

## Caso Practico

# Mejoras Obtenidas Proyecto de Frío Industrial

*watio*  
CalorCoolRefrigeración  
EVaporación**Sistema**flujo*eficiencia*  
*condensación REactiva*  
*GasEnergía*  
*Frigoríaintegral*fuga*Aislar*  
*TEmperatuRA**humedad*  
*gestión caloríasPresión*  
*H<sub>2</sub>Oenergética**LUZ*  
*agua*





Technologies  
Energéticas

- **INICIO - PRESENTACION**
- **SITUACION ORIGINAL – ESTADO INICIAL**
- **TRABAJOS REALIZADOS**
  - A) COMUNICACIÓN CON EQUIPOS
  - B) ANALISIS DE DATOS
  - C) ESTUDIO DE MEJORA
  - D) MEJORES SOLUCIONES
  - E) CONTROL EXPERTO
  - F) RESULTADOS OBTENIDOS
- **OTROS TRABAJOS REALIZADOS**

## 1. INICIO – PRESENTACION

**Departamento Tecnologías Energéticas**

**Instituto Tecnológico de Castilla y León**

Marzo 2010 – Actualidad

- Participación en proyectos Europeos
- Técnico de proyectos de I+D
- Técnico de proyectos de eficiencia energética

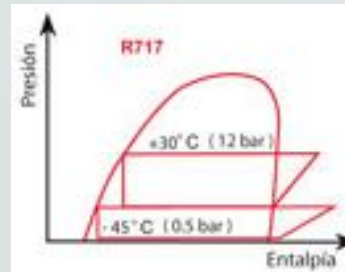
### **Caso practico**

Implantación de un Sistema de Gestión Energética, basado en el concepto de industria 4.0.

Empresa de congelados en Galicia.

## 2. SITUACION ORIGINAL

1. Instalación de Amoniaco NH3
2. Instalación de doble etapa
  - Condensación: +30°C
  - Evaporación:
    - -10°C
    - -25°C
    - -35°C
    - -43°C



3. Fluido secundario, Glicol
4. Control manual
5. SCADA sin registro de datos

## 2. SITUACION ORIGINAL

### Equipos:

- 6 Compresores
- 5 Condensadores
- 11 Bombas impulsión

4 Temperaturas de Servicios

- Potencia eléctrica instalada:  
2.000 kW

## 2. SITUACION ORIGINAL

### **Ausencia de...**

- Datos de rendimiento real de la planta
- Datos de costes asociados a la producción de frío
- Desglose de consumos por equipo o proceso

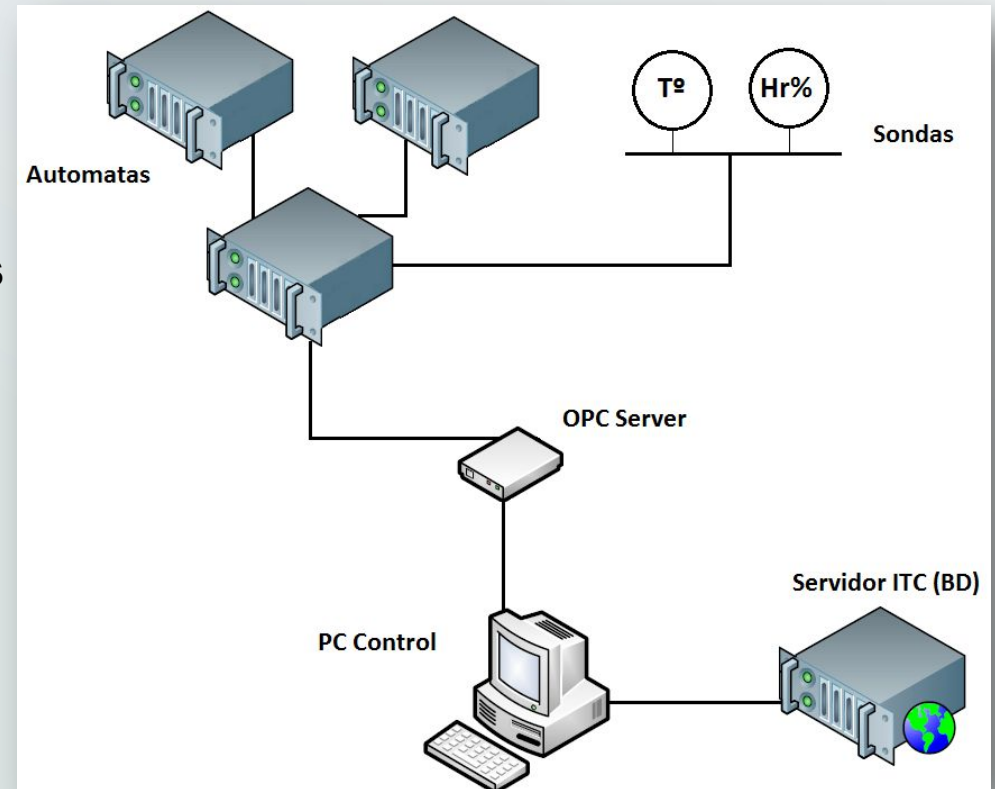
### **Falta de optimización en...**

- Régimen de trabajo fuera de condiciones de diseño
- Arranques y paradas de equipos
- Secuencias y consignas de funcionamiento

### 3. TRABAJOS REALIZADOS – A) COMUNICACIÓN CON EQUIPOS

Comunicación con 3 autómatas

- 1 Autómata principal
- 2 Autómatas esclavos
- **Instalación de nuevos sensores**
- OPC Server
- PC control (SCADA)
- **Servidor ITCL (BD)**

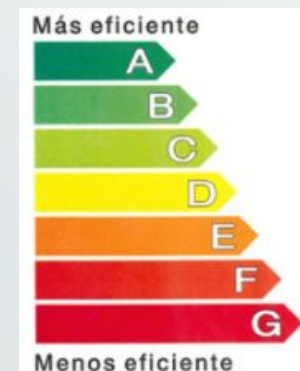


### 3. TRABAJOS REALIZADOS – B) ANALISIS DE DATOS

Consumos eléctricos, kWh eléctrico	Por equipo instalado	Por separador	Global
Producción de frio, kWh frio			



Eficiencia energética (COP)



#### Equipos:

- 6 Compresores
- 5 Condensadores
- 11 Bombas impulsión

#### Separador:

- $-10^{\circ}\text{C}$
- $-25^{\circ}\text{C}$
- $-35^{\circ}\text{C}$
- $-43^{\circ}\text{C}$

#### Global:

- *Instalación*



### 3. TRABAJOS REALIZADOS – B) ANALISIS DE DATOS

Consumo eléctrico:

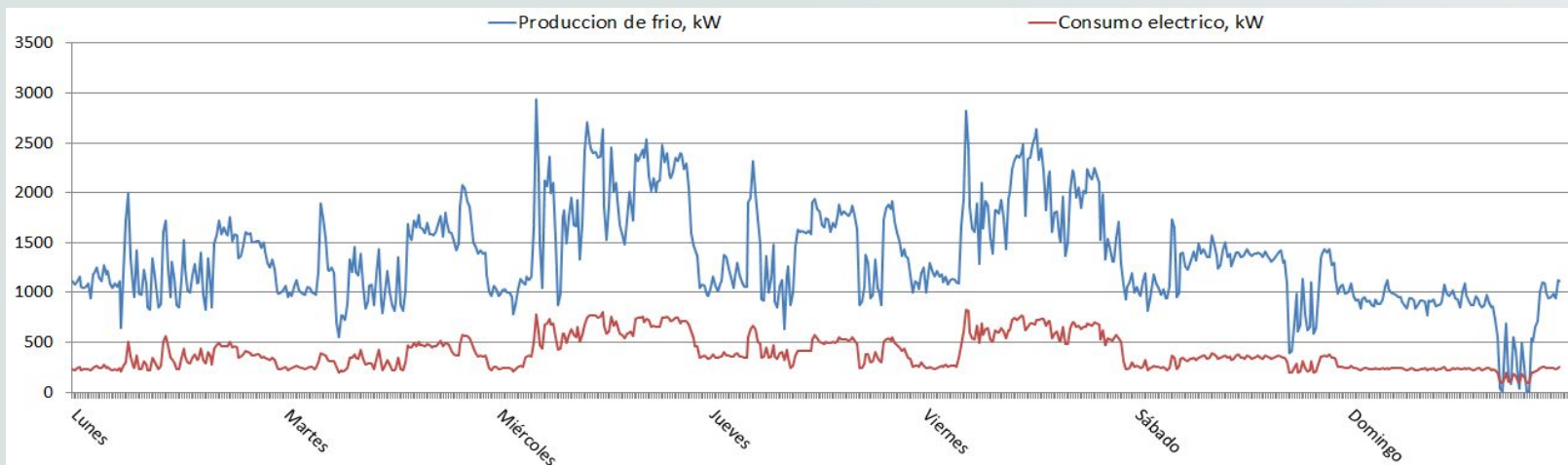
- Registro potencias
- Consumos...

Producción de frío:

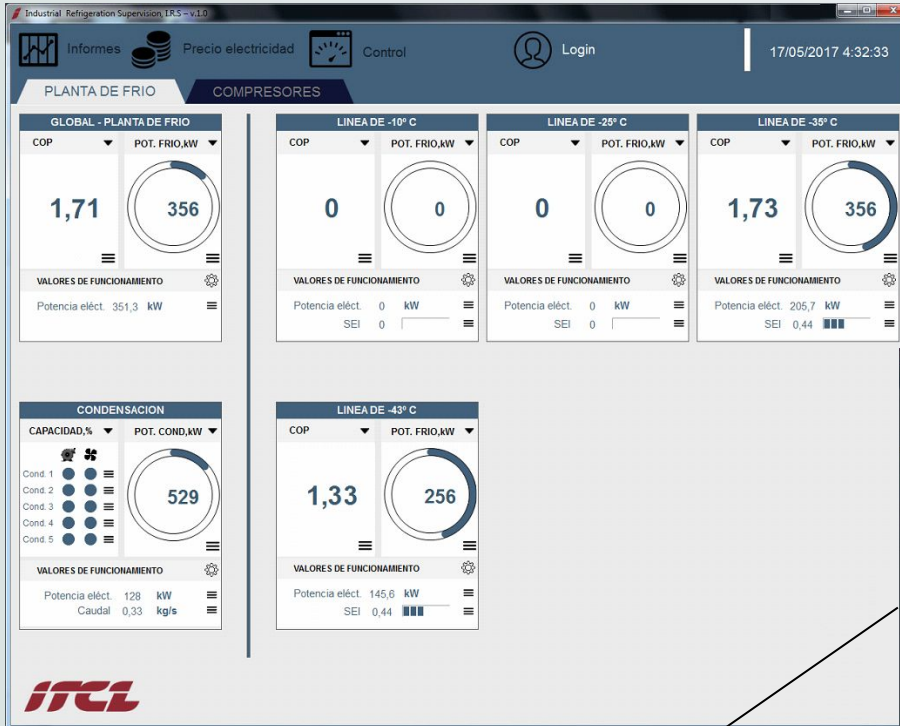
- Registro de datos
- Datos fabricante
  - *Modelos de los equipos*



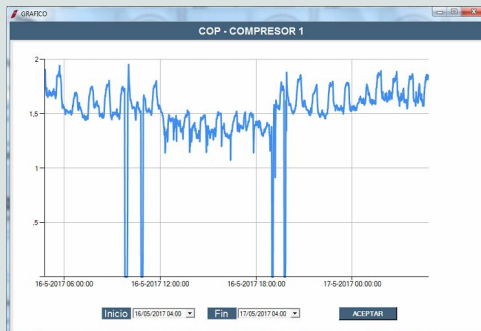
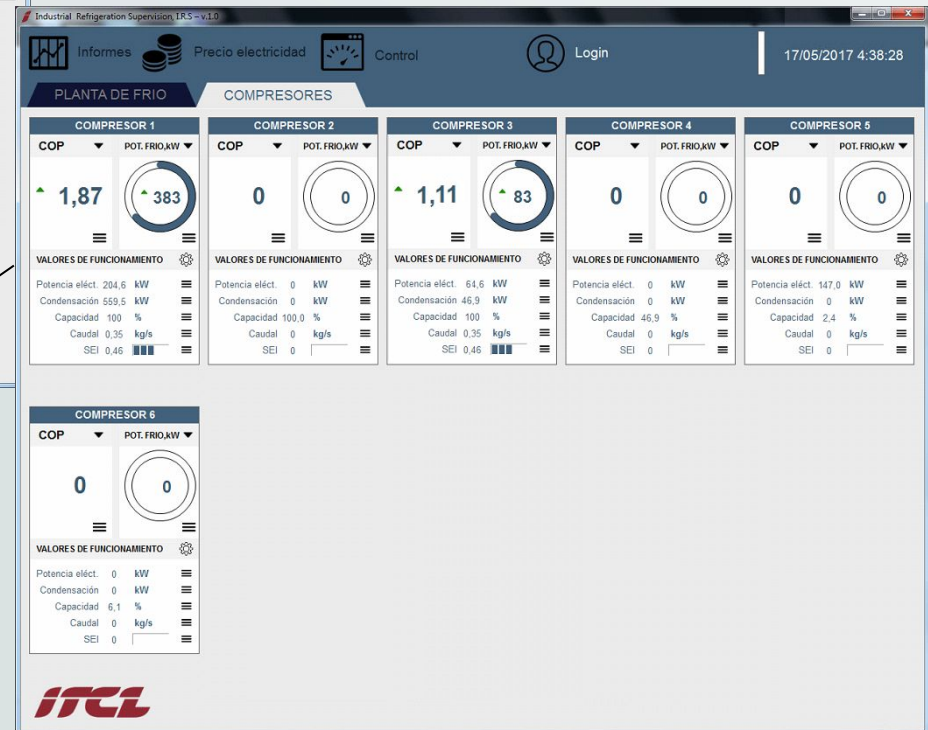
Caracterización de la instalación



## 3. TRABAJOS REALIZADOS – B) ANALISIS DE DATOS



*Industrial  
Refrigeration  
Supervision*



### 3. TRABAJOS REALIZADOS – B) ANALISIS DE DATOS

WEB – Sistema de Gestión Energética

- <http://frioindustrialirs.itcl.es/Inicio.aspx>



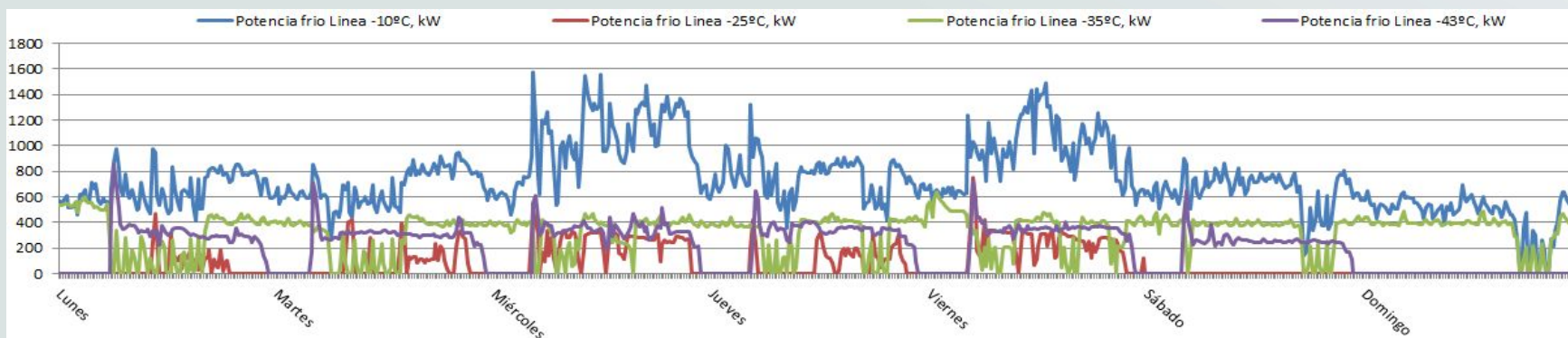
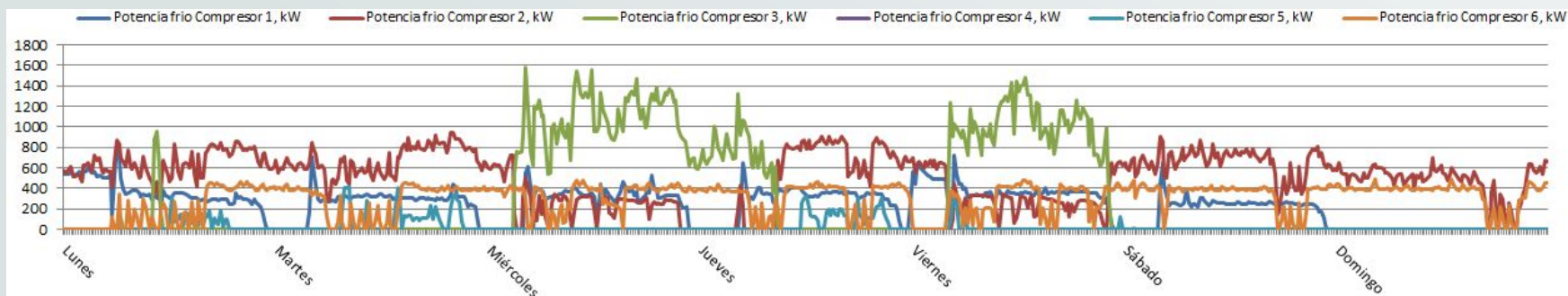
### 3. TRABAJOS REALIZADOS – C) ESTUDIO DE MEJORA

*Caracterización de la demanda:*

Por equipo instalado

Por separador

Global

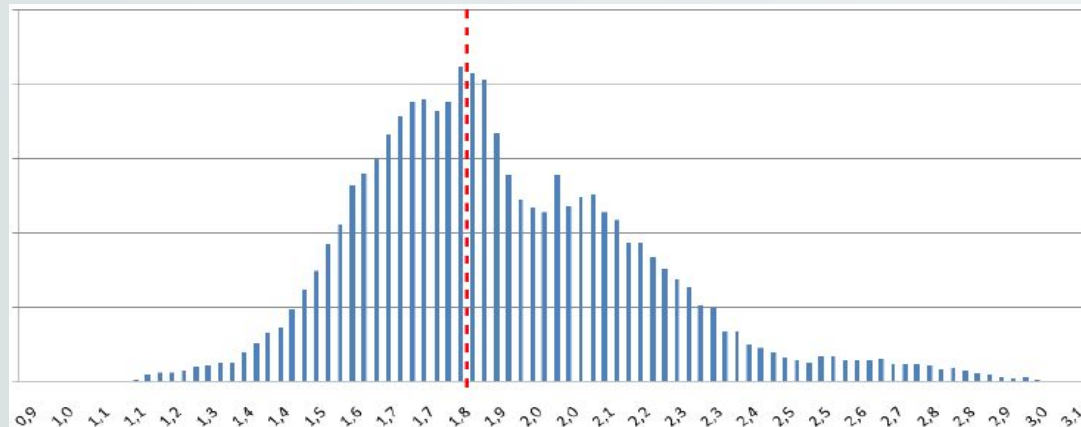


### 3. TRABAJOS REALIZADOS – C) ESTUDIO DE MEJORA

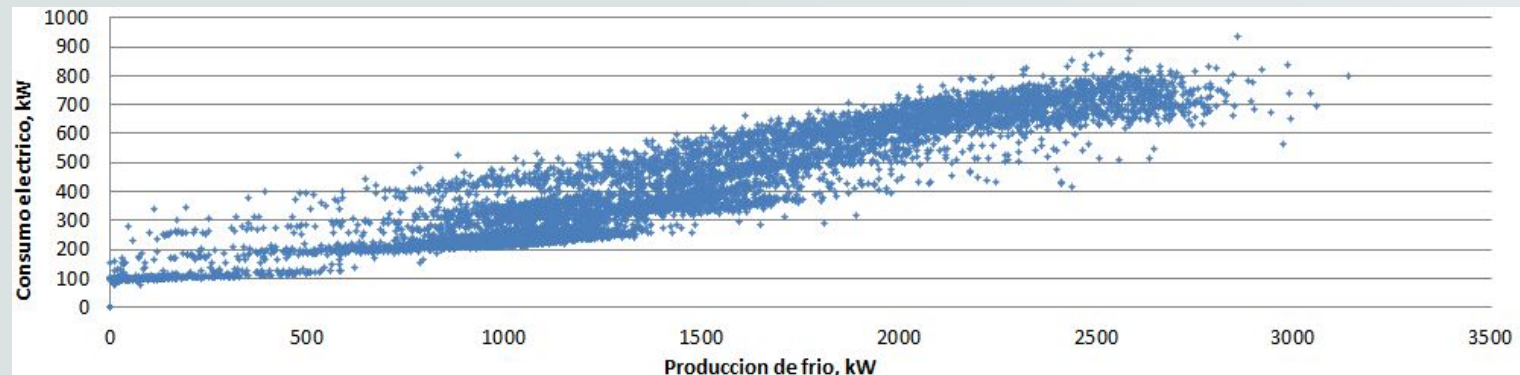
Caracterización de la demanda:

Por equipo instalado	Por separador	Global
----------------------	---------------	--------

Histograma  
de COP:



Dispersión:  
Frio vs Elec.



### 3. TRABAJOS REALIZADOS – C) ESTUDIO DE MEJORA

Estudio de mejora:

- Estudio de eficiencia energética
- Simulación dinámico de procesos
- Calculo del potencial de ahorro



Propuestas de mejora

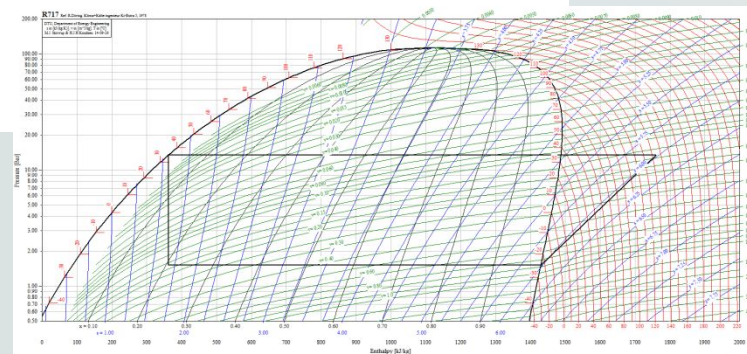
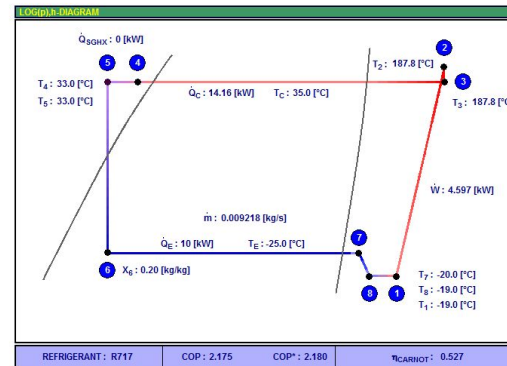
CYCLE SPECIFICATION				
<b>TEMPERATURE LEVELS</b>		<b>PRESSURE LOSSES</b>		<b>SUCTION GAS HEAT EXCHANGER</b>
$T_E$ [°C]:	-25.0	$\Delta T_{SH}$ [k]:	5	No SGHX
$T_C$ [°C]:	35.0	$\Delta T_{SC}$ [k]:	2	0.30
		$\Delta p_{SL}$ [k]:	0.5	<b>REFRIGERANT</b>
		$\Delta p_{DL}$ [k]:	0.5	R717
<b>CYCLE CAPACITY</b>				
Cooling capacity $\dot{Q}_c$ [kW]	10	$\dot{Q}_E$ [kW]	10	$\dot{Q}_C$ [kW]
			14.16	$\dot{m}$ : 0.009218 [kg/s]
				$\dot{V}_S$ : 26.99 [m <sup>3</sup> /h]
<b>COMPRESSOR PERFORMANCE</b>				
Isentropic efficiency $\eta_{is}$ [%]	0.7	$\eta_{ip}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}$ : 4.597 [kW]	
<b>COMPRESSOR HEAT LOSS</b>				
Heat loss factor $f_c$ [%]	10	$f_C$ : 10.0 [%]	$T_2$ : 187.8 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 0.4597 [kW]
<b>SUCTION LINE</b>				
Isentropic superheat $\Delta T_{EX,SL}$ [K]	0	$\dot{Q}_{SL}$ : 24 [W]	$T_S$ : -19.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$ : 1.0 [K]

STATE POINTS				
STATE POINT	TEMPERATURE [°C]	PRESSURE [kPa]	ENTHALPY [kJ/kg]	DENSITY [kg/m <sup>3</sup> ]
1	-19.0	147.8	1427.9	1.2
2	187.8	1373.4	1876.8	6.3
3	187.8	1353.9	1877.1	6.2
4	33.0	1353.9	340.4	590.5
5	33.0	1353.9	340.4	590.5
6	-25.0	151.3	340.4	-----
7	20.0	151.3	1426.3	1.3
8	-19.0	147.8	1427.9	1.2

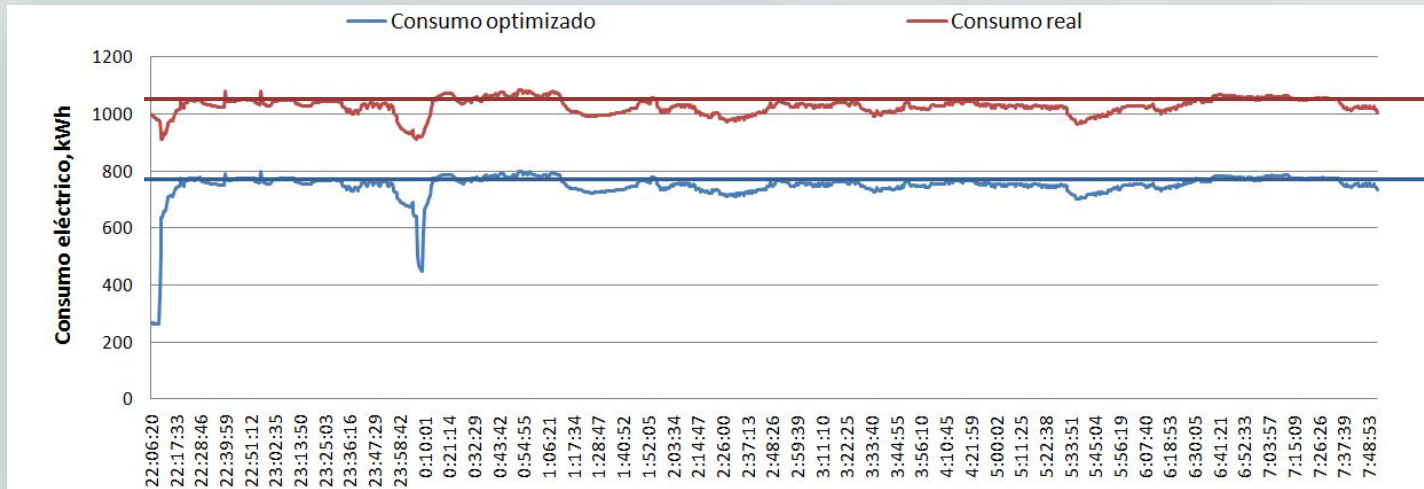
  

Additional information	
Pressure ratio ( $p_2 / p_1$ ) :	9.290
$T_{2,IS}$ :	148.1 [°C]
$T_{2,IS}$ is the temperature of the discharge gas assuming reversible and adiabatic compression	
$T_{2,W}$ :	207.6 [°C]
$T_{2,W}$ is the temperature of the discharge gas assuming real and adiabatic compression	

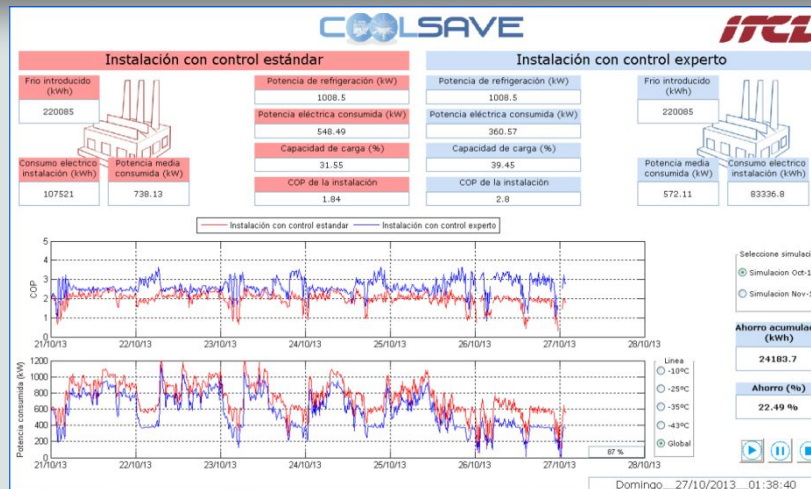


### 3. TRABAJOS REALIZADOS – C) ESTUDIO DE MEJORA

Simulación de propuestas:



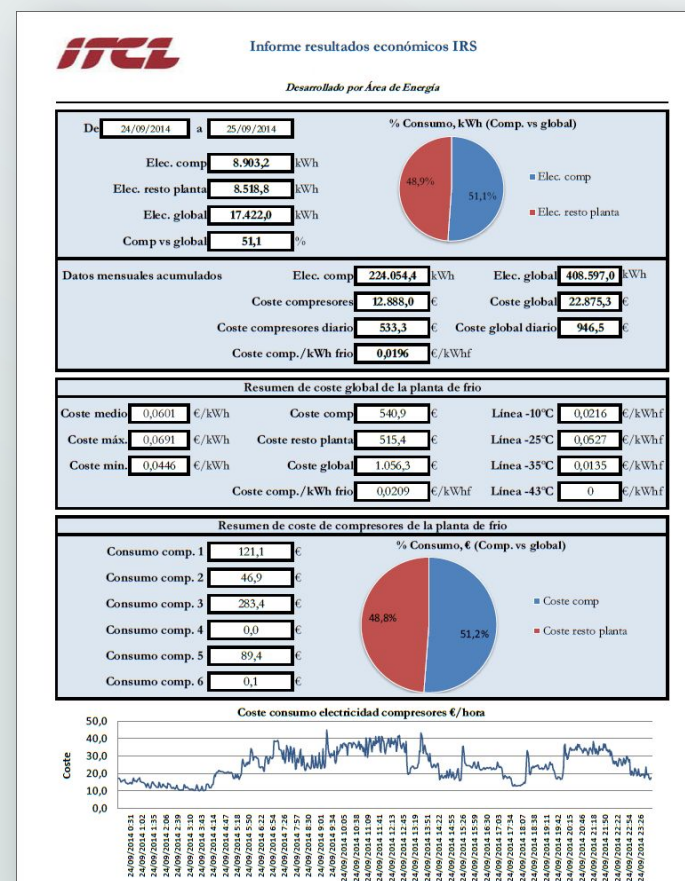
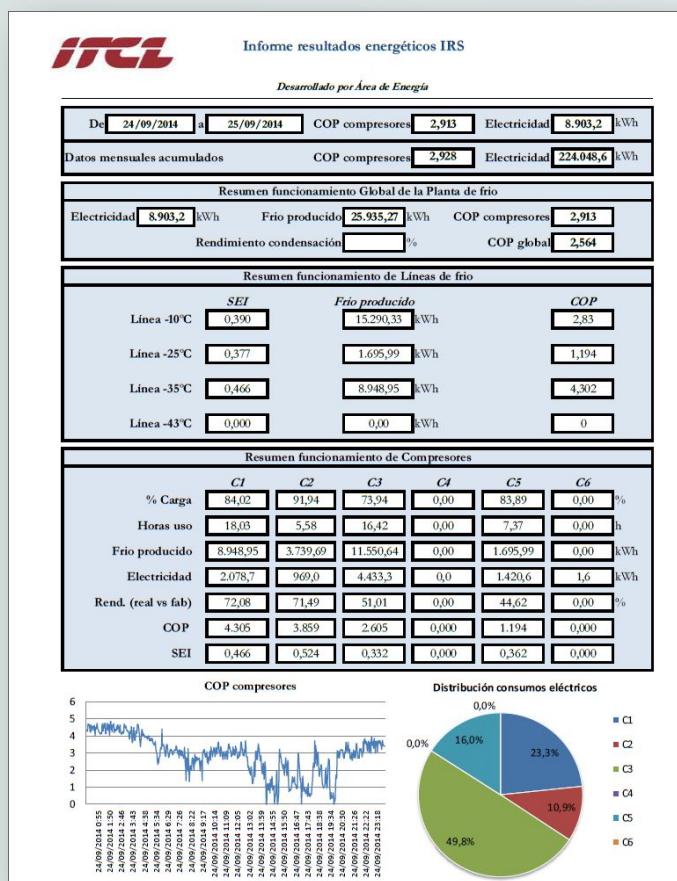
Potencial de ahorro = 28,5%



Control experto (noviembre 2015).avi

### 3. TRABAJOS REALIZADOS – C) ESTUDIO DE MEJORA

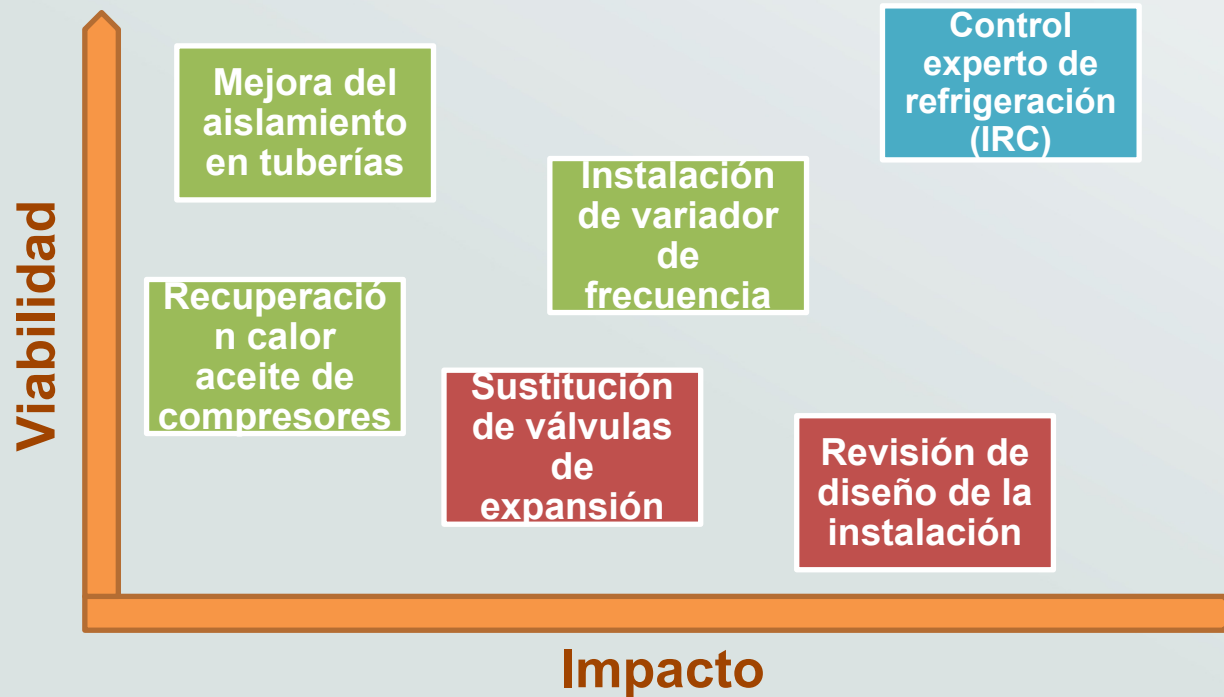
Informes de seguimiento: diarios/ semanales/ mensuales





### 3. TRABAJOS REALIZADOS – D) MEJORES SOLUCIONES

- Identificación de las acciones de mayor impacto y viabilidad:



**3. TRABAJOS REALIZADOS – D) MEJORES SOLUCIONES**

- Plan de implantación de mejoras
  - Modelo de mejora continua



*Industrial Refrigeration Supervision*



*Industrial Refrigeration Control*



### 3. TRABAJOS REALIZADOS – E) CONTROL EXPERTO

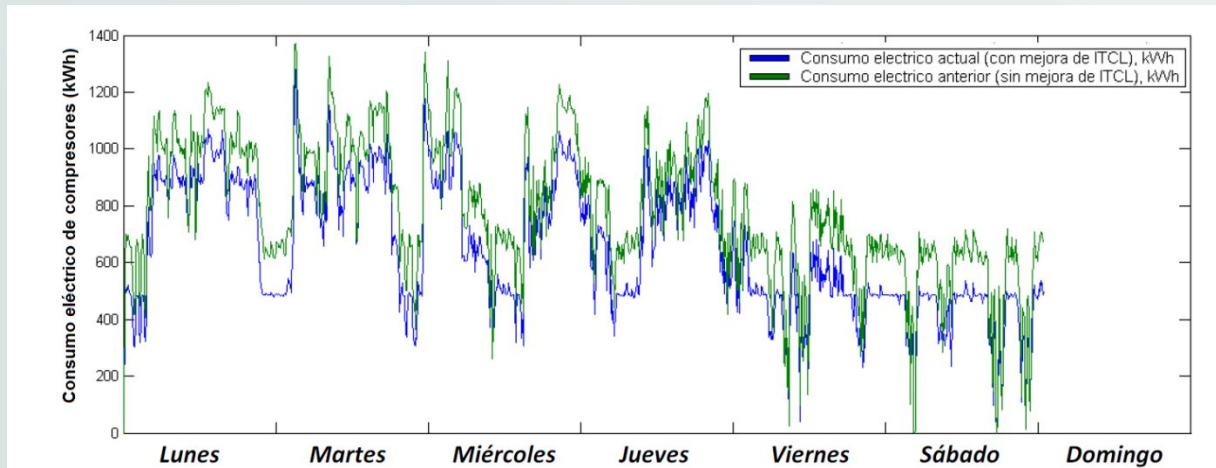
-Control optimizado de la planta en tiempo real:



- Mejora de la eficiencia energética de la planta
- Misma producción de frío con menor consumo energético

### 3. TRABAJOS REALIZADOS – F) RESULTADOS OBTENIDOS

- Mejora obtenida al implantar el control experto, IRC:

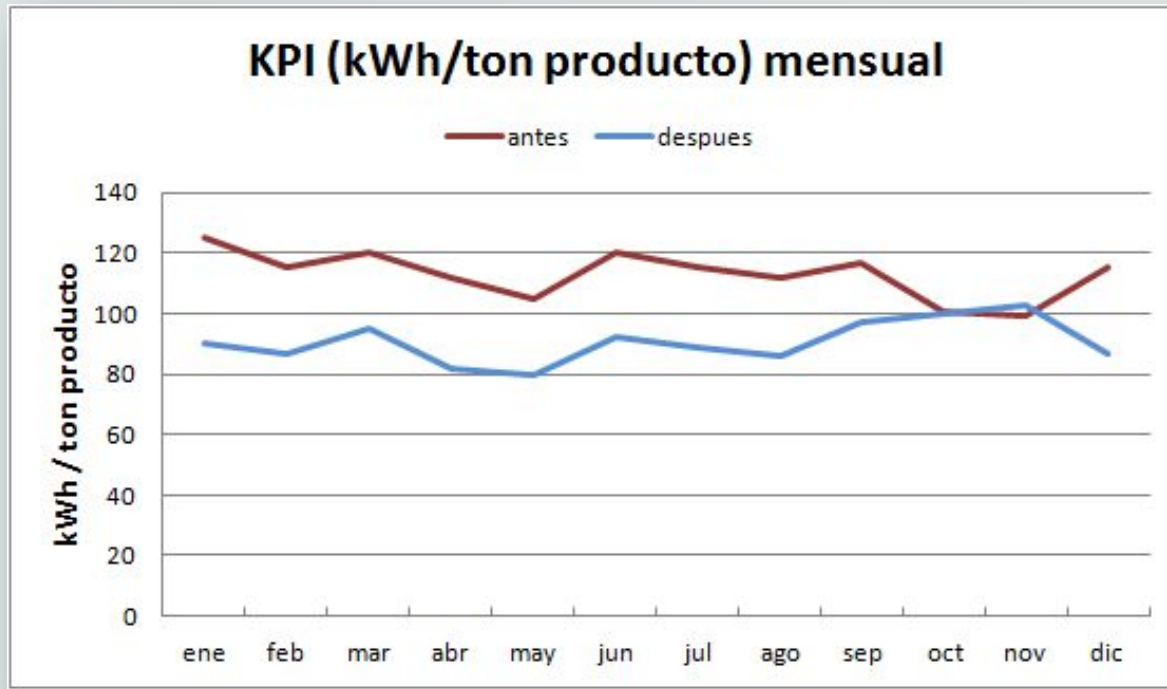


Compresores	Situación actual	Situación propuesta	Mejora (%)
Consumo eléctrico (anual)	6.500.000	3.500.000	42,9 %
COP instalación	1,82	2,6	
Ahorro anual	<b>160.000 € / año</b>		

- Mejora de un 42,9 % en el consumo energético anual

### 3. TRABAJOS REALIZADOS – F) RESULTADOS OBTENIDOS

- Mejora obtenida al implantar el control experto, IRC:



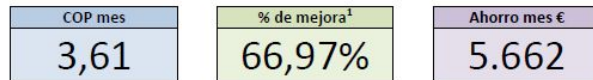
- Mejora en el ratio de producción, kWh eléctrico/ Tn producto

### 3. TRABAJOS REALIZADOS – F) RESULTADOS OBTENIDOS

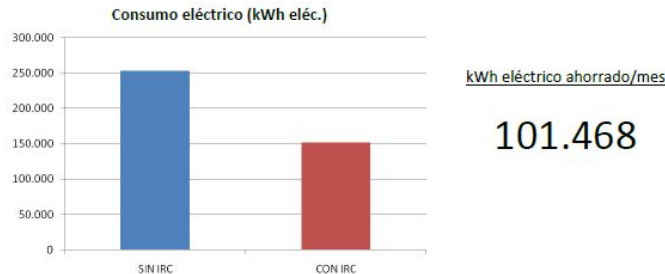
#### - Informes mensuales de seguimiento:

##### 1. Indicadores seguimiento instalación frío industrial

###### 1.1. Resultados



<sup>1</sup> % de mejora sobre el COP de referencia: 2,16



<sup>2</sup> % de diferencia respecto al promedio mensual de frio producido del 2017

###### 1.2. Cuota a Facturar

Se adjunta la tabla de facturación con cobro variable, con una cuota de,

COP REFERENCIA 2,16			
Hasta	5%	2,28	400 €
Hasta	9%	2,36	850 €
Hasta	13%	2,45	1.000 €
Hasta	17%	2,54	1.150 €
Hasta	21%	2,62	1.300 €
Hasta	25%	2,71	1.550 €
A partir	25%	2,71	1.850 €

Cuota a facturar  
1.850 € + IVA

% tiempo en secuencia correcta  
93,6%

##### 2. Datos de detalle de evolución del mes

Se ha elaborado con los datos de funcionamiento de la siguiente tabla, con el Frio producido, consumo eléctrico, COP de compresores y horas con datos recogidos de manera correcta. Además se han añadido dos columnas en las que se han eliminado los valores de funcionamiento en secuencias no óptimas del ciclo, estos valores eliminados son debidos a,

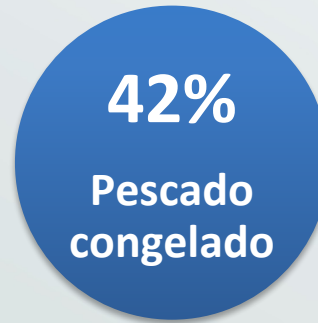
- Funcionamiento erróneo de los compresores nº3, nº2 y nº5 en las líneas de -10°C y -25°C

	COP	Elect, kWh	Frio, kWh	horas con datos	% correcto	COP corregido
01/02/2017	3,21	8.324,9	26.698,1	24,0	97,2%	3,24
02/02/2017	3,46	7.509,0	26.011,8	24,0	97,8%	3,48
03/02/2017	3,40	8.709,4	29.627,1	24,0	91,9%	3,45
04/02/2017	3,91	5.108,1	19.969,7	24,0	97,4%	3,98
05/02/2017	3,24	4.052,0	13.130,5	24,0	80,1%	4,01
06/02/2017	3,84	7.490,4	28.792,5	24,0	98,2%	3,89
07/02/2017	3,93	7.456,0	29.290,7	24,0	99,7%	3,94
08/02/2017	3,74	7.641,1	28.559,8	24,0	99,1%	3,75
09/02/2017	3,71	6.843,5	25.371,5	24,0	99,0%	3,73
10/02/2017	3,67	6.578,2	24.154,3	24,0	98,3%	3,71
11/02/2017	3,95	4.902,0	19.360,0	24,0	96,8%	4,04
12/02/2017	3,78	4.605,2	17.388,5	24,0	94,2%	3,97
13/02/2017	3,76	6.769,0	25.450,7	24,0	98,1%	3,81
14/02/2017	3,72	6.561,1	24.408,7	24,0	98,0%	3,77
15/02/2017	3,80	7.627,5	29.002,3	24,0	99,7%	3,80
16/02/2017	3,22	11.133,0	35.838,5	23,4	66,0%	3,27
17/02/2017	3,55	6.395,8	22.703,5	23,2	97,4%	3,59
18/02/2017	3,61	5.207,6	18.816,1	24,0	93,2%	3,79
19/02/2017	3,46	5.222,0	18.084,6	24,0	90,7%	3,69
20/02/2017	3,19	11.559,2	36.881,0	24,0	86,4%	3,26
21/02/2017	3,36	7.110,3	23.892,0	19,1	67,9%	3,26
22/02/2017	3,33	11.270,1	37.496,5	24,0	68,3%	3,20
23/02/2017	3,59	7.933,5	28.468,6	24,0	99,3%	3,60
24/02/2017	3,10	11.467,3	35.536,3	24,0	96,7%	3,12
25/02/2017	3,82	5.288,8	20.192,9	24,0	97,2%	3,91
26/02/2017	3,65	4.892,8	17.855,4	24,0	94,4%	3,85
27/02/2017	3,22	5.041,3	16.225,3	24,0	89,7%	3,57
28/02/2017	3,15	4.238,7	13.365,9	24,0	87,4%	3,58

<sup>3</sup> % del tiempo total en secuencia correcta

### 3. OTROS TRABAJOS REALIZADOS

- Mejora de control en diversos sectores, IRC:



- Control experto a medida para cada instalación
- Modifica parámetros clave de la planta con el fin de aumentar el rendimiento
- Satisface en todo momento la demanda de frío con el menor consumo posible

**Ahorros en costes  
energéticos**

**15% - 40%**



**Instituto Tecnología de Castilla y León  
Área de Energía**

C/Lopez Bravo, 70.  
Polígono Industrial Villalonguejar  
09001 Burgos. España

Tel. +34 947 298 471  
Fax. +34 947 298 091

E-mail: [info@itcl.es](mailto:info@itcl.es)

Web: [www.itcl.es](http://www.itcl.es)

Responsable Área Energía  
Rubén Renilla [renilla@itcl.es](mailto:renilla@itcl.es)

Jefe de Proyectos (Área de Energía)  
Javier González [javier.gonzalez@itcl.es](mailto:javier.gonzalez@itcl.es)