



# CLIMATIZACIÓN y REFRIGERACIÓN

---

## MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL SECTOR HOTELERO

Caso Práctico: Hotel Barceló Emperatriz  
Madrid

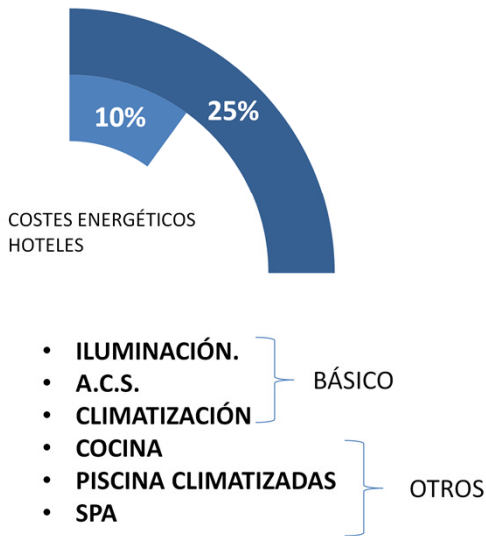


## CLIMATIZACIÓN y REFRIGERACIÓN

---

- EL RETO
- EL PROYECTO
- FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA
- PRODUCCIÓN DE ACS
  - NECESIDADES Y PROPUESTA
- SISTEMA DE CONTROL
- MANTENIMIENTO
  - PREVENTIVO
  - MONITORIZACIÓN ENERGÉTICA
- OTRAS MEJORAS

## EL RETO



**OBJETIVO = AHORRAR**

**REDUCIR CONSUMO:**

- AGUA 20%
- GAS 70%
- ELECTRICIDAD 25%

En el sector hotelero los costes energéticos representan entre el 5% y el 10% de los costes totales de explotación de los establecimientos. Aunque puede sufrir variaciones en función de las características y las instalaciones del complejo, pudiendo alcanzar hasta un 25% en el caso de hoteles con piscina climatizada, SPA o cocina. Ante este panorama se hace imprescindible la búsqueda e implantación de sistemas eficientes capaces de cubrir las necesidades de las distintas partes implicadas asegurando en todo momento el mayor confort de los huéspedes. Con este objetivo, reducir el consumo energético y mejorar el confort, el hotel Barceló Emperatriz de Madrid ha puesto en marcha recientemente un plan de eficiencia energética con el que pretende conseguir un ahorro de hasta un 20% en agua, un 70% en gas y un 25% en consumo eléctrico.

## EL PROYECTO



HOTEL BARCELÓ EMPERATRIZ 5\*

146 Habitaciones  
Salas de Reuniones  
Gimnasio  
Restaurante

“B-Room” Concept  
Máxima calidad y Comodidad

### Requerimientos:

- Climatización independiente por Planta
- Máxima Eficiencia Energética.
- Operación Silenciosa.
- Permitir descanso usuarios.
- Garantizar el Confort.

### Solución Propuesta:

- Equipos Volumen Refrigerante Variable.
- Recuperación de Calor.
  - Climatización.
    - Frío.
    - Calefacción.
  - Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Hotel Barceló Emperatriz, situado en pleno barrio de Salamanca, junto al Paseo de la Castellana y la calle Serrano, cuenta con 146 habitaciones, 2 salas de reuniones, gimnasio y un restaurante.

Todas las estancias del hotel han sido diseñadas cuidando la tradición pero a su vez incorporando la última tecnología para ofrecer al cliente el nuevo concepto “B-Room”, entendido por la firma hotelera como máximo estándar de calidad y comodidad.

El plan de eficiencia energética del hotel demandaba una **solución de climatización independiente por planta**, con **alta eficiencia energética** para permitir reducir los consumos energéticos según el plan acordado y silencioso en su funcionamiento para evitar molestias durante la operación en horario nocturno sobre todo para permitir el descanso de los usuarios de las habitaciones. Además debía ser capaz **de garantizar el confort** de los clientes en cuestión de rapidez a la hora de climatizar las habitaciones de este exclusivo hotel.

Se analizaron sistemas de agua y expansión directa y se escogió un sistema de recuperación de calor por conseguir satisfacer las necesidades anteriormente descritas además de utilizar diámetros de tubería menores que los sistemas de agua. En este caso, al ser una reforma, era complicado atravesar algunas zonas del hotel por lo que el tamaño de las tuberías era un requisito que se encontró a la hora de poder ejecutar el proyecto.

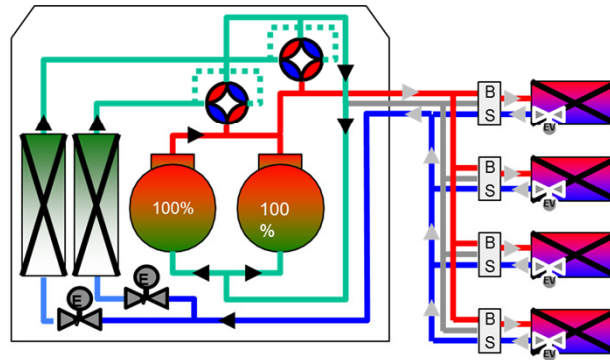
Así pues, se abastecerá de frío, calor y agua caliente sanitaria mediante sistemas

de **Volumen de refrigerante Variable**, o mejor dicho, **Caudal de refrigerante Variable**

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

RENDIMIENTO NOMINAL\*

SEER > 4,0



Todas las unidades están demandando calor

\* Capacidades nominales : refrigeración (temp. interior 27°CBS, temp. exterior 35°CBS). Calefacción (temp. interior 20°CBS, temp. exterior 7°CBS).

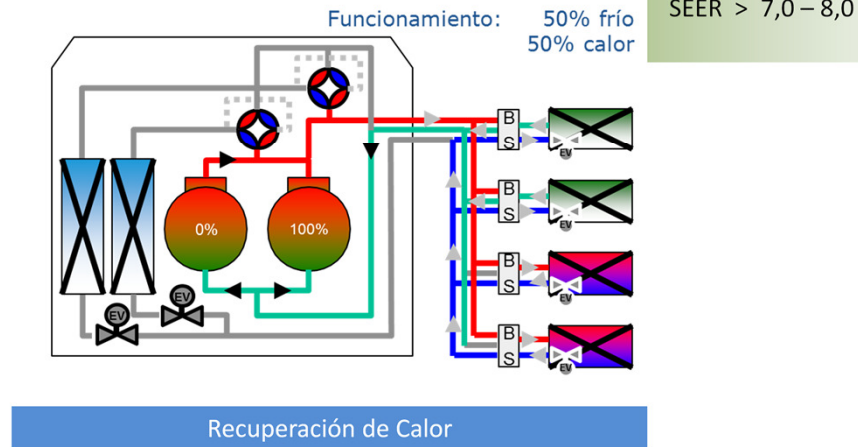
Recordando brevemente el funcionamiento de los sistemas VRV, podemos mencionar que se componen de unidades interiores que incorporan válvulas de expansión electrónicas que permiten el control individual de la potencia frigorífica/calorífica en función de la demanda de cada zona a la que abastecen la climatización.

De esta forma la unidad exterior regulará la capacidad del compresor dependiendo de la información que reciba de cada una de las interiores.

Creemos más interesante en este caso explicar la función de recuperación de calor y más en concreto la aplicación para ACS.

Cuando todas las unidades están demandando calor, la unidad exterior proporciona, directamente refrigerante en estado gas alta temperatura (salida del compresor) hacia las unidades interiores.

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA



\* Capacidades nominales : refrigeración (temp. interior 27°CBS, temp. exterior 35°CBS). Calefacción (temp. interior 20°CBS, temp. exterior 7°CBS).

Es en el momento en que las necesidades de frío y calor de las unidades interiores son diferentes cuando se realiza la recuperación de calor por trasvase directo de refrigerante, aumentando así su rendimiento global.

En este caso el refrigerante en estado líquido a alta presión que sale de las unidades en modo calefacción entran directamente en las unidades con necesidad de frío por lo que no es necesario que los compresores estén funcionando para proporcionar esa potencia.

La potencia total aportada es del 100% (50% en modo frío y 50% en modo calor) y el consumo de compresores es la mitad que cuando estaban todas en calor. De esta manera los rendimientos se duplican con respecto al nominal. Recordar que los rendimientos nominales del sistema VRV se encuentran en valores superiores a 4 por lo que en los casos de recuperación puede superar el valor de 7 u 8

## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Guía técnica

Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización

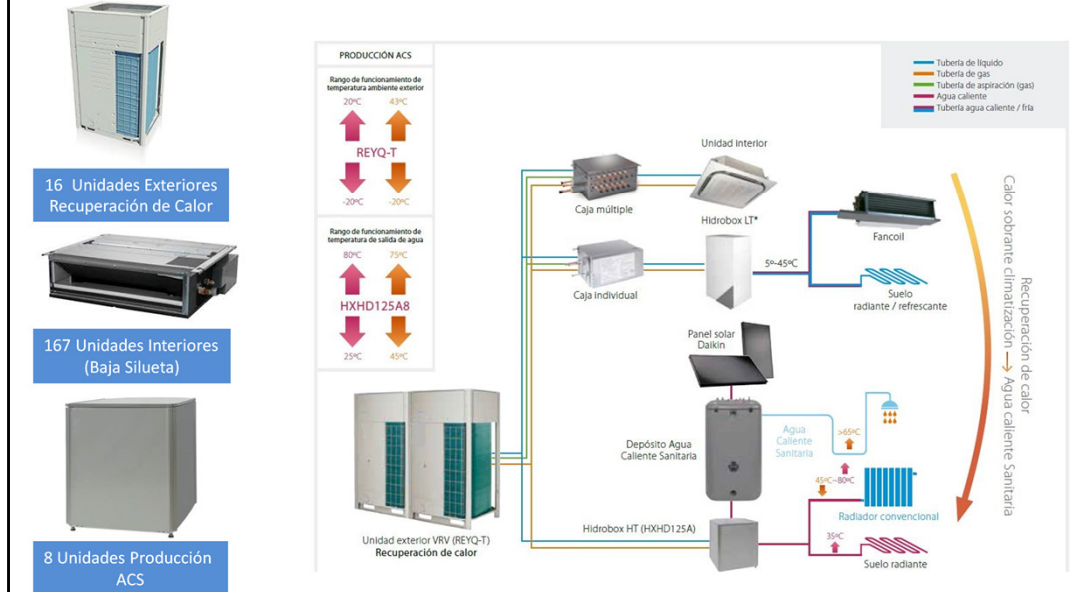
VALORES COEFICIENTES EER/COP A DIFERENTES SITUACIONES DE FUNCIONAMIENTO. RELACIÓN CONEXIÓN 110%

| Modo de operación  |                  | Pot Refrig (kW) | Pot Calif. (kW) | Tª Exterior (°C) | Tª Interior (°C) | EER  | COP  |
|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------|------|
| 100% Refrigeración | 0% Calefacción   | 28,50           | 0,00            | 35               | 27/22            | 3,99 | 0,00 |
| 25% Refrigeración  | 75% Calefacción  | 7,06            | 21,49           | 7                | 27/22            | 6,01 |      |
|                    |                  |                 |                 | 11               |                  | 6,35 |      |
|                    |                  |                 |                 | 15               |                  | 6,62 |      |
| 50% Refrigeración  | 50% Calefacción  | 12,49           | 14,70           | 7                | 27/22            | 7,52 |      |
|                    |                  |                 |                 | 11               |                  | 7,87 |      |
|                    |                  |                 |                 | 15               |                  | 8,29 |      |
| 75% Refrigeración  | 25% Calefacción  | 20,26           | 7,23            | 7                | 27/22            | 8,39 |      |
|                    |                  |                 |                 | 11               |                  | 7,94 |      |
|                    |                  |                 |                 | 15               |                  | 7,44 |      |
| 0% Refrigeración   | 100% Calefacción | 0,00            | 32,40           | 7                | 27/22            | 0,00 | 4,24 |

Esta circunstancia viene recogida en las guías del IDAE



## FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA



En concreto, para este proyecto, se ha instalado un sistema VRV IV de Recuperación de Calor compuesto por 16 unidades exteriores, 167 unidades interiores de conductos de altura reducida, además se ha incluido para la producción de ACS mediante 8 unidades capaces de producir agua hasta 80°C.

## PRODUCCIÓN ACS: NECESIDADES Y PROPUESTA

Hotel 5 Estrellas (\*\*\*\*\*)

Ocupación 188 Personas

Demanda: 69 litros/día persona

Consumo Total: 12.972 litros/día

Zona Climática IV

Contribución Mínima 70%

### 4.1 Cálculo de la demanda

1 Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla (Demanda de referencia a 60 °C).

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C<sup>(1)</sup>

| Criterio de demanda           | Litros/día-unidad | unidad      |
|-------------------------------|-------------------|-------------|
| Vivienda                      | 28                | Por persona |
| Hospitales y clínicas         | 55                | Por persona |
| Ambulatorio y centro de salud | 41                | Por persona |
| Hotel *****                   | 69                | Por persona |

Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.

| Demanda total de ACS del edificio (l/d) | Zona climática |    |     |    |    |
|---|----------------|----|-----|----|----|
|   | I              | II | III | IV | V  |
| 50 – 5.000                              | 30             | 30 | 40  | 50 | 60 |
| 5.000 – 10.000                          | 30             | 40 | 50  | 60 | 70 |
| >10.000                                 | 30             | 50 | 60  | 70 | 70 |

Para el estudio en cuestión se han tomado los siguientes datos:

**Edificación:** Hotel 5 estrellas, con una ocupación de 188 personas.

**Ubicación:** Madrid capital (Zona Climática IV establecida por el CTE HE-1 Apéndice B.1).

**Estimación consumo:** 69 litros/día\*persona a 60°C establecido por el CTE HE-4 Art.4.1 para hoteles de 5 estrellas.

**Consumo total estimado día:** 12.972 litros/día.

**Cobertura mínima:** El CTE HE-4 Art.2.2.1 determina que para una demanda total de ACS mayor a 10.000 l/d en una zona climática IV se debe cubrir como mínimo un 70% de la demanda de ACS.

## PRODUCCIÓN ACS: NECESIDADES Y PROPUESTA

| NECESIDADES ENERGÉTICAS       | ENE      | FEB      | MAR      | ABR      | MAY      | JUN      | JUL      | AGO      | SEP      | OCT      | NOV      | DIC      | TOTAL     |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Salto térmico (°K)            | 52       | 52       | 50       | 48       | 46       | 43       | 40       | 41       | 43       | 47       | 50       | 52       | 47        |
| Consumo ACS a 60°C (l/mes)    | 402.132  | 363.216  | 402.132  | 389.160  | 402.132  | 389.160  | 402.132  | 402.132  | 389.160  | 402.132  | 389.160  | 363.216  | 4.734.780 |
| Necesidades ACS (kWh)         | 24.315,0 | 21.961,9 | 23.379,8 | 21.720,6 | 21.509,4 | 19.458,0 | 18.703,8 | 19.171,4 | 19.458,0 | 21.977,0 | 22.625,6 | 24.315,0 | 258.595,3 |
| Necesidades calefacción (kWh) | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0       |
| Total necesidades (kWh)       | 24.315,0 | 21.961,9 | 23.379,8 | 21.720,6 | 21.509,4 | 19.458,0 | 18.703,8 | 19.171,4 | 19.458,0 | 21.977,0 | 22.625,6 | 24.315,0 | 258.595,3 |

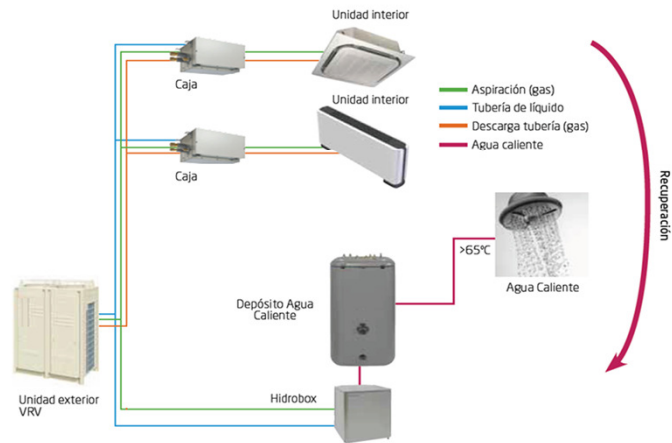
Potencia aprox. Instalada de **621,6kW**  
 2 Unidades de 56,0 Kw.  
 1 unidad de 4,05 Kw.  
 2 Unidades de 33,5 Kw.  
 3 unidades de 28,0 Kw.  
 14 unidades de 22,4 Kw.

Con estas premisas las **necesidades energéticas** son las siguientes.

El sistema VRV para ACS aúna los altos COPs propios de una bomba de calor 4,27, así como la recuperación de calor cuando las unidades de climatización trabajan en modo refrigeración condensando el calor sobrante sobre el módulo hidrónico, transfiriendo el calor de las estancias al sistema de ACS. En estas circunstancias (verano), el rendimiento del sistema supera ampliamente el nominal de 4,27.

En nuestro caso, se plantea una instalación con una potencia aproximada instalada de **621,6kW** (2 unidades de 56kW, 1 unidad de 45 kW, 2 unidades de 33,5kW, 3 unidades de 28kW y 14 unidades de 22,4kW).

## PRODUCCIÓN ACS: NECESIDADES Y PROPUESTA



Suponiendo la instalación a pleno rendimiento (100%), los **621,6kW** frigoríficos entregados más el trabajo del compresor (suponemos un 25% del frío producido) habrá que disiparlos, es decir, tirarlos. Con el sistema que se propone al ser un sistema de Recuperación de Calor, recuperamos ese calor y lo aprovechamos para suministrar el ACS.

## PRODUCCIÓN ACS: NECESIDADES Y PROPUESTA

| PORCENTAJE FUNCIONAMIENTO   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                             | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Funcionamiento Calefac. (%) | 90  | 90  | 70  | 40  | 0   | 0   | 0   | 0   | 20  | 40  | 70  | 100 |
| Funcionamiento Refrig. (%)  | 10  | 10  | 30  | 60  | 100 | 100 | 100 | 100 | 80  | 60  | 20  | 10  |
| <b>Recuperación ACS (%)</b> | 10  | 10  | 30  | 60  | 100 | 100 | 100 | 100 | 80  | 60  | 20  | 10  |

Se recuperará calor para ACS siempre que se esté aportando refrigeración

En la siguiente Tabla se presenta mes a mes el porcentaje de tiempo estimado en cada modo de funcionamiento (refrigeración o calefacción) del sistema. Se producirá la recuperación de energía para ACS cuando el sistema esté funcionando en refrigeración.

Tal y como se muestra en la anterior Tabla, se recuperará calor para ACS cuando se está aportando refrigeración

## PRODUCCIÓN ACS: NECESIDADES Y PROPUESTA

| PERFIL DIARIO FUNCIONAMIENTO EN REFRIGERACIÓN |       |           |       |           |       |           |       |            |       |            |       |
|---|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|------------|-------|------------|-------|
| ENE (10%)                                     |       | FEB (10%) |       | MAR (30%) |       | ABR (60%) |       | MAY (100%) |       | JUN (100%) |       |
| Horas   | %     | Horas     | %     | Horas     | %     | Horas     | %     | Horas      | %     | Horas      | %     |
| Día   | Carga | Día       | Carga | Día       | Carga | Día       | Carga | Día        | Carga | Día        | Carga |
| 1   | 25    | 1         | 25    | 1         | 50    | 1         | 85    | 1          | 100   | 2          | 100   |
| 1   | 10    | 1         | 10    | 2         | 25    | 4         | 70    | 7          | 70    | 6          | 70    |
| -   | -     | -         | -     | 4         | 10    | 5         | 40    | 4          | 40    | 4          | 40    |
| -   | -     | -         | -     | -         | -     | 4         | 5     | 12         | 5     | 12         | 5     |

| PERFIL DIARIO FUNCIONAMIENTO EN REFRIGERACIÓN |       |            |       |           |       |           |       |           |       |           |       |
|---|-------|------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| JUL (100%)                                    |       | AGO (100%) |       | SEP (80%) |       | OCT (60%) |       | NOV (20%) |       | DIC (10%) |       |
| Horas   | %     | Horas      | %     | Horas     | %     | Horas     | %     | Horas     | %     | Horas     | %     |
| Día   | Carga | Día        | Carga | Día       | Carga | Día       | Carga | Día       | Carga | Día       | Carga |
| 2   | 100   | 2          | 100   | 2         | 85    | 1         | 85    | 1         | 30    | 1         | 25    |
| 6   | 70    | 6          | 70    | 5         | 70    | 4         | 70    | 1         | 20    | 1         | 10    |
| 4   | 40    | 4          | 40    | 5         | 40    | 5         | 40    | 1         | 10    | -         | -     |
| 12  | 5     | 12         | 5     | 7         | 5     | 4         | 5     | -         | -     | -         | -     |

En la siguiente Tabla se establece un perfil de demanda de refrigeración típico para Madrid:

## PRODUCCIÓN ACS: NECESIDADES Y PROPUESTA

|                         | Enero  | Febrero | Marzo  | Abril   | Mayo    | Junio   | Julio   | Agosto  | Sept    | Octubre | Nov    | Dic    | Total     |
|-------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-----------|
| Recuperación kWh        | 8.430  | 7.615   | 33.722 | 136.364 | 195.105 | 195.804 | 202.331 | 202.331 | 175.991 | 140.909 | 13.986 | 8.430  | 1.321.017 |
| Demanda ACS kWh         | 24.315 | 21.962  | 23.380 | 21.721  | 21.509  | 19.458  | 18.704  | 19.171  | 19.458  | 21.977  | 22.626 | 24.315 | 258.596   |
| Aportación para ACS kWh | 8.430  | 7.615   | 23.380 | 21.721  | 21.509  | 19.458  | 18.704  | 19.171  | 19.458  | 21.977  | 13.986 | 8.430  | 203.837   |

**Aportación ACS : 203.837 kWh/año.**

**78% de energía gratuita para el ACS**

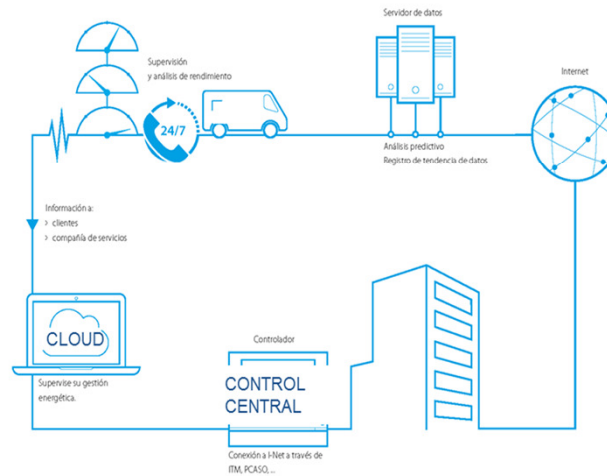
**Estimando 0,16€ por kWh**

**32.000 € Ahorros generación de ACS.**

Con este perfil de demanda, en la siguiente Tabla se presenta la energía recuperada y la cobertura mensual de ACS.

De esta forma, el total de energía recuperada “gratuita” es de **203.837 kWh/año**. Eso supone un **78% de energía gratuita para el ACS**. Estimando un precio de **0,16€ por kWh**, supone más de **32.000€** que no tendrá que pagar el hotel para la generación de ACS.

## SISTEMA DE CONTROL



Monitorización / Mantenimiento

Una vez superado el reto inicial de elegir el sistema más eficiente de climatización con la elección de VRV IV Recuperación de Calor, el siguiente compromiso era el de asegurarse que el sistema funcionara en todo momento con las especificaciones correctas y garantizara eficiencia óptima a largo del ciclo de vida de los equipos. Para ello, la instalación fue dotada de un Sistema de Gestión central por ordenador, conectado al sistema de control de los servicios de monitorización/telemantenimiento, lo que permite garantizar una continuidad total de la actividad del hotel.



MONITORIZACIÓN ENERGÍA



Además una herramienta inteligente de visualización de la energía, esto significa que ayuda al Hotel Barceló Emperatriz a mejorar la gestión del complejo hotelero salvaguardando el funcionamiento óptimo del sistema de aire acondicionado durante toda su vida.

De esta manera se podrá comparar con respecto al proyecto y/o sistema anterior, de cara a ver si la reducción de consumo planteada está yendo tal y como se esperaba.

En el proyecto que nos ocupa tras un año de monitorización hemos verificado ahorros energéticos importantes, siendo este incluso un 40% por debajo de nuestras mejoras previsiones.

Además Esta supervisión detecta cualquier alteración y minimiza el riesgo de averías inesperadas gracias al uso de algoritmos de predicción que comprueban los datos de funcionamiento 24 horas al día, 7 días a la semana.

Igualmente, ante una alarma, el gestor de servicio recibe la notificación de forma inmediata con toda la información necesaria para dar una respuesta rápida al hotel

## PLAN EFICIENCIA ENERGÉTICA OTRAS MEJORAS IMPLEMENTADAS

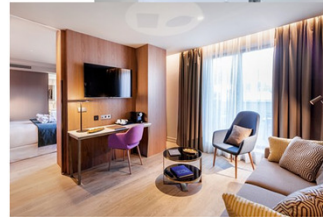
MEJORAS

### TRATAMIENTO DE AGUA

RECICLAJE AGUAS GRISES  
REUTILIZACIÓN AGUAS JABONOSAS  
BAÑERAS  
DUCHAS  
LAVABOS

### ENERGÍA ELÉCTRICA

TECNOLOGÍA LED  
SENSORES PRESENCIA



<http://www.europapress.es/epsocial/rsc/noticia-rsc-hotel-barcelo-emperatriz-madrid-estrena-plan-eficiencia-energetica-20160330130746.html>

Para completar el plan de eficiencia energética, el Hotel Barceló Emperatriz incorporó otras mejoras en el tratamiento de agua y energía eléctrica, entre ellas, un sistema de reciclaje de aguas grises que le permite reutilizar las aguas jabonosas de las bañeras, duchas y lavabos, gracias a un sistema de filtrado. Igualmente, para minimizar el consumo eléctrico, todo el hotel cuenta con tecnología led para el alumbrado además de sensores de presencia en todas las zonas para apagar luces cuando no hay presencia de personal o clientes.



## CLIMATIZACIÓN y REFRIGERACIÓN

---

**MUCHAS  
GRACIAS**



## **PREGUNTAS**