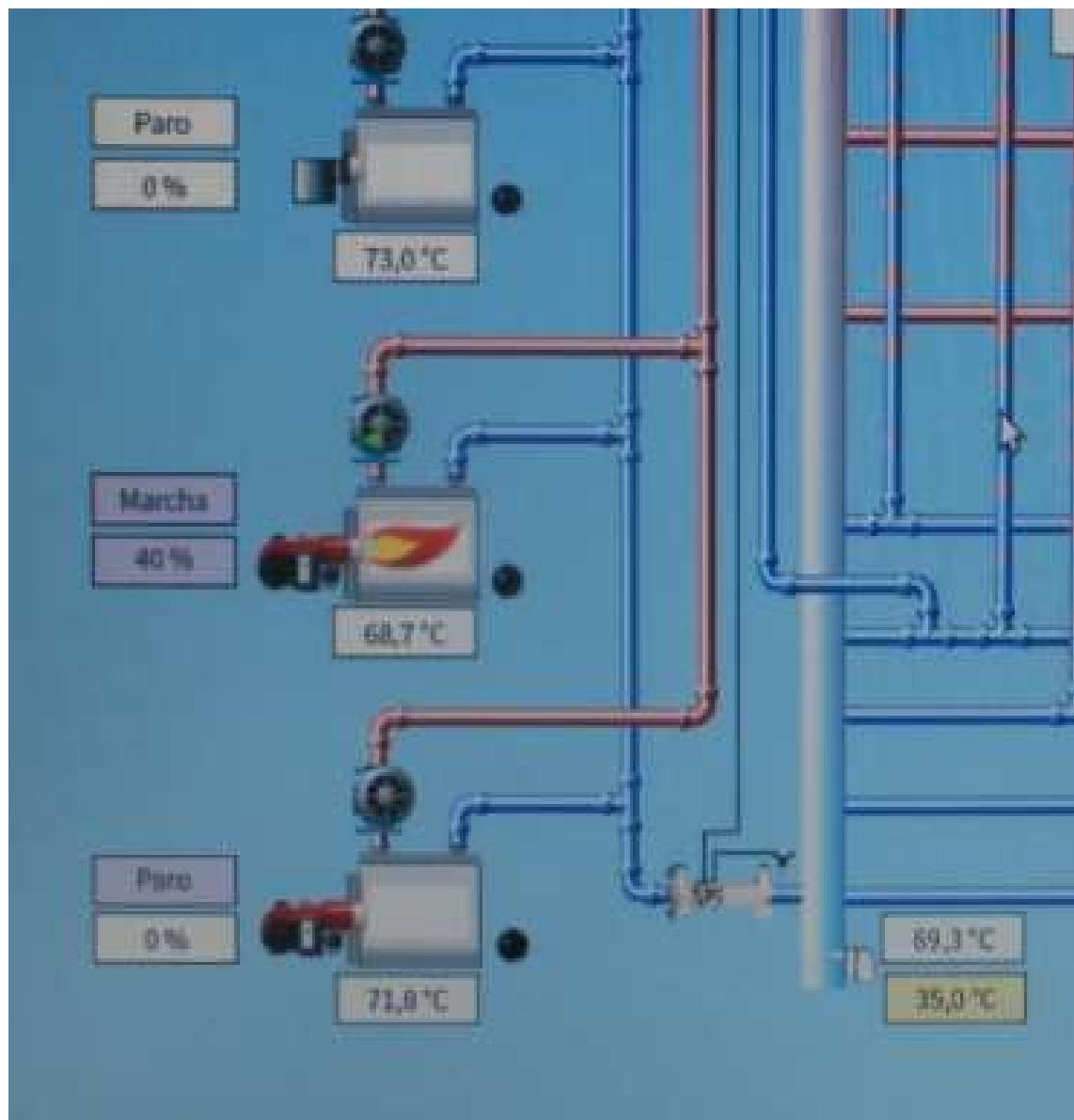


Ilustración 3 Caldera 2 modulación 40%



Ilustración 4 Caldera 2 Rendimiento combustión a modulación 40%

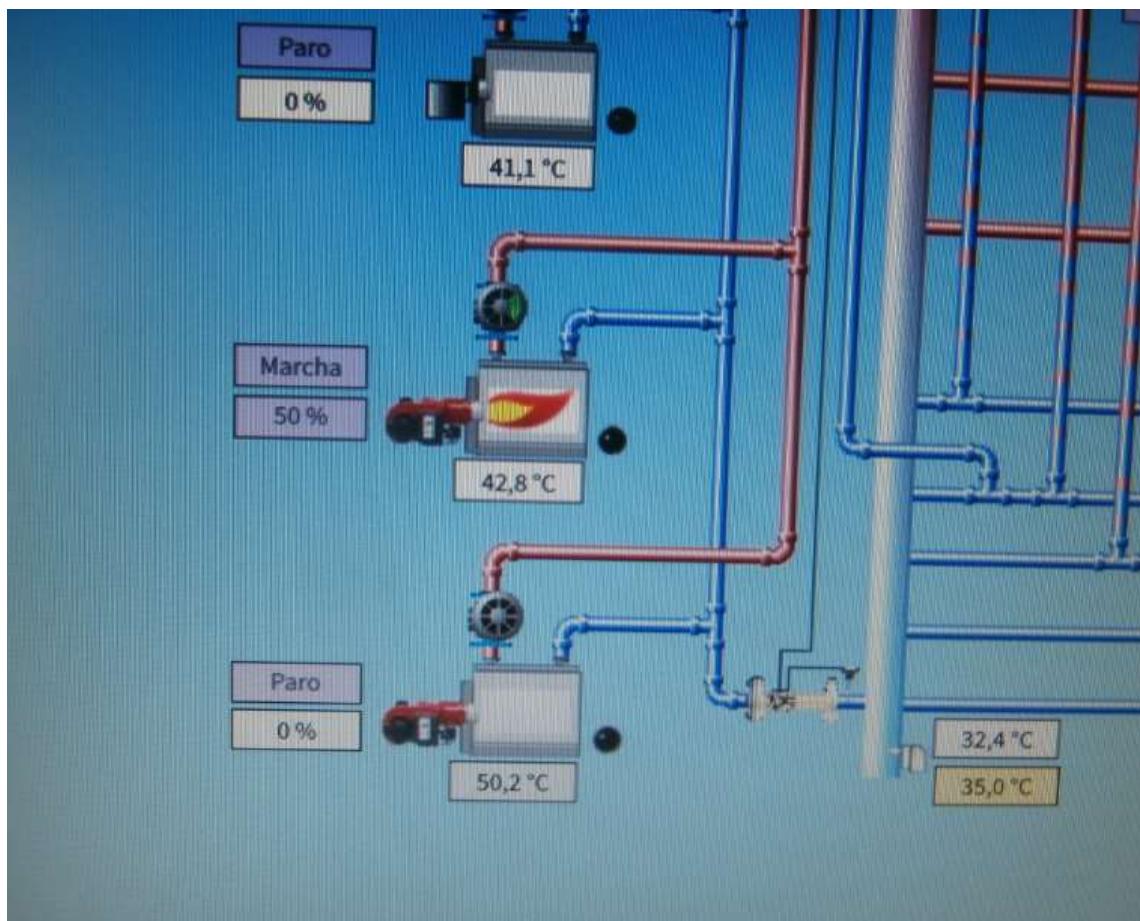


Ilustración 5 Caldera 2 modulación 50%

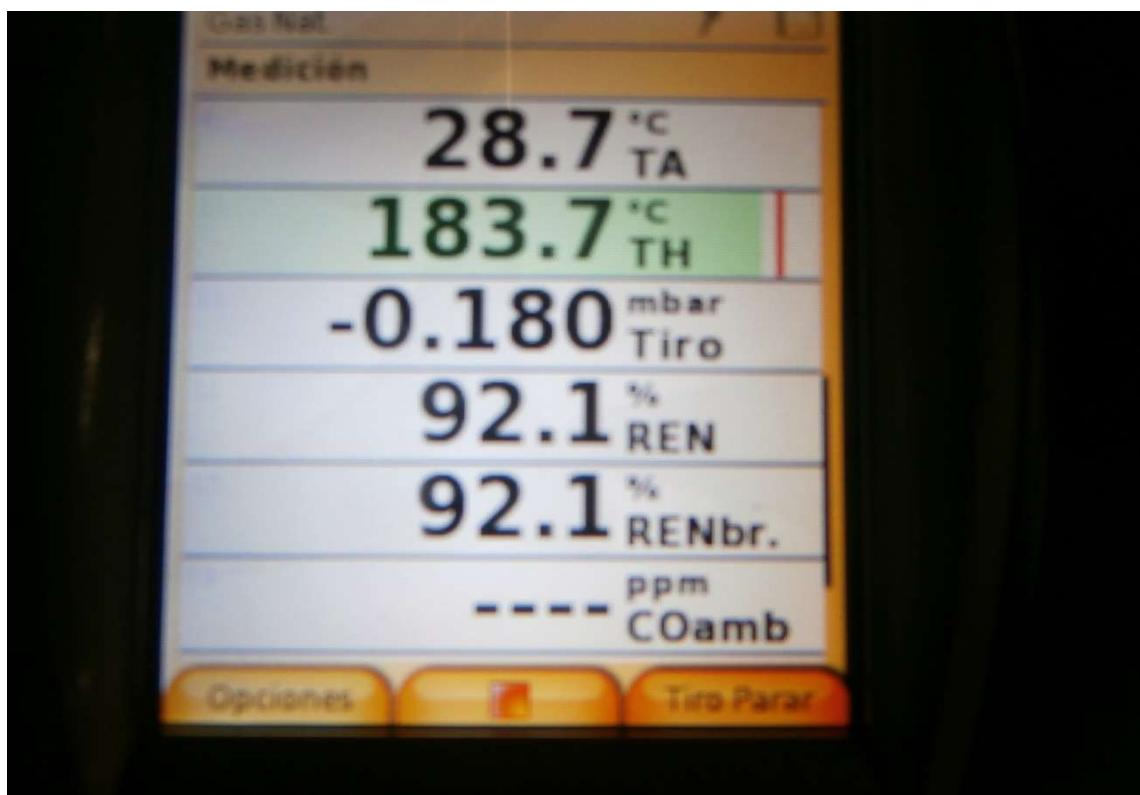


Ilustración 6 Caldera 2 Rendimiento combustión a modulación 50%

Un **aspecto a destacar** de estas pruebas es la recomendación del fabricante del analizador de los productos de la combustión de hacer un “refresco” del analizador entre medición y medición. Es decir, resetear el equipo para que actualice las condiciones iniciales entre mediciones.

Los **resultados obtenidos** confirman que los rendimientos de combustión en calderas de este tipo son mejores para baja potencia de los quemadores. Hay variaciones en 4 y 6 puntos de rendimiento.

Un de las **conclusiones** que se puede sacar es que se debe realizar otra prueba en la que se compruebe que el rendimiento térmico global de la instalación mejora con las calderas a baja potencia, es decir todas las calderas en marcha y con modulación del quemador baja. O por el contrario autorizar una sola caldera o dos dependiendo de la demanda del edificio, pero esta caldera estará trabajando todo el tiempo a la máxima potencia.

# ANEXO III REGISTROS Y TENDENCIAS

## Sistema de gestión de la calefacción y de la producción de ACS. Registros y tendencias.

Se está realizando un estudio cuyo objetivo es comprobar si el sistema de gestión puede mejorarse para alcanzar una mayor eficiencia energética, tanto para la calefacción como para la producción de ACS.

Se están registrando la modulación de los quemadores, las V3V de los circuitos de calefacción, la V3V de la producción de ACS, la temperatura de retorno del colector y la arrancadas y paradas de las bombas de primario del circuito de ACS.

### Sistema de gestión de la instalación de calefacción y ACS (regulación y control).

El sistema de gestión dispone de un autómata Centra 70 de Sedical (Honeywell), con su regulación realizada por técnicos de Sedical. Y el software utilizado para la visualización, registros de datos, ajustes de horarios, ajustes de consignas, etc. es el Arena de Honeywell (instalado en el servidor municipal).

El acceso a este programa es por parte STM del Servicio de Conservación de Arquitectura del Ayuntamiento de Zaragoza. Desde el 30 de octubre de 2020 también por parte de los oficiales de mantenimiento del edificio.

### Modulación de los quemadores de las calderas.

El sistema de gestión de la calefacción regula la modulación de los quemadores de las calderas. Esta modulación depende de la demanda del edificio.

Se está registrando la modulación de cada uno de los quemadores de las calderas. El registro se está realizando por cambio de valor.

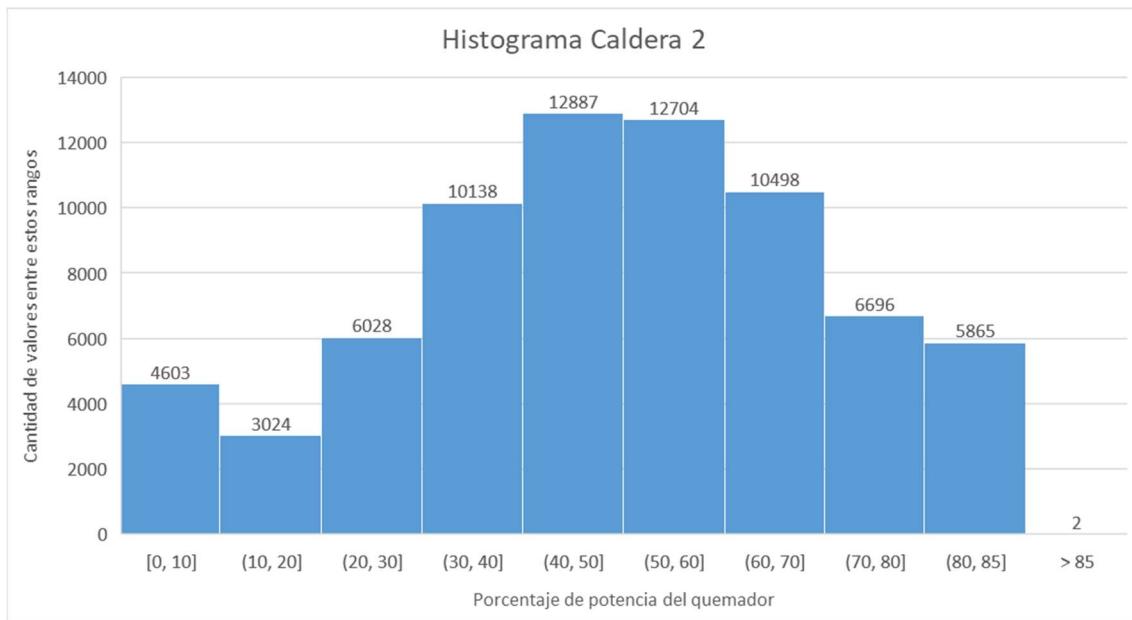
#### **Caldera 1**

La caldera 1 está parada por una avería, no hay movimiento en la modulación.

#### **Caldera 2**

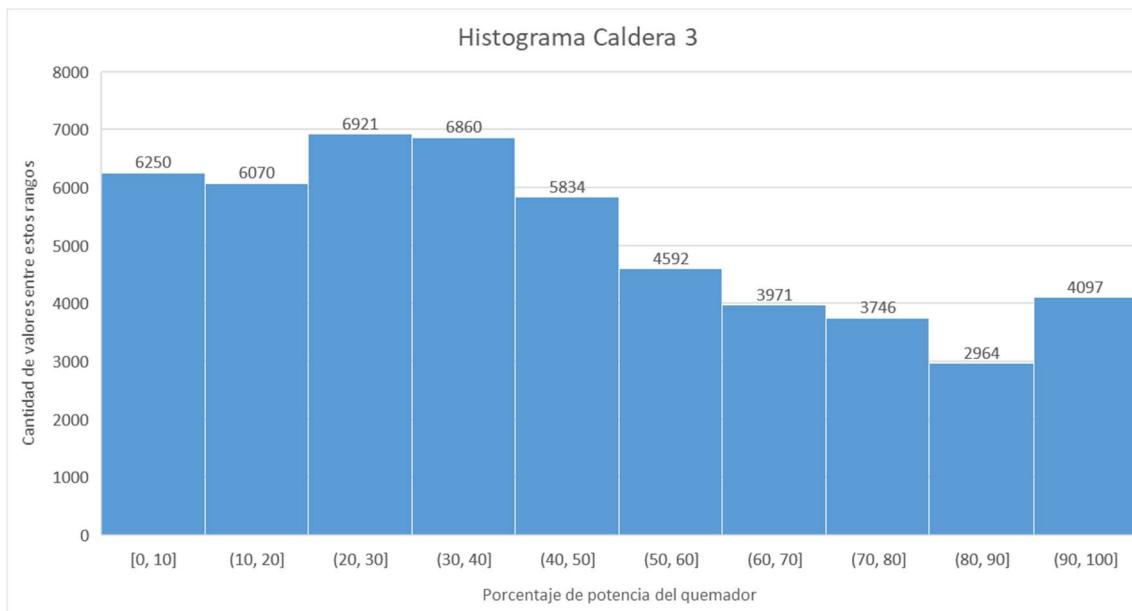
Esta caldera está limitada al 85 % de modulación del quemador, es la segunda más grande en potencia. La limitación es porque el quemador alcanza potencia superior a la caldera.

Por último, el histograma, para comprobar donde suele trabajar la caldera. Se puede ver cómo trabaja mucho tiempo a cargas parciales y pocas veces a plena carga.



### Caldera 3

El histograma, para comprobar donde suele trabajar la caldera.

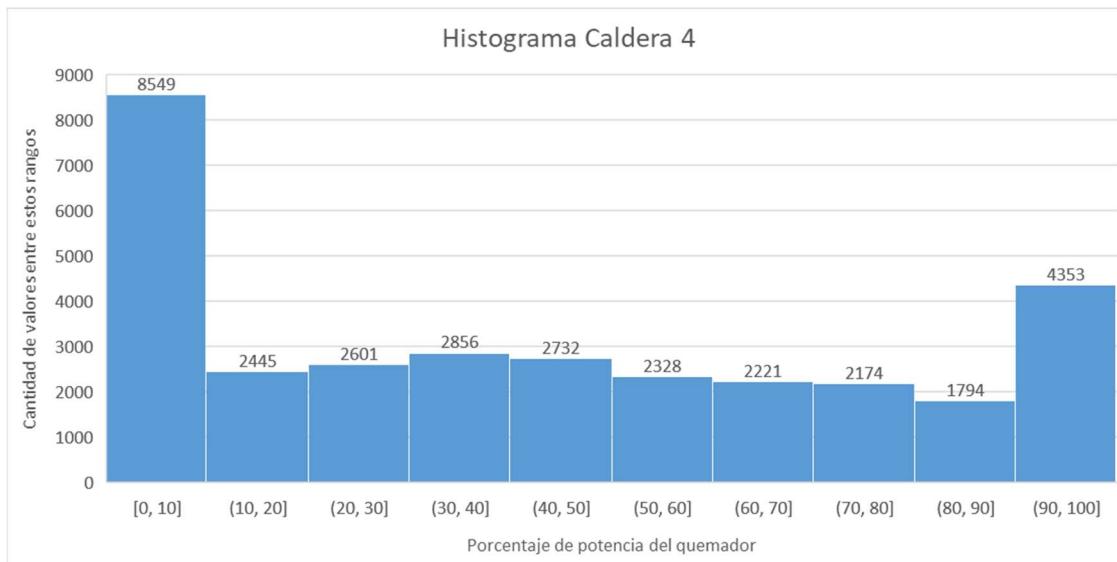


Con todos los datos se puede ver que la caldera trabaja mucho con modulación inferior al 40% de su potencia ya que al trabajar varias calderas a la vez la potencia es superior a la demanda.

### Caldera 4

Esta caldera es la de menor potencia, es la más nueva y es la que se ha destinado en verano para la producción exclusiva de ACS. Tiene las dos posibilidades trabajar contra colector de calefacción y ACS y trabajar en exclusiva para producir ACS (contra el intercambiador de placas del primario de ACS).

El histograma, para comprobar donde suele trabajar la caldera.



Se puede ver como esta está mucho tiempo parada o haciendo arrancadas cortas.

Es una caldera que se encuentra para el sistema de gestión en el último nivel de rango de prioridades para encenderse. Es por eso que realiza muchas arrancadas.

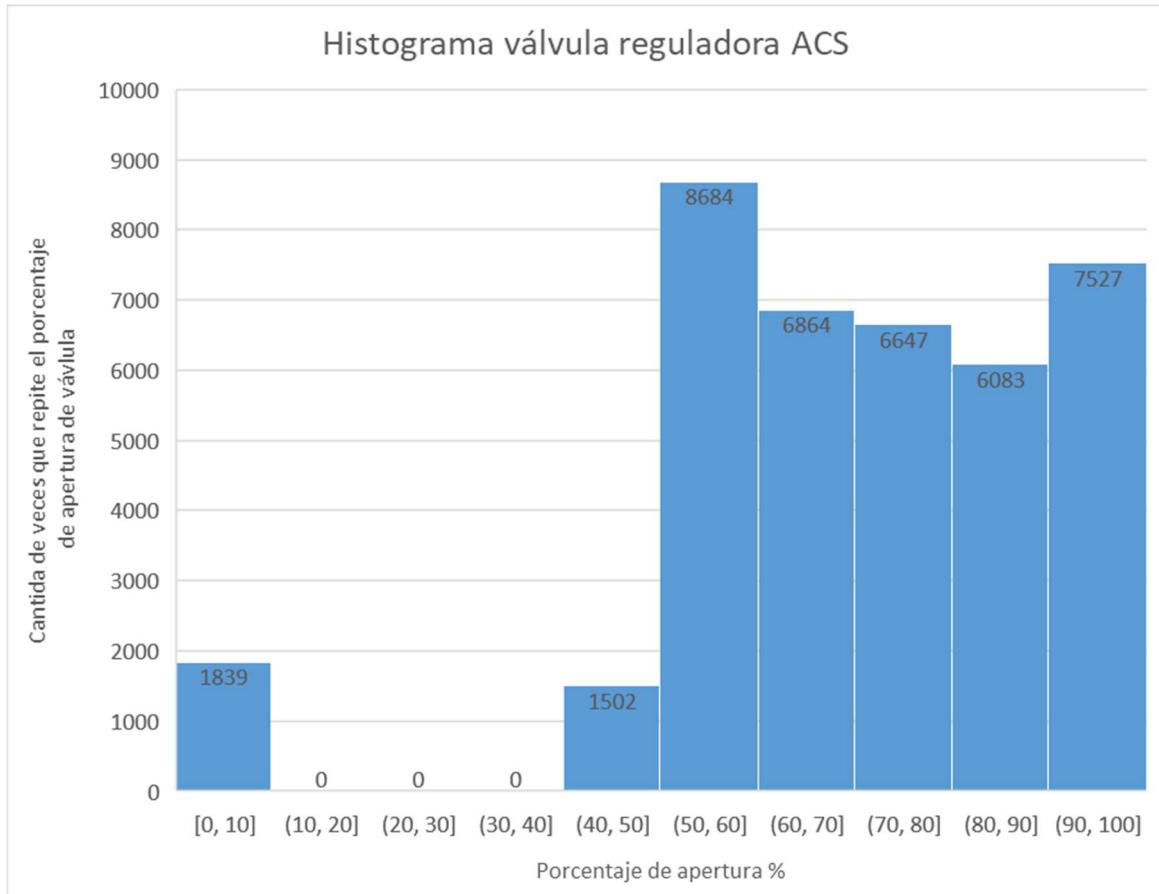
### **Modulación de las válvulas de los circuitos de calefacción y ACS.**

El sistema de gestión controla las válvulas de tres vías de los 4 circuitos de calefacción y la válvula de tres vías del primario de ACS. Se ha registrado para ver los porcentajes de apertura en los cuales se suelen mover. Con esto se puede determinar la demanda de los distintos circuitos por esto es una segunda regulación de la central térmica. Su funcionamiento está basado en una consigna que se le marca basada en una temperatura ambiente ficticia por que el sistema de gestión no la mide.

#### **V3V REG\_ACS**

Esta válvula regula la temperatura del primario del intercambiador de placas de ACS. Su objetivo es controlar la energía enviada al intercambiador para conseguir la temperatura de consiga de ACS.

En el histograma con todos los datos se puede ver que el sistema de gestión tiene una apertura mínima del 50%, ya sea por programación o por su lógica de funcionamiento.



### V3V Circuitos de calefacción

La regulación de las válvulas de los circuitos de calefacción depende de una hipotética temperatura ambiente que tiene integrada la programación del autómata ya que no tiene sondas de temperatura ambiente en los circuitos. Esta lógica tiene en cuenta la temperatura exterior y el tiempo que tarda en conseguir alcanzar la temperatura de consigna de impulsión de cada uno de los circuitos.

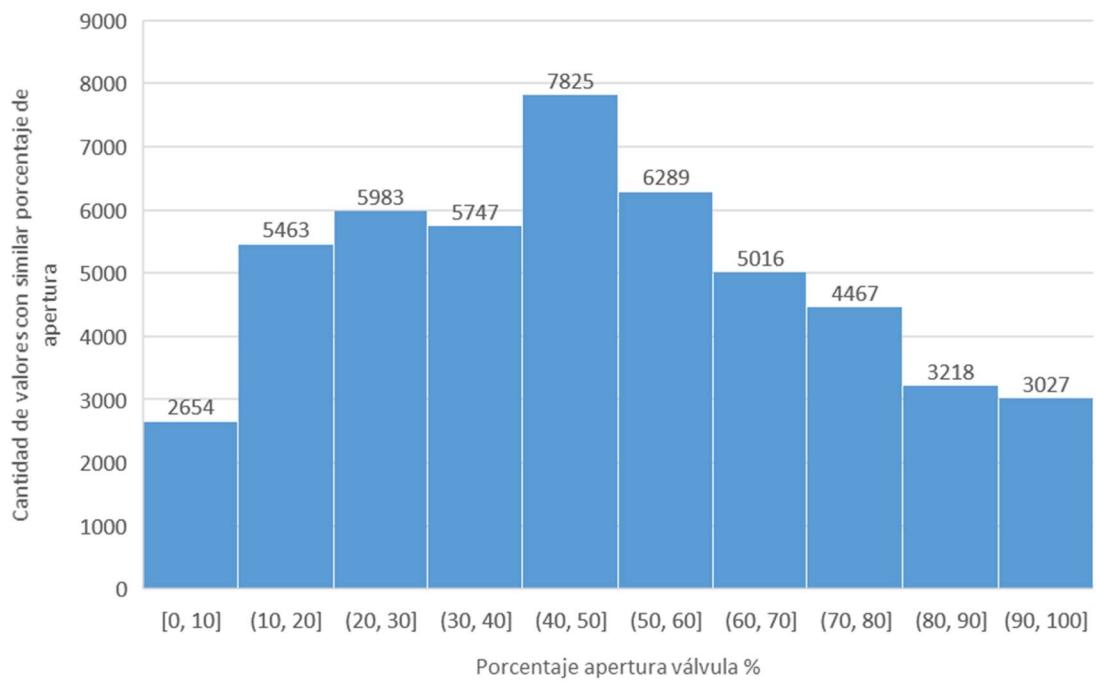
Los circuitos de calefacción del edificio son dispares en lo que respecta a orientación, espacios a calefactar y recorridos. Pueden ir enterrados o por el aire.

La regulación es bastante inestable, ya que el límite de las tendencias generadas en estos parámetros son 5000 registros y muchas veces solo registra de forma continua como mucho dos días. Es quiere decir que en las horas de calefacción que están marcadas en el sistema de gestión la V3V está continuamente modulando. Algo que debería ajustarse.

### V3V Circuito Derecha

En el histograma de este circuito se puede ver cómo trabaja pocas veces con la apertura total. Sobretodo trabaja por debajo del 50% de apertura. Esto puede estar motivado por dos cosas amplitud del rango de horario de calefacción es decir las bombas circuladoras distribuyen calor 4 horas, 12 horas. Si son cuatro y hay demanda estarán siempre al 100% para conseguirlas. También puede ser por que la demanda con respecto a la capacidad está en el rango del 50%.

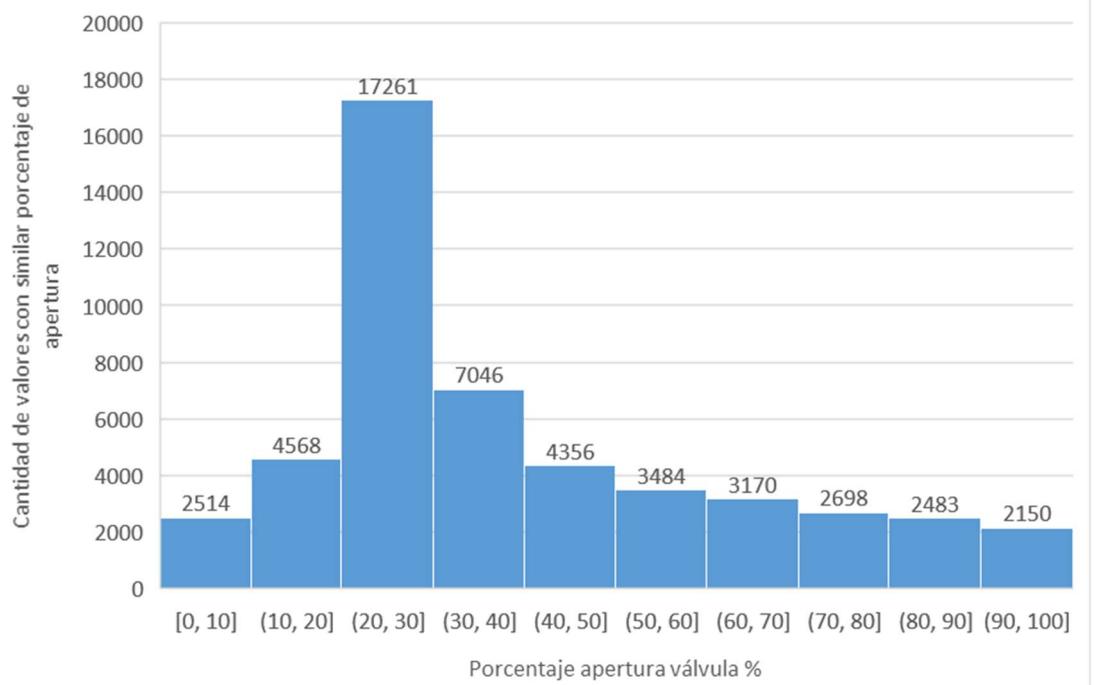
Histograma porcentaje apertura válvula de 3 vías circuito derecho



### V3V Circuito Izquierda

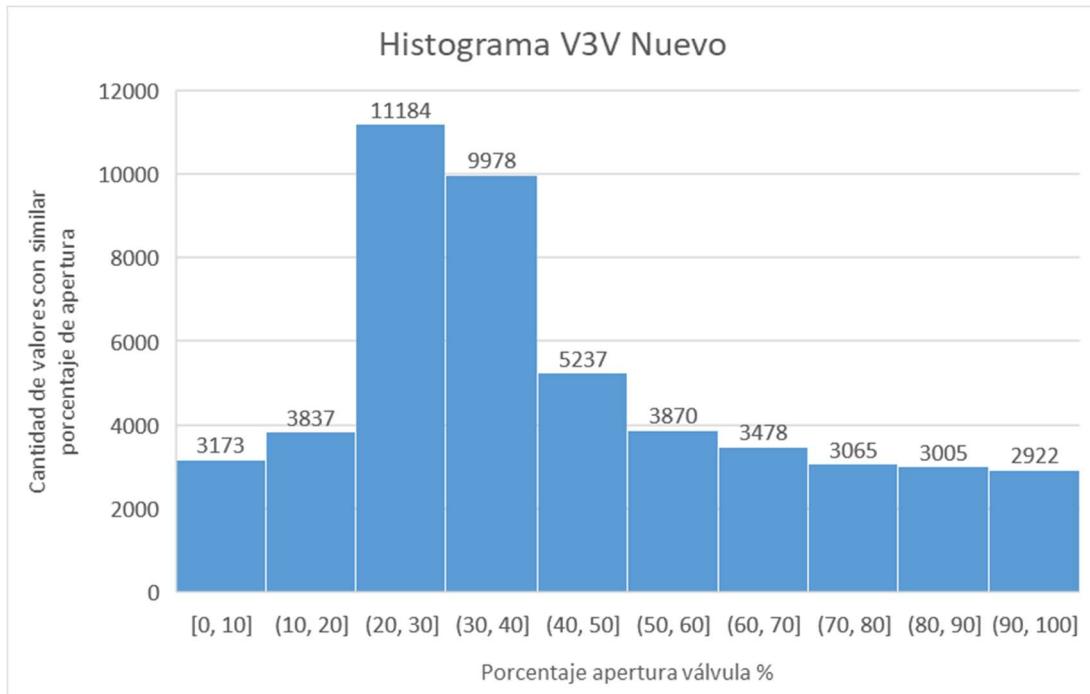
En este circuito es mucho más claro que trabaja sobre todo entre el 18% y 30%, esto puede demostrar que su demanda es menor que el resto. También podría indicar desequilibrios en lo que respecta a distribución (bombas, distancias, perdidas de energía)

Porcentaje apertura válvula de 3 vías circuito izquierda



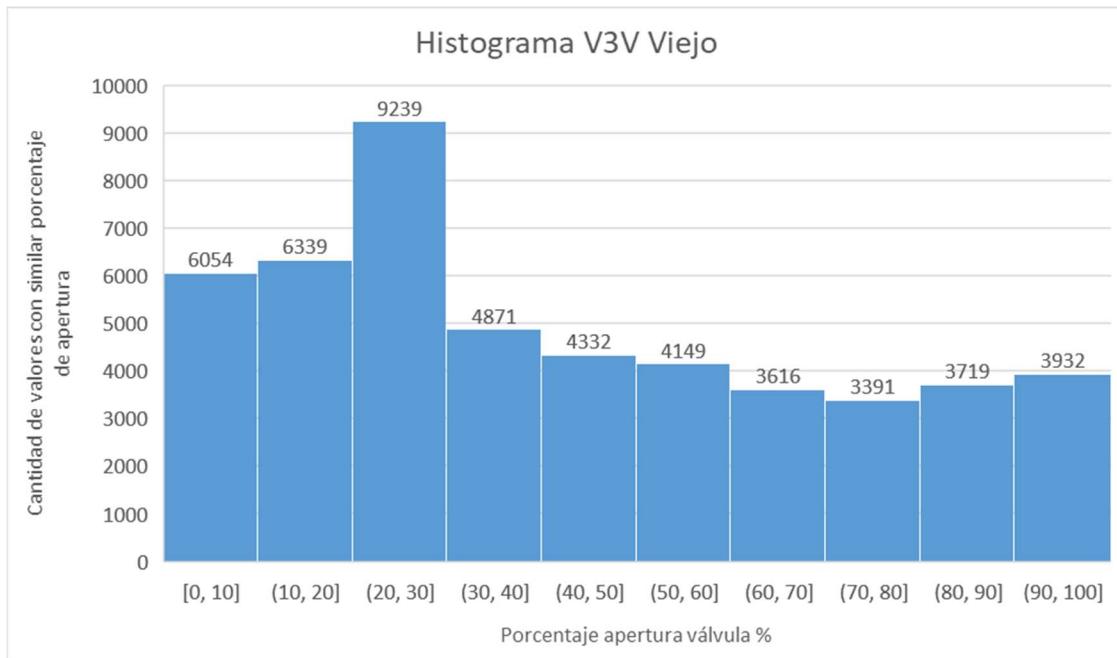
### V3V Circuito Nuevo

Esta válvula trabaja entre 20% y 40%, se parece bastante al circuito anterior pero el pico no tan destacado.



### V3V Circuito Viejo

Este es muy similar al anterior.

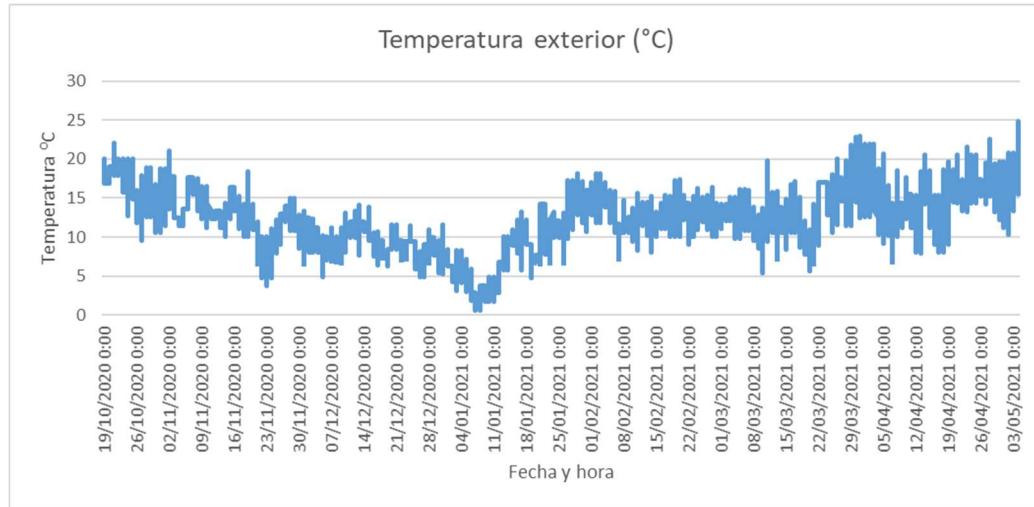


Se puede decir que los 4 circuitos, todos trabajan con porcentajes bajos, solo el circuito derecha tiene los valores repartidos de forma equitativa de 0 a 100%. Esto indica que salvo la derecha los otros 3 alcanzan la temperatura de consigna rápidamente. Recalcar que al principio de enero de 2021 se produjo una borrasca (Filomena) que trajo a Zaragoza una nevada histórica y unas temperaturas muy bajas, a todo esto, hay que añadir que la ventilación en el edificio es abriendo ventanas (una pandemia, Covid).

## Registro de las temperaturas influentes en calefacción y ACS.

### Temperaturas que influyen en calefacción

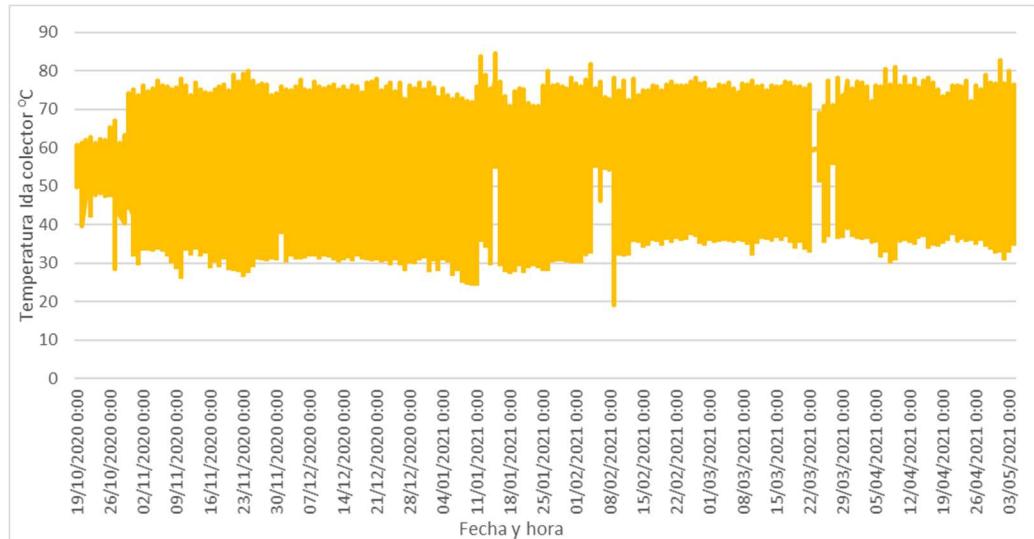
- Temperatura exterior.



Se registra la temperatura exterior para ver cómo afecta a la demanda de calefacción y ACS. Es básico para comparar con años anteriores y posteriores y analizar los consumos de calefacción del edificio.

Se puede ver como los días más fríos han sido durante la borrasca Filomena, nevada histórica. 6,7,8,9,10,11,12 de enero de 2021. Hay que recordar que la temperatura que nos da la sonda puede ser distinto en algunos grados a la temperatura ambiente oficial porque está ubicada en una fachada orientación oeste y entre edificios (distancia con el edificio contiguo de unos 7 metros).

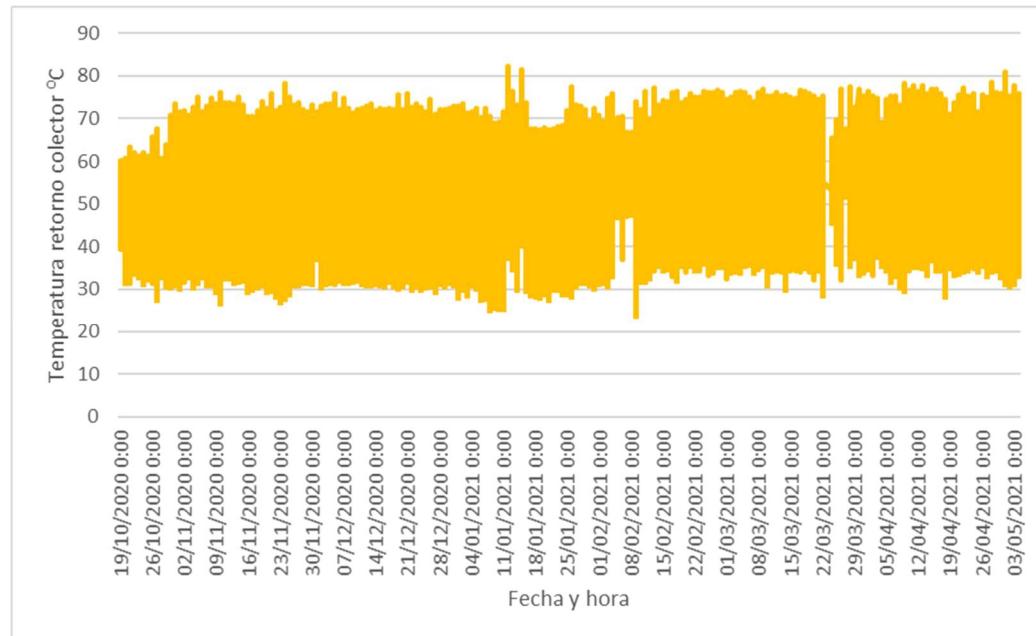
- Temperatura ida colector.



Al registrar este dato se puede ver cómo evoluciona la consigna de colector con la temperatura exterior y la producción de ACS. El sistema de gestión establece una consigna dependiendo de la temperatura exterior, cuanto más baja es la temperatura exterior más alta es la temperatura del colector corrido. Y cuando hay demanda de ACS la aumenta si es necesario para conseguir los 60 ° C en acumulación. También tiene una

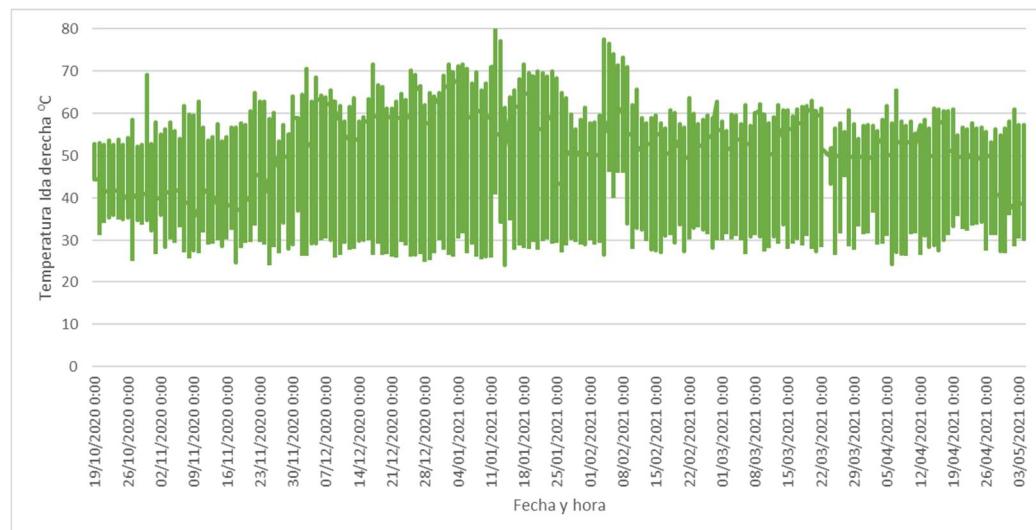
función de choque térmico de legionella que la elevaría para conseguir los 70 °C en acumulación.

- Temperatura retorno de colector.



Registrando esta temperatura se puede determinar si la temperatura de impulsión es la correcta para conseguir el confort, también determinar si el edificio ya está caliente y con el salto térmico respecto a la impulsión se puede ver la potencia que demanda el edificio. En este caso el salto térmico comparado con la impulsión es adecuado por lo tanto el confort interior está asegurado. Por último, explicar que el sistema de gestión con esta temperatura controla que el agua que retorna a las calderas no sea inferior a 35 °C y así evitar que se produzcan condensación en las calderas. En este tipo de calderas la condensación provocaría su deterioro prematuro.

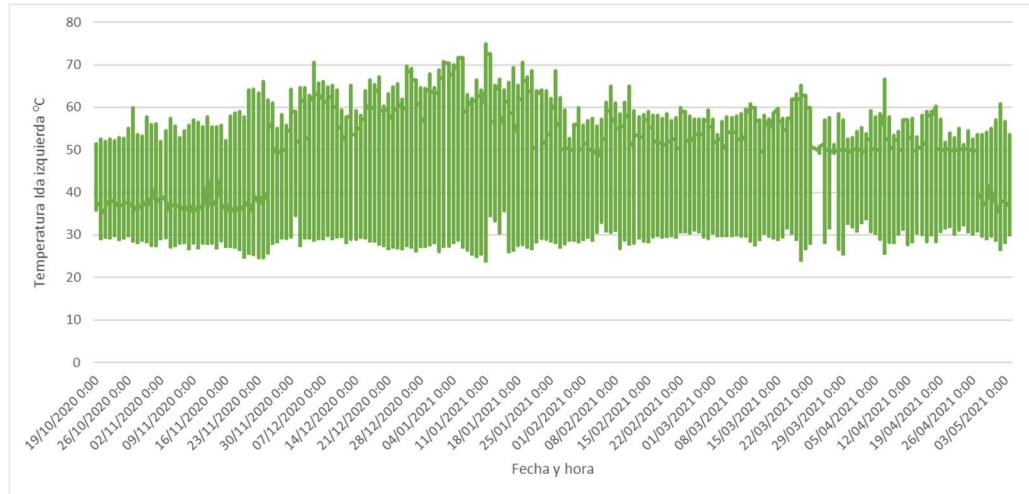
- Temperatura ida circuito derecha.



Registrando estos datos se puede ver si la consigna de un circuito es distinta del otro o incluso si hidráulicamente envía la temperatura más alta porque está más cerca de la

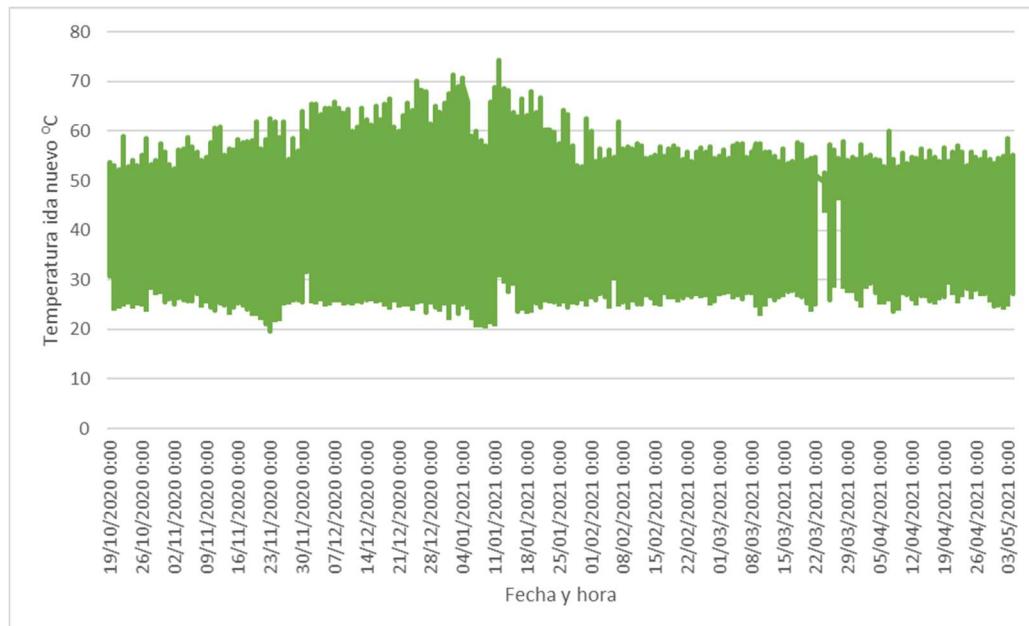
ida de calderas en el colector o sus bombas tiene mayor capacidad de caudal y/o presión. Se ve como la temperatura ha aumentado con la temperatura exterior ha sido más baja, ha funcionado correctamente. La válvula que controla este circuito se puso en manual por avería el 11/12/2020 esto es el motivo por el cual tiene una temperatura superior al resto. Vuelve a funcionar de forma automática el 9/02/2021.

- Temperatura ida circuito izquierda.



Registrando estos datos se puede ver si la consigna de un circuito es distinta del otro o incluso si hidráulicamente envía la temperatura más alta porque está más cerca de la ida de calderas en el colector o sus bombas tiene mayor capacidad de caudal y/o presión. Se ve como la temperatura ha aumentado con la temperatura exterior ha sido más baja, ha funcionado correctamente. La temperatura pico es inferior al circuito de recha.

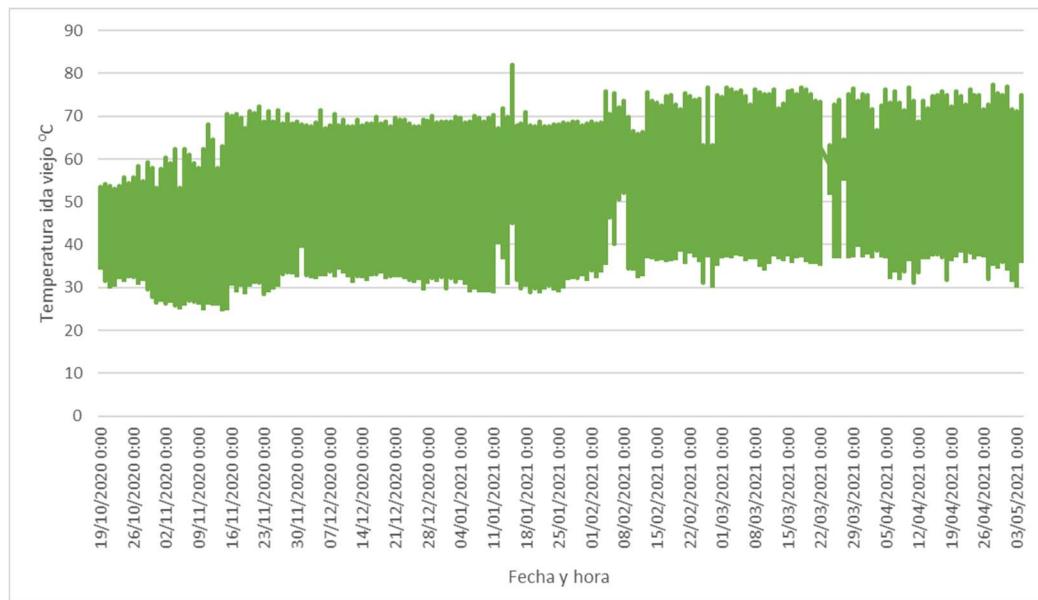
- Temperatura ida circuito nuevo.



Registrando estos datos se puede ver si la consigna de un circuito es distinta del otro o incluso si hidráulicamente envía la temperatura más alta porque está más cerca de la ida de calderas en el colector o sus bombas tiene mayor capacidad de caudal y/o presión. Se ve como la temperatura ha aumentado con la temperatura exterior ha sido

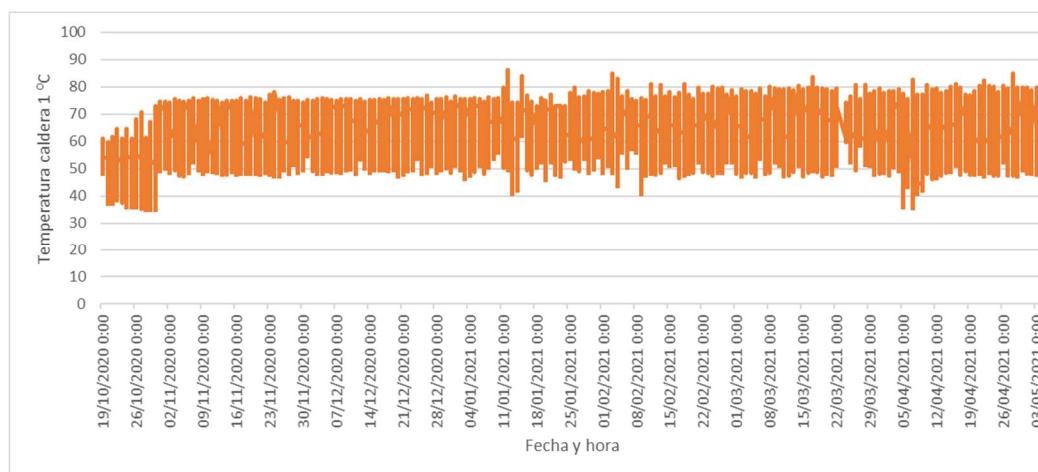
más baja, ha funcionado correctamente. La temperatura pico es inferior al circuito de recha.

- Temperatura ida circuito viejo.



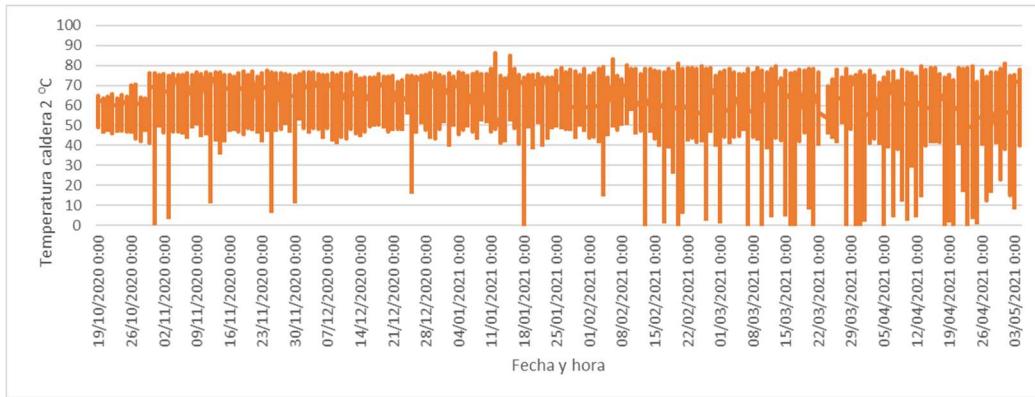
Registrando estos datos se puede ver si la consigna de un circuito es distinta del otro o incluso si hidráulicamente envía la temperatura más alta porque está más cerca de la ida de calderas en el colector o sus bombas tiene mayor capacidad de caudal y/o presión. Se ve como la temperatura es superior a los anteriores casi siempre está en 70 °C ya que da servicio a la zona del edificio donde demanda térmica es más alta. Esto motiva que es el único circuito que por parte de los oficiales del edificio no ha sido sometido a ajuste de temperatura.

- Temperatura caldera 1.



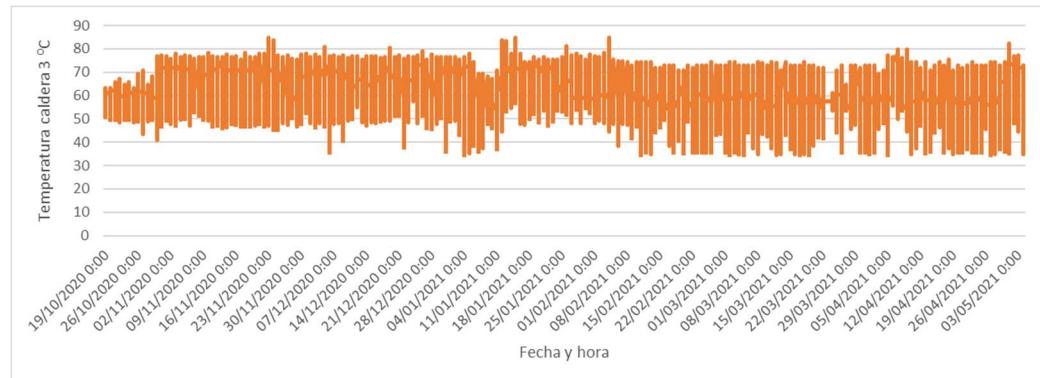
Se registra los datos de las temperaturas de calderas para ver cómo funcionan y en qué rango de temperaturas se mueve. Se puede comprobar, como es este caso de la caldera 1 que estando parada tiene calor, esto supone perdidas

- Temperatura caldera 2.



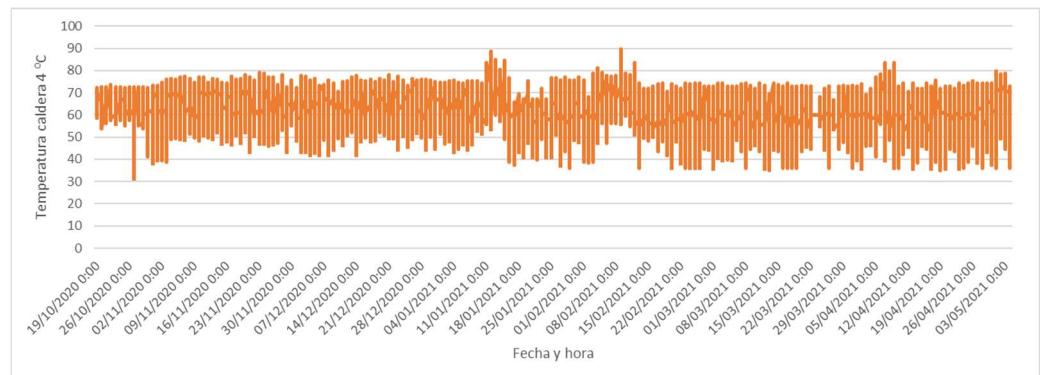
Se registran los datos de las temperaturas de calderas para ver cómo funcionan y en qué rango de temperaturas se mueve. Esta es la caldera que más tiempo ha estado en uso en esta temporada de invierno, esta tarada a 80 °C, como puede verse, aunque al principio hubo que ajustar su termostato (temperatura a la que para por control propio). Se pueden ver fallos puntuales en la sonda, son las bajadas por debajo de 10 °C.

- Temperatura caldera 3.



Se registran los datos de las temperaturas de calderas para ver cómo funcionan y en qué rango de temperaturas se mueve. En esta se puede ver que el ajuste de temperatura de la caldera como es por potenciómetro (termostato) el ajuste es un poco más alto.

- Temperatura caldera 4.



Se registran los datos de las temperaturas de calderas para ver cómo funcionan y en qué rango de temperaturas se mueve. En concreto en esta caldera 4 se detectó que tenía el termostato a 60 °C y se subió en esta y en las otras. Todo vino a raíz de comprobar que paraba por temperatura y hacia muchísimas arrancadas. Otra de las cosas que se

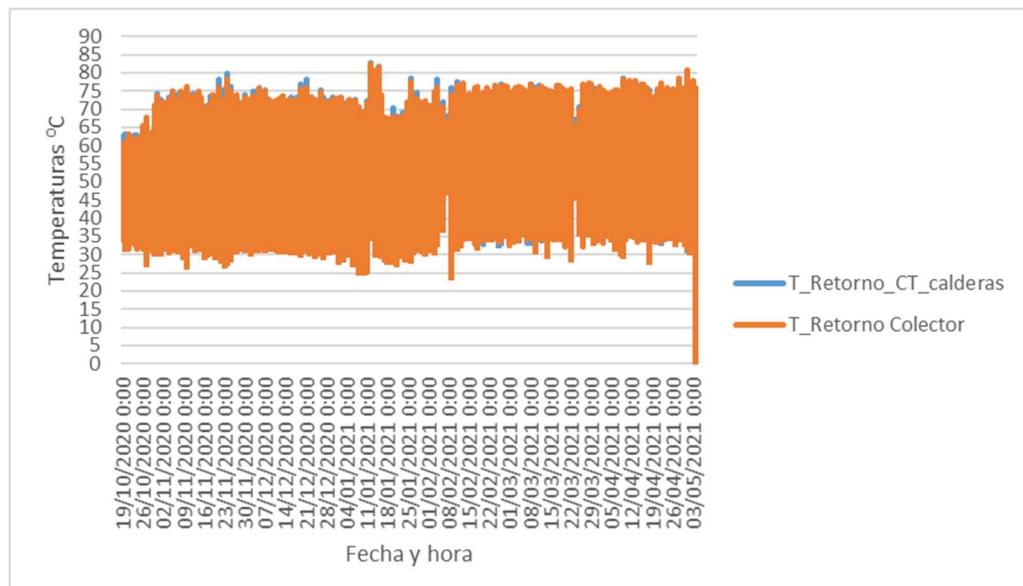
puede ver en esta caldera 4 y en la 3 que cuando trabajan juntas sin la 2 sus bombas circuladoras tienen menos potencia que las de la 1 y 2, y esto provoca un desequilibrio hidráulico y la bombas de secundario se apoderan del caudal del colector lo que provoca que a las calderas 3 y 4 no se les “robe” el calor y se suba de temperatura de las mismas y lleguen a pararse por temperatura y la instalación no alcance el confort térmico aunque por potencia de calderas sí que se pudieran abastecer la demanda térmica.

- Temperatura ida contador térmico calderas.



Esta es la temperatura que utiliza en contador térmico para realizar los cálculos. Este registro nos permitirá comprobar la posible diferencia de precisión con la otra sonda que mide algo parecido que es la temperatura de ida colector y comprobar los datos con los cuales el contador de energía térmica de la central de producción hace los cálculos. Se puede ver que las diferencias son mínimas y tiene que ver con desfases de tiempo al registrar los datos.

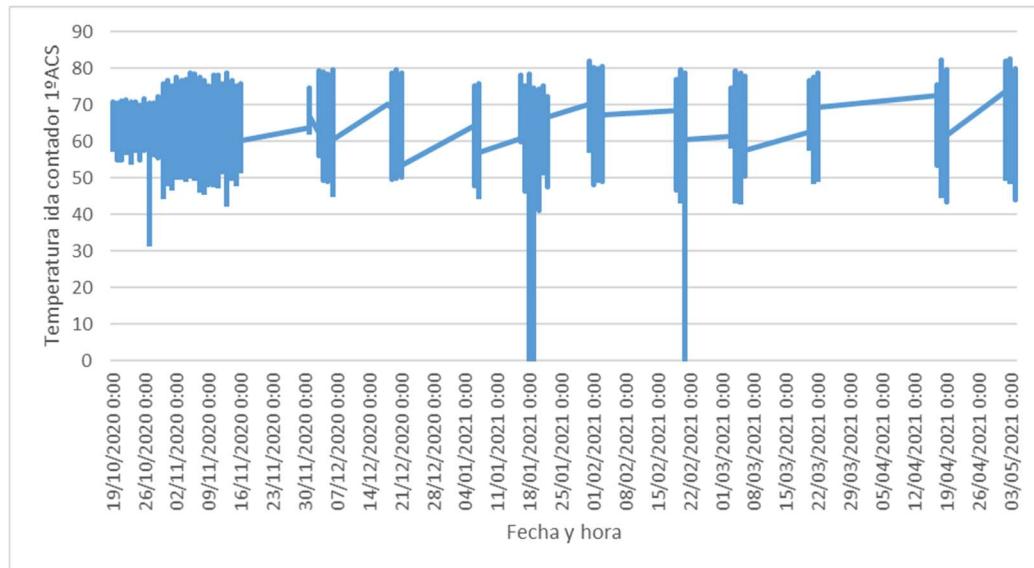
- Temperatura retorno contador térmico calderas.



Esta es la temperatura que utiliza en contador térmico para realizar los cálculos. Este registro nos permitirá comprobar la posible diferencia de precisión con la otra sonda

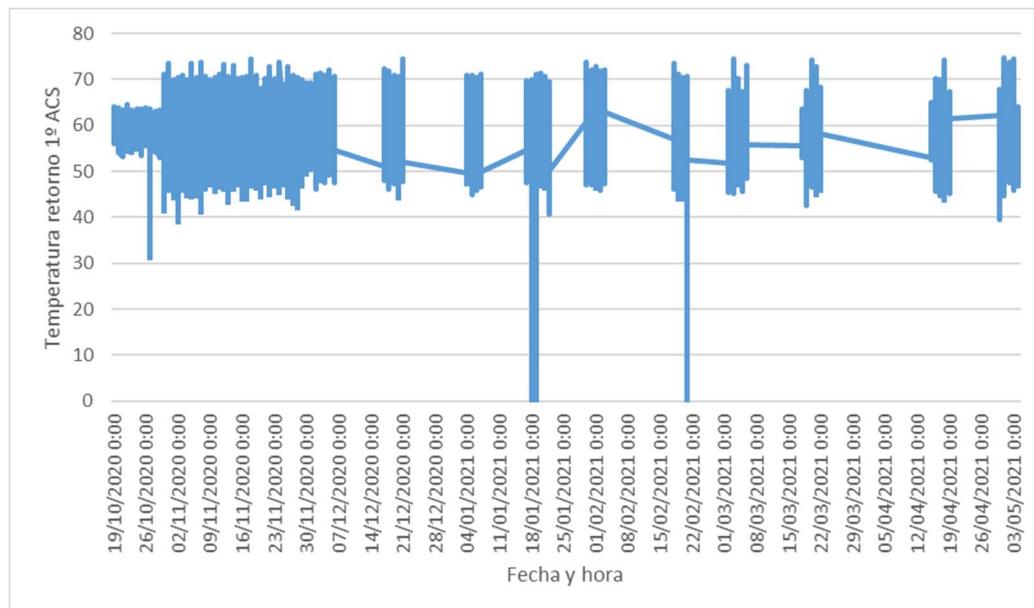
que mide algo parecido que es la temperatura de colector y comprobar los datos con los cuales el contador de energía térmica de la central de producción hace los cálculos. Se puede ver que las diferencias son mínimas y tiene que ver con desfases de tiempo al registrar los datos.

- Temperatura ida contador térmico primario ACS.



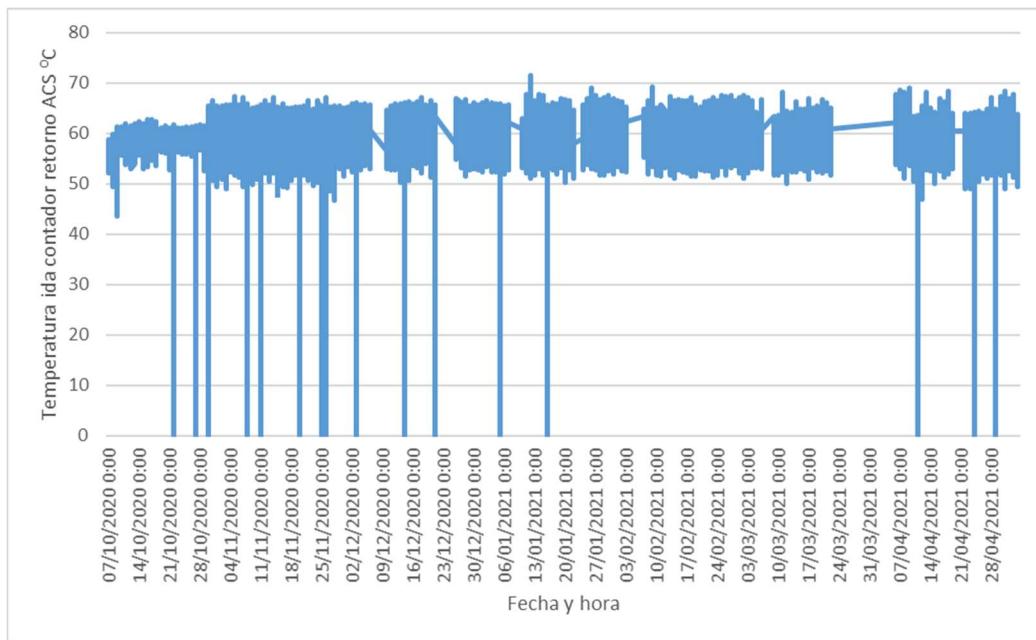
Este dato se ha registrado para comprobar la energía que requiere el primario de ACS, comprobar los datos de producción de ACS y crear un patrón para la limpieza o cambio de las placas del intercambiador de primario de ACS, con el salto térmico que hay en el intercambiador.

- Temperatura retorno contador térmico primario ACS.



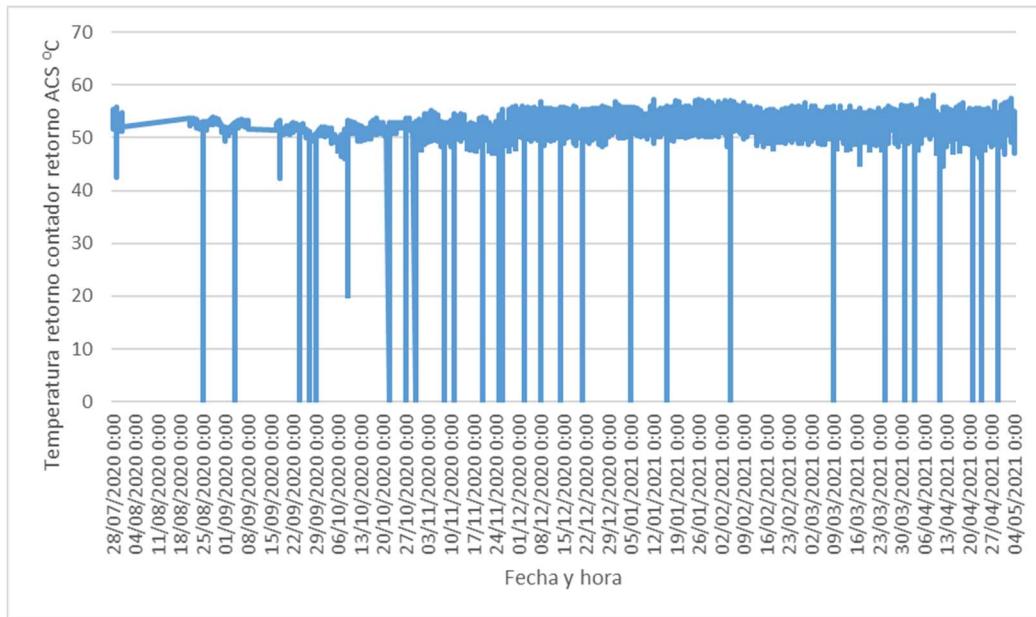
Este dato se ha registrado para comprobar la energía que requiere el primario de ACS, comprobar los datos de producción de ACS y crear un patrón para la limpieza o cambio de las placas del intercambiador de primario de ACS, con el salto térmico que hay en el intercambiador.

- Temperatura ida contador térmico retorno ACS.



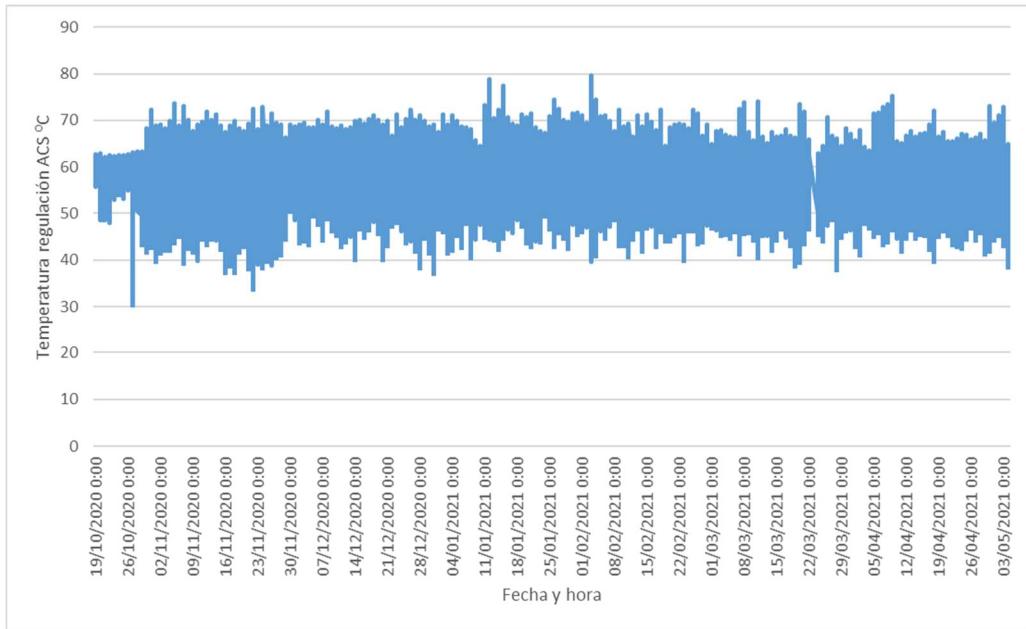
Registrando este dato se puede comprobar el cálculo que hace de las pérdidas de recirculación del agua caliente sanitaria. También se puede comprobar las temperaturas de impulsión de ACS para el control de la legionella.

- Temperatura retorno contador térmico retorno ACS.



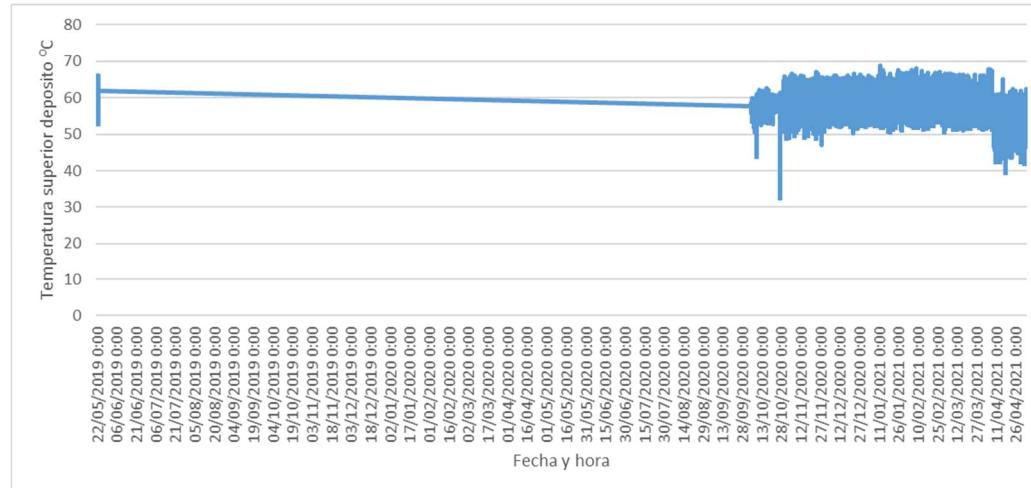
Registrando este dato se puede comprobar el cálculo que hace de las pérdidas de recirculación del agua caliente sanitaria. También se puede comprobar las temperaturas de retorno de ACS para el control de la legionella. Si la temperatura de retorno es superior a 50 °C lo más probable es que en los grifos lleguen 50 °C como marca la normativa.

- Temperatura de regulación primario ACS.



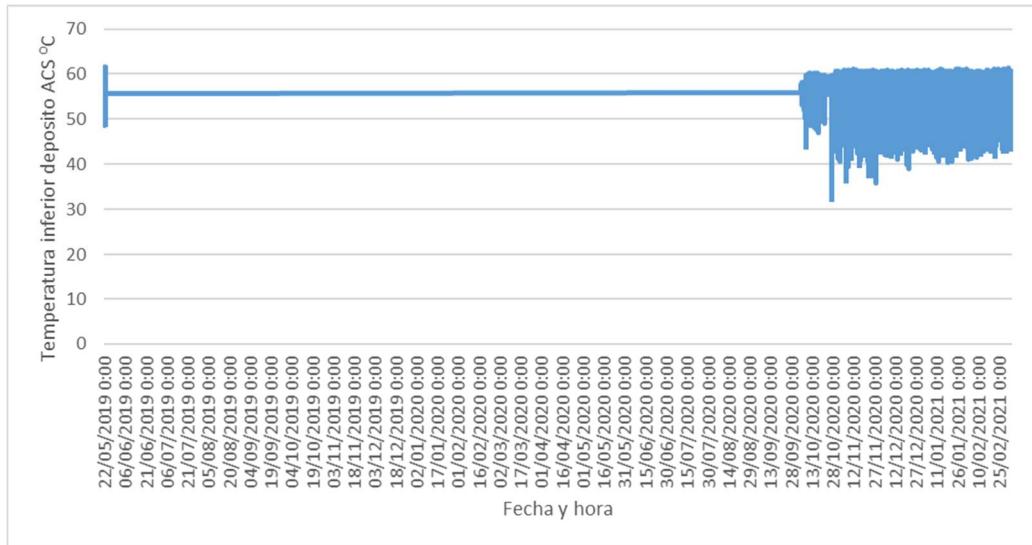
Esta temperatura es la temperatura que hay en el secundario del intercambiador de placas es la que entra al depósito por su parte de arriba y va a impulsión. Se ha registrado para comprobar el funcionamiento del sistema de gestión en la producción de ACS.

- Temperatura superior deposito acumulación ACS.



Este dato se registra para el control de la legionella y para comprobar los consumos de ACS del edificio y comprobar si el almacenamiento de ACS es el adecuado para el consumo del edificio. Se puede ver como la producción de ACS hasta el 26/10/2020 era con una caldera dedicada en exclusiva y posteriormente desde el colector esto ha supuesto que la temperatura superior del depósito fluctúa más.

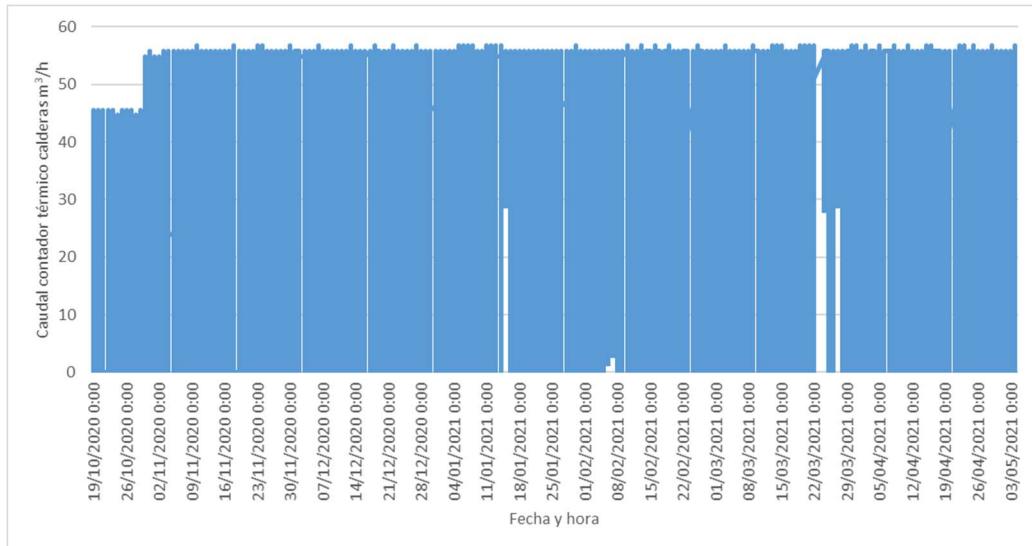
- Temperatura inferior deposito acumulación ACS.



Este dato se registra para el control de la legionella y para comprobar los consumos de ACS del edificio y comprobar si el almacenamiento de ACS es el adecuado para el consumo del edificio. Se puede ver como la producción de ACS hasta el 26/10/2020 era con una caldera dedicada en exclusiva y posteriormente desde el colector esto ha supuesto que la temperatura superior del depósito fluctúa más esto puede ser indicativo que la instalación trabajando con el colector descarga los depósitos y trabaja menos en instantáneo.

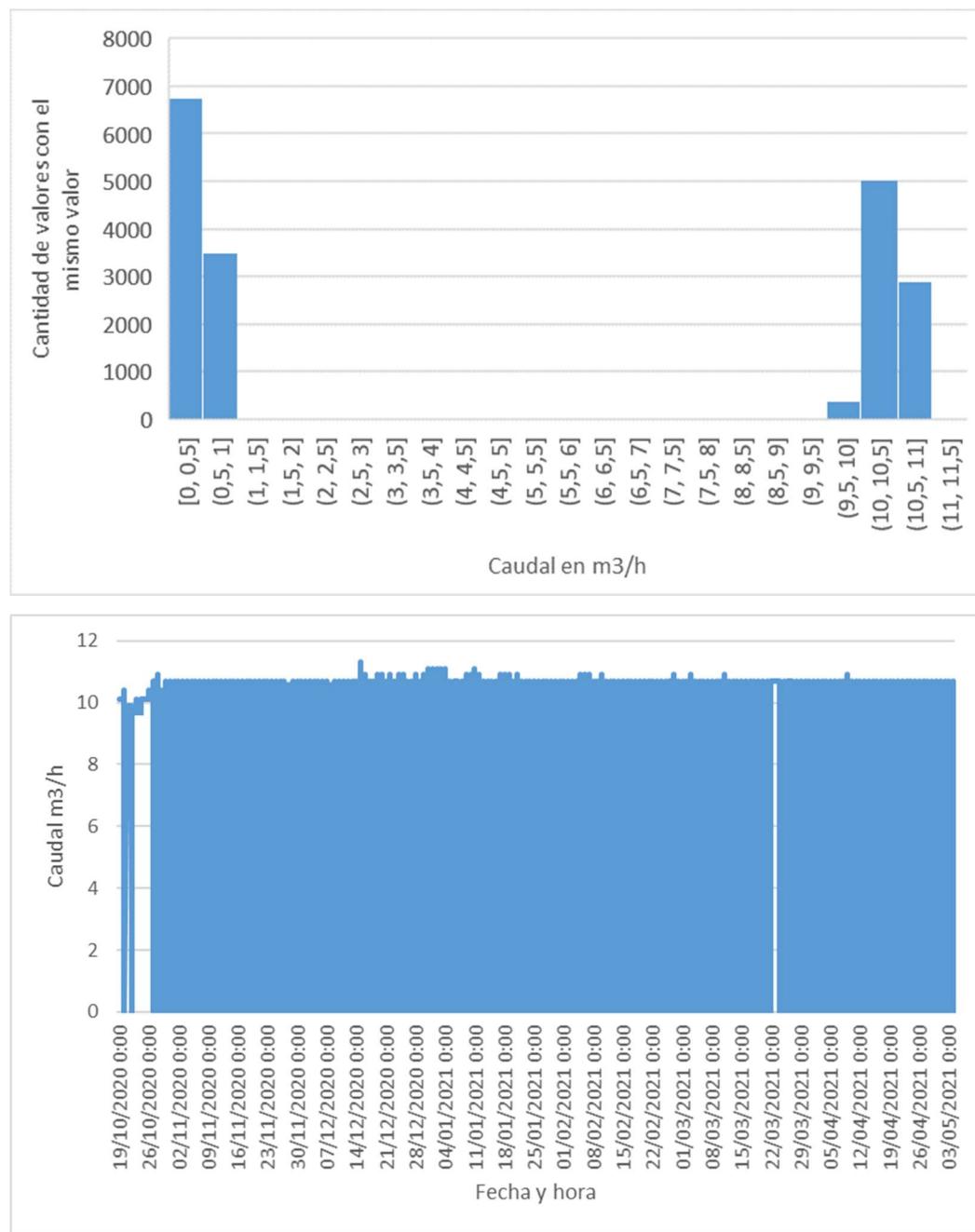
### **Registro de los caudales de los contadores térmicos de calderas y ACS.**

- Caudal contador térmico calderas.



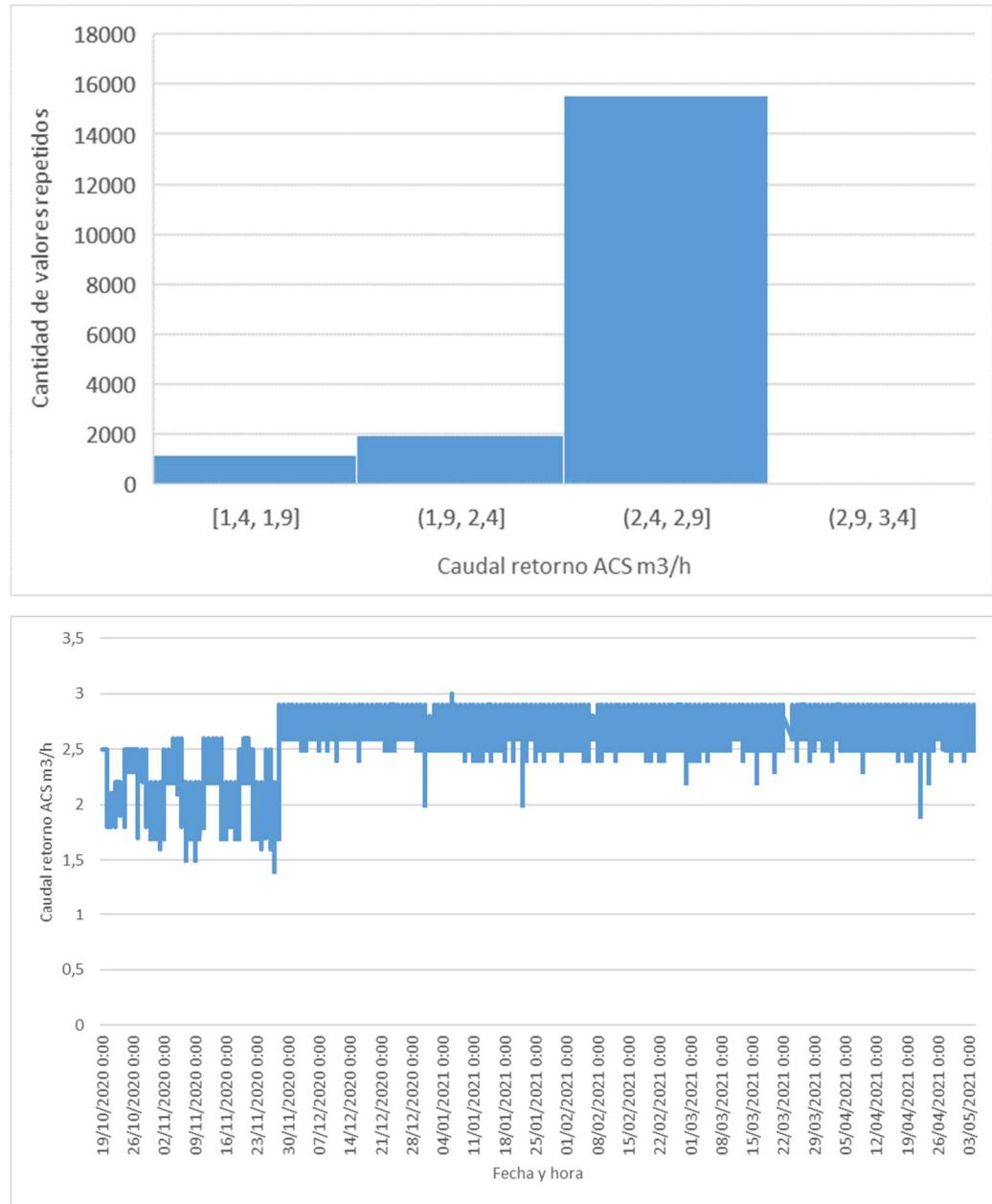
Se ha registrado este dato para comprobar los cálculos que hace el contador y los posibles desequilibrios hidráulicos del colector corrido. Se puede ver que cuando trabajos con el colector para la producción de ACS el caudal del colector aumenta de 45 a 55 m<sup>3</sup>/h.

- Caudal contador térmico primario ACS.



Se registra este dato para controlar los cálculos del contador, ver la cantidad de caudal necesario para la producción de ACS como actúa la V3V reguladora. Se puede ver que el caudal es constante de 10 m<sup>3</sup>/h y coincide con el aumento que tiene el contador de calderas cuando se produce ACS con el colector. Se puede ver que el valor 0 es superior al caudal en funcionamiento esto quiere decir que la acumulación del edificio funciona bien. Ya que sino sería indicador que está trabajando mucho tiempo en instantáneo el intercambiador de ACS. También se ha registrado los estados de las bombas circuladoras implicadas en la producción de ACS.

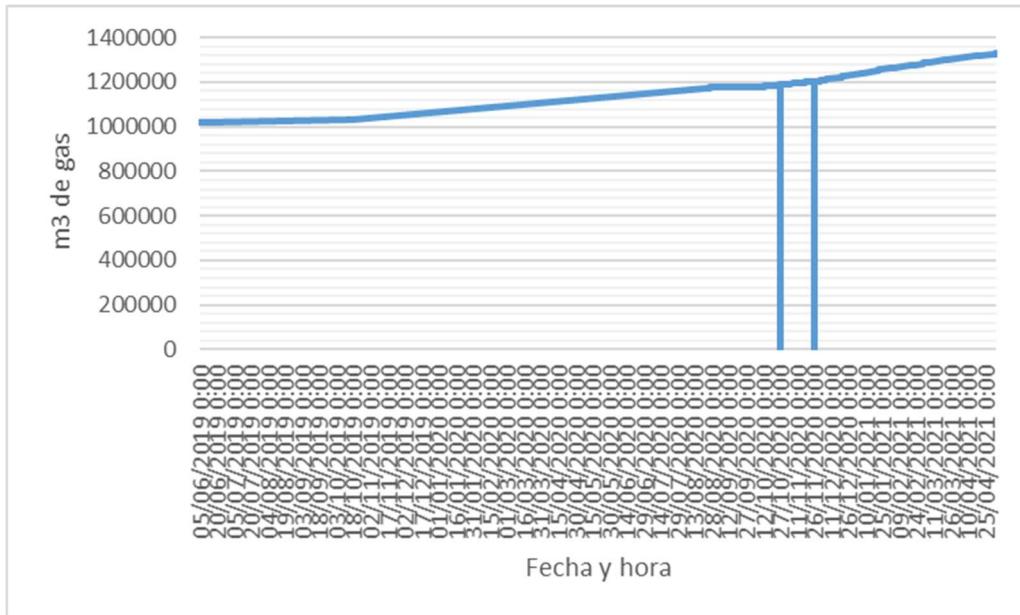
- Caudal contador térmico retorno ACS.



Se registra este dato para controlar los cálculos del contador, ver la cantidad de caudal recirculado por el ACS. Se puede ver que se recircula cada hora casi la totalidad de volumen acumulado en los depósitos que son 3000 litros. Se puede ver que a finales de noviembre se produce un leve aumento en el caudal recirculado, no se sabe que lo ha podido provocar o simplemente ha sido un ajuste del propio contador térmico.

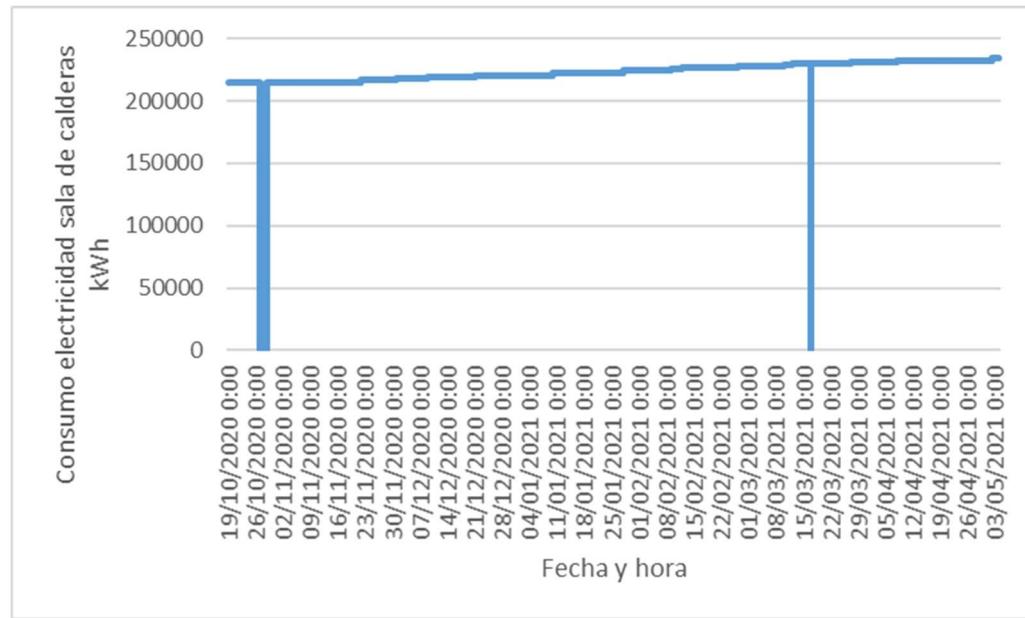
### **Registro de los consumos y energías térmicas de la instalación de calefacción y ACS.**

- Consumo de gas.



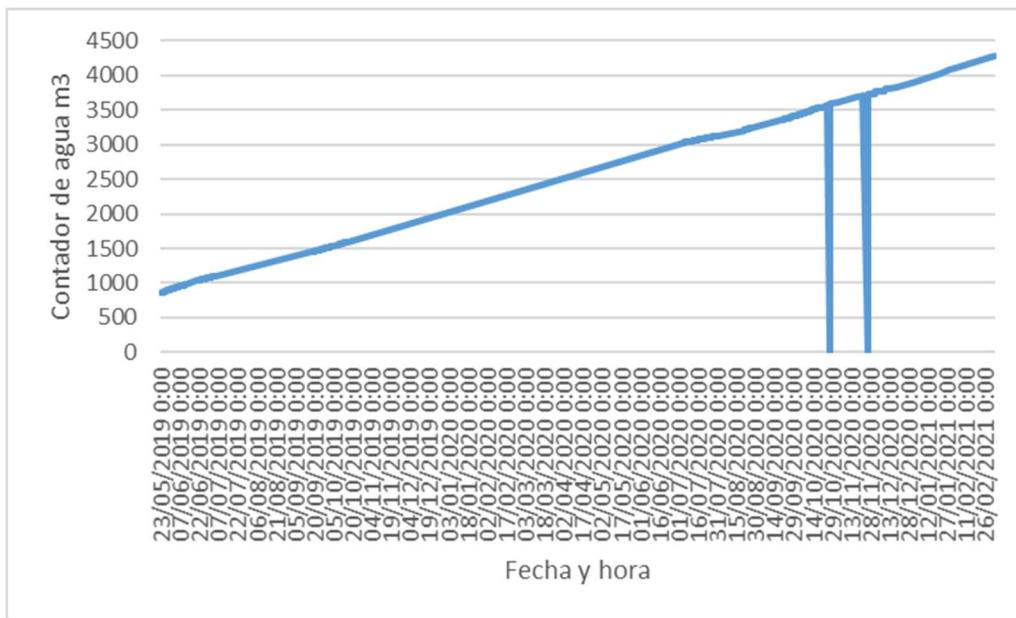
Se registra este dato para conocer el consumo de gas en m³, hay que tener en cuenta que estos datos para convertirlos a kWh hay que multiplicarlos por el factor de conversión que aparece en otro apartado de este trabajo.

- Contador de energía eléctrica de la sala de calderas.



Se registra este dato para conocer el consumo de los quemadores y las bombas entre otros elementos de la sala de calderas. Un ajuste de las horas que están en marcha supondrá un ahorro eléctrico. El consumo eléctrico es minino en comparación con la energía de gas.

- Consumo de agua fría para ACS. Consumo de ACS.



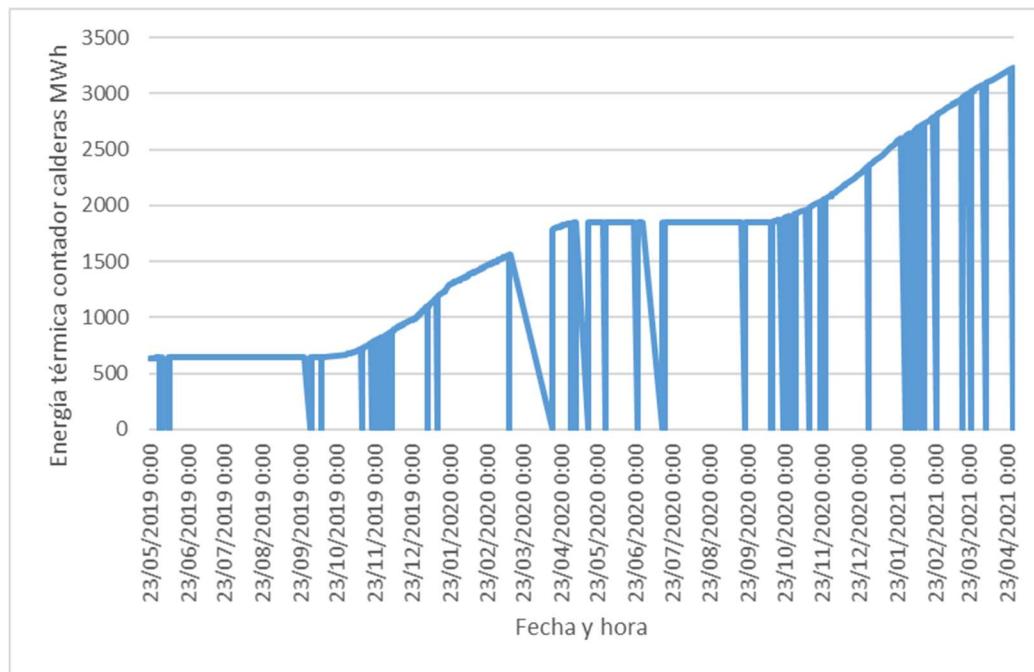
Registrando este dato se puede conocer el consumo diario de ACS que tiene el edificio. Con ello se puede ver la cantidad de agua consumida y la energía final necesaria para calentarla. También se han registrado los pulsos, porque los contadores no están dando problemas al registrar los datos.

- Contador de agua fría para ACS. Pulsos.



Registrando este dato se puede conocer el consumo diario de ACS que tiene el edificio. Con ello se puede ver la cantidad de agua consumida y la energía final necesaria para calentarla.

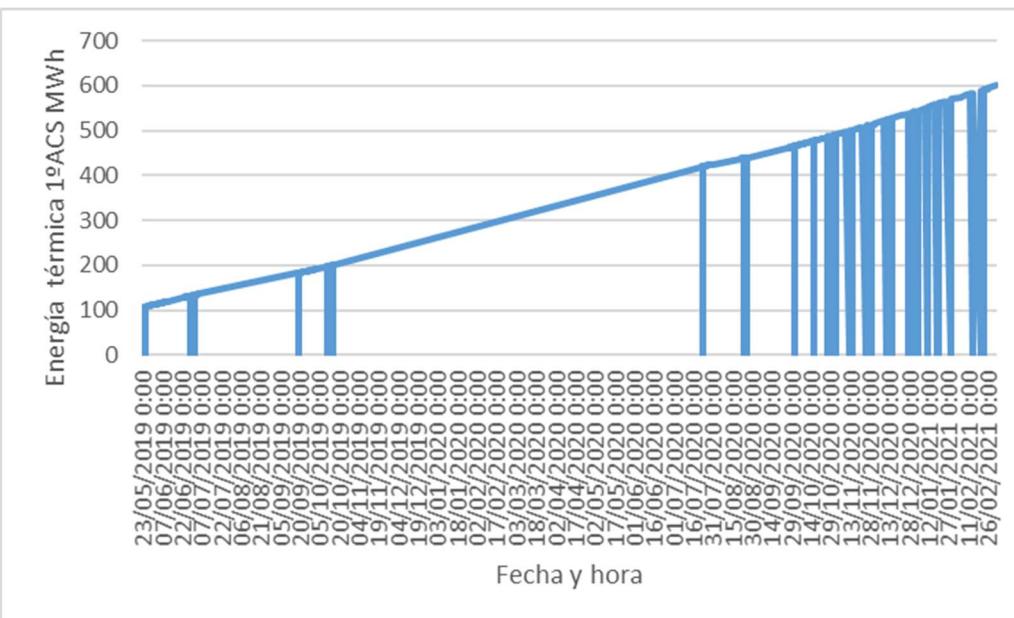
- Energía del contador térmico calderas.



	Energía CALD diario MWh	Caudal_CT m³/h	T_IDA_CT_CALD °C	T_RET_CT_CALD °C
Antes de 27/10/2020	2,43	18,76	59,81	56,21
Entre 27/10/2020 y 30/10/2020	3,75	18,92	59,97	56,21
Entre 30/10/2020 y 12/2/2021	7,70	35,31	66,60	59,92
Despues del 12/2/2021	6,86	39,43	63,36	57,91

Con este dato registrado se puede conocer la energía térmica producida por las calderas. Esto será utilizado para conocer los rendimientos, para conocer la demanda del edificio según temperatura exterior. Como se puede ver hay un problema y no lo registra de forma adecuada. Desde fabricante aún no han podido solucionar el problema. Hace registros sin ningún criterio. Por eso se ha tenido que hacer algunas aproximaciones en los cálculos. Se puede ver que en temporada de calefacción la producción diaria de energía térmica por parte de las calderas es de 7 MWh. Y durante un año la media es de 2,4 MWh.

- Energía del contador térmico primario ACS.

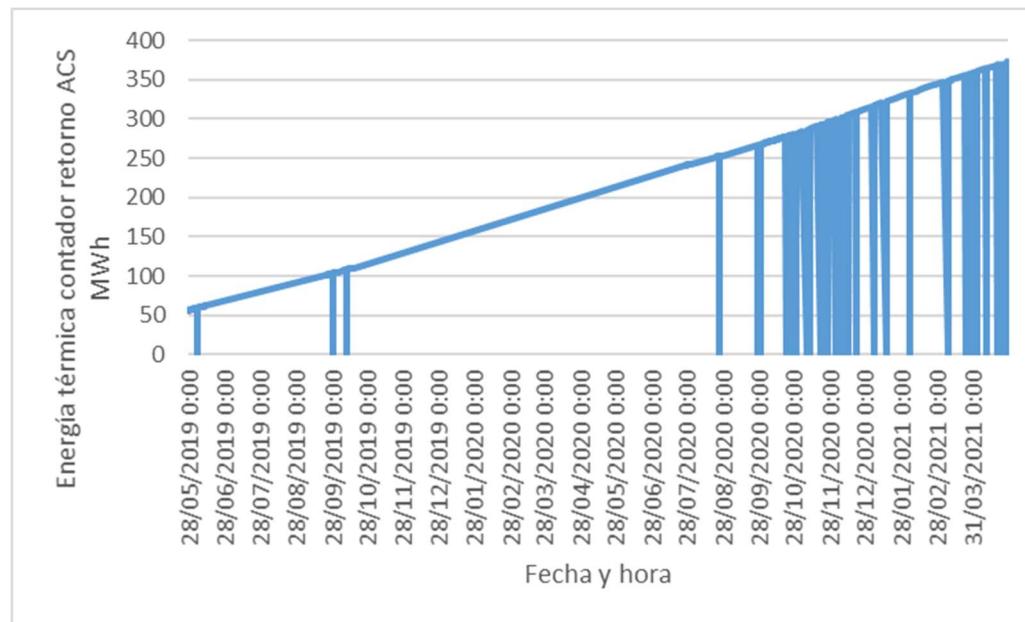


	Energia_CT_1ºACS MWh	Caudal 1ºACS m³/h	T_IDA_CT_1ºACS °C	T_RET_CT_1ºACS °C	Salto térmico
Antes de 27/10/2020	0,73	9,76	62,16	59,01	3,14
Entre 27/10/2020 y 30/10/2020	0,65	9,00	61,09	57,73	3,36
Entre 30/10/2020 y 12/2/2021	0,88	4,42	65,59	57,95	7,63
Despues del 12/2/2021	0,87	4,69	65,74	57,26	8,48

Registrando este dato se puede conocer la energía térmica diaria necesaria para satisfacer la demanda de ACS. También se puede ver cómo afecta la temperatura del agua de la red en las necesidades de calentamiento.

Como se puede ver hay un problema y no lo registra de forma adecuada. Desde fabricante aún no han podido solucionar el problema. Hace registros sin ningún criterio. Por eso se ha tenido que hacer algunas aproximaciones en los cálculos.

- Energía del contador térmico retorno ACS.



	ENERGÍA_CT_RACS MWh	CAUDAL_CT_RACS m <sup>3</sup> /h	T_IDA_CT_RACS °C	T_RET_CT_RACS °C
Antes de 27/10/2020	0,43	2,26	58,32	50,70
Entre 27/10/2020 y 30/10/2020	0,45	2,27	58,24	46,51
Entre 30/10/2020 y 12/2/2021	0,52	2,52	59,41	52,63
Despues del 12/2/2021	0,48	2,68	58,90	52,66

Registrando este dato se puede conocer la energía térmica diaria perdida en la distribución de ACS. También se puede ver cómo afecta la temperatura exterior en las perdidas. Estas pérdidas van a ser uno de los aspectos a mejorar. Existen unas pérdidas de 500 kWh al día por el hecho de la recirculación de ACS. Las tuberías de distribución de ACS están sin aislamiento.

Como se puede ver hay un problema y no lo registra de forma adecuada. Desde fabricante aún no han podido solucionar el problema. Hace registros sin ningún criterio. Por eso se ha tenido que hacer algunas aproximaciones en los cálculos.

## Registro de los estados de las bombas implicadas en la producción de ACS.

- Estado bomba 1 primario ACS.

También se han registrado el estado on y off de las bombas de primario de ACS y poder saber a qué horas se produce sobre todo la demanda de energía por parte del primario de ACS.

Timestamp	Value
01/01/2021 0:23	VERDADERO
01/01/2021 1:14	FALSO
01/01/2021 5:34	VERDADERO
01/01/2021 5:35	FALSO
01/01/2021 5:36	VERDADERO
01/01/2021 5:38	FALSO
01/01/2021 5:38	VERDADERO
01/01/2021 5:41	FALSO
01/01/2021 5:41	VERDADERO
01/01/2021 5:47	FALSO
01/01/2021 5:47	VERDADERO
01/01/2021 6:03	FALSO
01/01/2021 6:08	VERDADERO
01/01/2021 6:14	FALSO
01/01/2021 9:52	VERDADERO
01/01/2021 11:00	FALSO
01/01/2021 14:38	VERDADERO
01/01/2021 15:30	FALSO
01/01/2021 20:13	VERDADERO
01/01/2021 21:04	FALSO

- Estado bomba 2 primario ACS.

También se han registrado el estado on y off de las bombas de primario de ACS y poder saber a qué horas se produce sobre todo la demanda de energía por parte del primario de ACS.

Timestamp	Value
01/01/2021 3:10	VERDADERO
01/01/2021 3:12	FALSO
01/01/2021 3:13	VERDADERO
01/01/2021 3:15	FALSO
01/01/2021 3:16	VERDADERO
01/01/2021 3:18	FALSO
01/01/2021 3:18	VERDADERO
01/01/2021 3:26	FALSO
01/01/2021 3:26	VERDADERO
01/01/2021 3:57	FALSO
01/01/2021 6:19	VERDADERO
01/01/2021 6:25	FALSO
01/01/2021 6:29	VERDADERO
01/01/2021 6:35	FALSO
01/01/2021 6:39	VERDADERO
01/01/2021 6:45	FALSO
01/01/2021 6:59	VERDADERO
01/01/2021 7:00	FALSO
01/01/2021 8:00	VERDADERO
01/01/2021 8:53	FALSO
01/01/2021 12:38	VERDADERO
01/01/2021 13:27	FALSO
01/01/2021 18:09	VERDADERO
01/01/2021 19:01	FALSO

- Estado bomba 1 secundario ACS. Bomba de carga. No bomba de recirculación.

Se registra también el estado on y off de la bomba de carga, bomba que permite la recirculación por el secundario del intercambiador.

Timestamp	Value
01/01/2021 0:23	VERDADERO
01/01/2021 1:03	FALSO
01/01/2021 5:41	VERDADERO
01/01/2021 5:47	FALSO
01/01/2021 5:47	VERDADERO
01/01/2021 6:03	FALSO
01/01/2021 6:08	VERDADERO
01/01/2021 6:14	FALSO
01/01/2021 6:19	VERDADERO
01/01/2021 6:25	FALSO
01/01/2021 6:29	VERDADERO
01/01/2021 6:35	FALSO
01/01/2021 12:38	VERDADERO
01/01/2021 13:12	FALSO
01/01/2021 14:37	VERDADERO
01/01/2021 15:15	FALSO
01/01/2021 20:13	VERDADERO
01/01/2021 20:49	FALSO

- Estado bomba 2 secundario ACS. Bomba de carga. No bomba de recirculación.

Se registra también el estado on y off de la bomba de carga, bomba que permite la recirculación por el secundario del intercambiador.

# ANEXO IV NORMATIVA LEGIONELLA

## Normativa Legionella.

En un edificio como este, una residencia geriátrica la Legionella es un aspecto muy importante. Es por ello que las actuaciones de eficiencia energética en lo que respecta a la producción de ACS siempre será de acuerdo a la normativa.

### Normativa aplicable

- Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis

En este R.D. dice que la Legionella es una bacteria ambiental capaz de sobrevivir en un amplio intervalo de condiciones físico-químicas, multiplicándose entre 20 °C y 45 °C, destruyéndose a 70 °C. Su temperatura óptima de crecimiento es 35-37 °C.

Las instalaciones que con mayor frecuencia se encuentran contaminadas con Legionella y han sido identificadas como fuentes de infección son los sistemas de distribución de agua sanitaria, caliente y fría y los equipos de enfriamiento de agua evaporativos, tales como las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos, tanto en centros sanitarios como en hoteles u otro tipo de edificios.

El ámbito de aplicación dice que esta incluidas los sistemas de agua caliente sanitaria con acumulador y circuito de retorno. Por lo tanto la instalación analizada está incluida. Cualquier actuación deberá cumplir este Real Decreto.

El R.D. añade *“Con carácter complementario se tendrá en cuenta lo establecido en la Norma UNE 100030 IN Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones.”*

- UNE 100030:2017. Versión Corregida Julio 2019. Prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones.

Esta norma une desarrolla de una forma más completa el R.D. 865/2003.

### Aspectos básicos a tener en cuenta

- Asegurar, en el agua almacenada en los acumuladores finales de agua caliente, es decir, inmediatamente anteriores a consumo, una temperatura homogénea y evitar el enfriamiento de zonas interiores que propicien la formación y proliferación de la flora bacteriana. **Se debe establecer unos criterios en el sistema de gestión de Calefacción y ACS que cumplan esto.**
- Mantener la temperatura del agua, en el circuito de agua caliente, por encima de 50 °C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70 °C. **El sistema de gestión mide y registra la temperatura de ida y de retorno de la distribución de ACS, la temperatura de la parte superior del depósito final de ACS y la temperatura del depósito inicial de ACS. El sistema de gestión utiliza dos consignas que permiten cumplir con esta normativa son el retorno superior a 50 °C y la impulsión superior a 60 °C.**

- El control de la temperatura se realizará diariamente en los depósitos finales de acumulación, en los que la temperatura no será inferior a 60 °C y mensualmente en un número representativo de grifos y duchas (muestra rotatoria), incluyendo los más cercanos y los más alejados de los acumuladores, no debiendo ser inferior a 50 °C. Al final del año se habrán comprobado todos los puntos finales de la instalación. **Por todo esto el hecho de reducir el consumo de energía primaria reduciendo las temperaturas no es una opción válida ya que esta la seguridad por encima de la eficiencia.**
- Como mínimo anualmente se realizará una determinación de Legionella en muestras de puntos representativos de la instalación.
- El concepto de la disponibilidad de ACS, lo podemos extrapolar del punto F.10.2.3 Puntos Terminales (grifos y duchas) donde habla del método de recogida de muestras POST-FLUSH. La norma UNE dice que este método representa la calidad del agua circulante suministrada al grifo o ducha. El método establece que hay que dejar correr el agua hasta estabilización al menos 1 minuto y medir la temperatura del agua.

Por lo tanto, **al cabo 1 un minuto la temperatura tendría que ser de 50 °C**, es por esto que ajustes en la recirculación de ACS y de temperatura de impulsión de ACS deben cumplir esta condición. Una menor recirculación de ACS o una temperatura de impulsión menor garantizan una reducción del consumo, pero puede que la instalación no cumpla con esta normativa.

#### Ejemplos de análisis de Legionella.

<b>Empresa:</b> AREPLA, S.L.	<b>Producto:</b> AGUA CALIENTE SANITARIA
<b>Contacto:</b> Marta Naya	<b>F. de recepción:</b> 16-03-2018 / 11:20
<b>Dirección:</b> Pol. San Miguel, Sector B, Nave 25 50830 - Villanueva de Gállego (Zaragoza)	<b>F. inicio de ensayo:</b> 16-03-2018 / 12:45
	<b>F. fin de ensayo:</b> 26-03-2018 / 09:00
<b>Tomador muestra (*):</b> Cliente	<b>Zona de muestreo:</b> Ducha
<b>Fecha de recogida:</b> 15-03-2018 / 09:10	<b>Lote:</b>
<b>Presentación:</b> Bote estéril 1L con tiosulfato	<b>Fecha :</b>
<b>Otros datos de interés:</b> Casa Amparo Zaragoza - Lavacabezas peluquería	

Parámetros	Resultados	Especificac. Técnica (1)	Unidades	Procedimiento de Ensayo
Detec. y Rcto. Legionella spp	No se detecta	1.0 x10 <sup>3</sup>	ufc/(2)	UNE EN ISO 11731:2007
* T <sup>a</sup> (Medición "in situ")	56.7		°C	-

- Si aparece el valor en negrita la determinación afectada está fuera de la especificación/norma (1) definida.

Imagen análisis legionella

## Informe de ensayo 18.00585.2

<b>Empresa:</b> AREPLA, S.L.	<b>Producto:</b> AGUA CALIENTE SANITARIA
<b>Contacto:</b> Marta Naya	<b>F. de recepción:</b> 16-03-2018 / 11:20
<b>Dirección:</b> Pol. San Miguel, Sector B, Nave 25 50830 - Villanueva de Gállego (Zaragoza)	<b>F. inicio de ensayo:</b> 16-03-2018 / 12:45
	<b>F. fin de ensayo:</b> 26-03-2018 / 09:00
<b>Tomador muestra (*):</b> Cliente	<b>Zona de muestreo:</b> Ducha
<b>Fecha de recogida:</b> 15-03-2018 / 09:20	<b>Lote:</b>
<b>Presentación:</b> Bote estéril 1L con tiosulfato	<b>Fecha :</b>
<b>Otros datos de interés:</b> Casa Amparo Zaragoza - Habitación 114	

Parámetros	Resultados	Especificac. Técnica (1)	Unidades	Procedimiento de Ensayo
Detec. y Rcto. Legionella spp	No se detecta	1.0 x10 <sup>3</sup>	ufc/(2)	UNE EN ISO 11731:2007
* T <sup>o</sup> (Medición "in situ")	53.6		°C	-

- Si aparece el valor en negrita la determinación afectada está fuera de la especificación/norma (1) definida.

Imagen análisis legionella

Datos Muestra	
<b>Tipo de muestra</b>	AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO
<b>Toma de Muestra</b>	EL SOLICITANTE
<b>Procedimiento Toma</b>	Procedimiento Cliente
<b>Descripción</b>	Envase PET estéril con neutralizante

Pruebas/Ensayos	LD/LQ	Resultados	Unidades	Incert.	V.P.	Métodos
Recuento de Legionella spp	<1 ufc/ VF	>800	ufc/1000mL			UNE ISO 11731:2017 (A)
Volumen filtrado		200	mL			
Identificación de Legionella pneumophila		Legionella pneumophila				IT-EN-53
* Temperatura		Serogrupo 1: Detectado				
		52,3	°C			#

Observaciones
*Valor aproximado Recuento de Legionella spp >1500 ufc/L

Imagen análisis legionella

<b>Datos Muestra</b>	
<b>Tipo de muestra</b>	AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO
<b>Toma de Muestra</b>	EL SOLICITANTE
<b>Procedimiento Toma</b>	Procedimiento Cliente
<b>Descripción</b>	Envase PET estéril con neutralizante

<b>Pruebas/Ensayos</b>	<b>LD/LQ</b>	<b>Resultados</b>	<b>Unidades</b>	<b>Incert.</b>	<b>V.P.</b>	<b>Métodos</b>
Recuento de Legionella spp	<1 ufc/VF	20	ufc/1000mL			UNE ISO 11731:2017 (A)
Volumen filtrado		200	mL			
Identificación de Legionella pneumophila		Legionella pneumophila				IT-EN-53
* Temperatura		55,4	°C			#

Los resultados emitidos en el presente informe pertenecen únicamente a las muestras analizadas tal y como se han recibido en el laboratorio. AMBIENTALYS garantiza la confidencialidad de los resultados incluidos en este informe. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento expreso de AMBIENTALYS. Cuando la muestra no es tomada por AMBIENTALYS, la fecha y hora, instalación y punto de toma de muestra son facilitados por el solicitante. AMBIENTALYS no se hace responsable de la información aportada.

# Medición in situ facilitada por el solicitante.

(\*) La muestra se someterá a la calibración para los parámetros incluidos en el anexo técnico nº 767/LE1491

V = Valor parámetro para cada ensayo según legislación de aplicación. L.D.: Límite detección para ensayos microbiológico s. L.Q.: Límite cuantificación para ensayos físico-químicos. Regla decisión análisis resultados - comparación directa: Conforme a ISO 7218 e ISO 8199. Valores de 1 a 3 ufc/placa, 10 a 30 ufc/placa, 1 a 3 ufc/mL, o VF indican Pre sencia del microorganismo; y de 4 a 9 ufc/placa, 40 a 90 ufc/g, 4 a 9 ufc/mL o VF indican nº estimado. Para los ensayos microbiológicos acreditados, las incertidumbres están a disposición del cliente.

Para el ensayo de Legionella según: UNE ISO 11731:2017: (A) Matriz A, Procedimiento 5 y 7, Medio de Cultivo A y C(GVPC), (B) Matriz B, Procedimiento 8,9 y 10, Medio de Cultivo C(GVPC)

#### Imagen análisis legionella

En estas dos últimas se detectaron en pequeñas cantidades, fue debido a que había en el edificio unas zonas en obras y se habían quedado esos grifos sin abrirse y sin hacerles los mantenimientos correspondientes. De acuerdo a la tabla 3 del R.D. se estableció un plan para cuando terminaran las obras y se volvieron a repetir los análisis. No tenía nada que ver con el funcionamiento de la central térmica de producción de ACS.

TABLA 3

#### Acciones para torres de refrigeración y dispositivos análogos en función de los análisis microbiológicos de Legionella (\*\*)

Recuento de Legionella (1) UFC(*)/l	Acción propuesta
^100 ^1.000	Revisar el programa de mantenimiento y realizar las correcciones oportunas. Remuestreo a los 15 días.
^1.000 ^10.000	Se revisará el programa de mantenimiento, a fin de establecer acciones correctoras que disminuyan la concentración de Legionella. Limpieza y desinfección de acuerdo con el anexo 4b. Confirmar el recuento, a los 15 días. Si esta muestra es menor de 100 UFC/l, tomar una nueva muestra al cabo de un mes. Si el resultado de la segunda muestra es ^100 UFC/l continuar con el mantenimiento previsto.
	Si una de las dos muestras anteriores dan valores ^100 UFC/l, revisar el programa de mantenimiento e introducir las reformas estructurales necesarias. Si supera las 1.000 UFC/l, proceder a realizar una limpieza y desinfección de acuerdo con el anexo 4c. Y realizar una nueva toma de muestras a los 15 días.
^10.000	Parar el funcionamiento de la instalación, vaciar el sistema en su caso. Limpiar y realizar un tratamiento de choque de acuerdo con el anexo 4c, antes de reiniciar el servicio. Y realizar una nueva toma de muestras a los 15 días.

(1) Análisis realizado según la norma ISO 11731, 1998.

(\*) UFC/l: Unidades Formadoras de Colonias por litro de agua analizada.

(\*\*) Los análisis deberán ser realizados en laboratorios acreditados para aislamiento de Legionella en agua o laboratorios que tengan implantado un sistema de control de calidad para este tipo de ensayos.