

## CASO REAL DE RETROFIT PARA UN SISTEMA QUE FUNCIONABA CON R-22, EN APLICACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.

### **INTRODUCCIÓN**

La inminente prohibición de la puesta en el mercado de producto virgen R-22, según el reglamento Europeo 2037/2000 y su reforma, la cual prohíbe la reventa del gas mencionado a partir del 1º de Enero del próximo año (2010) como producto reciclado y/o permite la puesta en el mercado de producto regenerado (artículo nº 11 de la reforma), hacen que los profesionales y los usuarios de los equipos que usan el refrigerante mencionado, requieran tomar acciones sobre lo que ofrece la industria a favor de la continuidad de sus instalaciones frigoríficas; resumiendo estas posibilidades de mercado se observa lo siguiente:

- 1.- Reemplazo y eliminación de equipos, substituyéndolos por nuevos.
- 2.- Sustitutos directos o del tipo "drop in", el cual no requieren cambio de aceite.
- 3.- Utilización de productos genéricos, ya conocidos y elegidos por el mercado de la refrigeración y el a/a como son:
  - R-404 A para la Refrigeración (temperaturas baja y media en evaporación).
  - R-407 C para la alta temperatura de evaporación.

El inconveniente del uso de estos productos es la necesidad de eliminar los residuos de aceite mineral existente en las instalaciones frigoríficas y para ello existen dos procedimientos, a saber:

- Eliminación de los residuos de aceite mineral, a base de enjuagues con aceite POE.
- Eliminación de esos Residuos con el método que recomienda **Fri<sub>3</sub>Oil System**, de la forma que sigue:
  1. Analizar la instalación frigorífica, con el sistema **ClimaCheck**.
  2. Recuperar y al mismo tiempo limpiar el refrigerante para que pueda ser reutilizado sin más tratamientos.
  3. Con el mismo refrigerante recuperado, limpiar el sistema frigorífico dejándolo seco de residuos de aceite mineral los cuales se requiere ser enviados al gestor de residuos.
  4. Después de la limpieza, se procede a la normalización del sistema frigorífico, colocando nuevos filtros secadores, vacío del sistema, etc. Introducir a los equipos el aceite POE equivalente en índice de viscosidad al utilizado por los compresores, o recomendados por el fabricante. Añadir aditivo **Zerol ICE**, para la temperatura media de evaporación, el cual minimiza el rozamiento, así como otras propiedades de mejora del sistema frigorífico añadiendo entre 10% y 15 % de la cantidad de aceite POE que debe colocarse para el funcionamiento del sistema.
  5. Realizar la puesta en marcha del sistema reconvertido, sin olvidar que los compresores se encuentran "secos" y se debe re-arrancar progresivamente para evitar su gripado. Realizada esta operación, se deben hacer las

mediciones con la herramienta **ClimaCheck**, para analizar los resultados de las operaciones realizadas, y compararlas con lo que encontramos cuando todavía se usaba el producto R-22.

Recordamos al lector que **ClimaCheck** es una herramienta no intrusiva que permite conocer las variables y parámetros de cómo está operando cualquier sistema de refrigeración o aire acondicionado en un espacio de tiempo determinado. Y en base a estas mediciones, nos presenta los resultados con diferentes opciones de manera que pueda ser analizado y estudiado fácilmente.

La intención de este documento no es la volver a explicar las diferencias y ventajas de las opciones de mercado, sino analizar los resultados de dos de las propuestas realizadas en un mismo equipo, con dos circuitos equivalentes y trabajando en las mismas condiciones.

## **DESARROLLO DE LA OPERACIÓN**

Para el desarrollo de esta puesta en marcha agradecemos a la empresa **SODEXO FACILITIES MANAGEMENT**, que nos permitió trabajar en una enfriadora de agua condensada por agua la cual es descrita según su fabricante como "aparatos compactos, destinados a enfriar líquido, equipados con uno o varios compresores alternativos semi-herméticos desmontables. Completamente montadas, cableadas y probadas en fábrica, destinada a las instalaciones de climatización y aplicaciones industriales".

La unidad consta de 2 circuitos frigoríficos, 4 compresores de 8 cilindros cada uno, y cada circuito opera con 2 compresores trabajando en tándem, equipado con válvulas en la aspiración y descarga, resistencia en el *carter* para el calentamiento de aceite; ambos operando bajo un mismo régimen, con condensador enfriado por agua, multi-tubular desmontable, envolvente, es de chapa de acero el haz tubular formado por tubos de cobre de 19mm, dimensionado para almacenar la carga total de refrigerante del circuito y evaporador de agua del tipo expansión directa multi-tubular, con tapas extremos desmontables que permiten el acceso al haz tubular para las operaciones de mantenimiento.

Según el manual del fabricante de la unidad, ésta opera nominalmente bajo las siguientes características:

- Refrigerante: R-22
- Número de compresores: 4
- Número de circuitos: 2
- Carga de refrigerante: 2 x 54 Kgs

Temp. Agua Evaporador ( °C)	Temp. Salida Agua Condensador ( °C)	Cap. Frigorífica (kcal/h.)	Potencia Absorbida (kW)
5	30	494.000	142
6	30	518.000	144
8	30	564.000	146
10	30	610.000	147
12	30	656.000	148
5	35	476.000	152
6	35	498.000	154
8	35	542.000	157
10	35	586.000	160
12	35	630.000	163
5	40	440.000	162
6	40	460.000	166
8	40	502.000	169
10	40	542.000	172
12	40	584.000	175

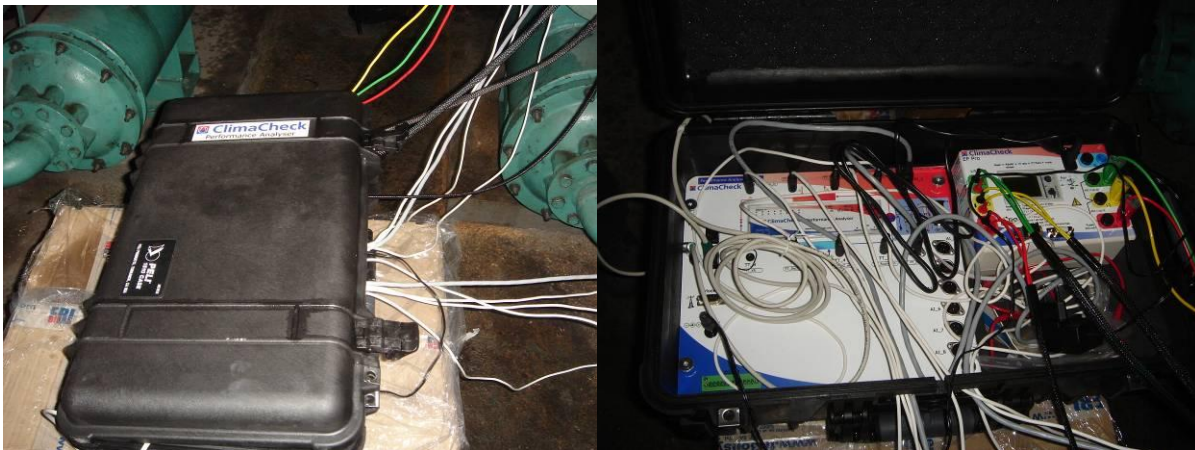
Tabla de Capacidad frigorífica y consumo eléctrico en relación temperatura de agua evaporador y condensador con  $\Delta T$  5,5 °C según manual.

La intención fue de inicialmente antes de hacer nada conocer como se encontraba operando la unidad en ambos circuitos frigoríficos.

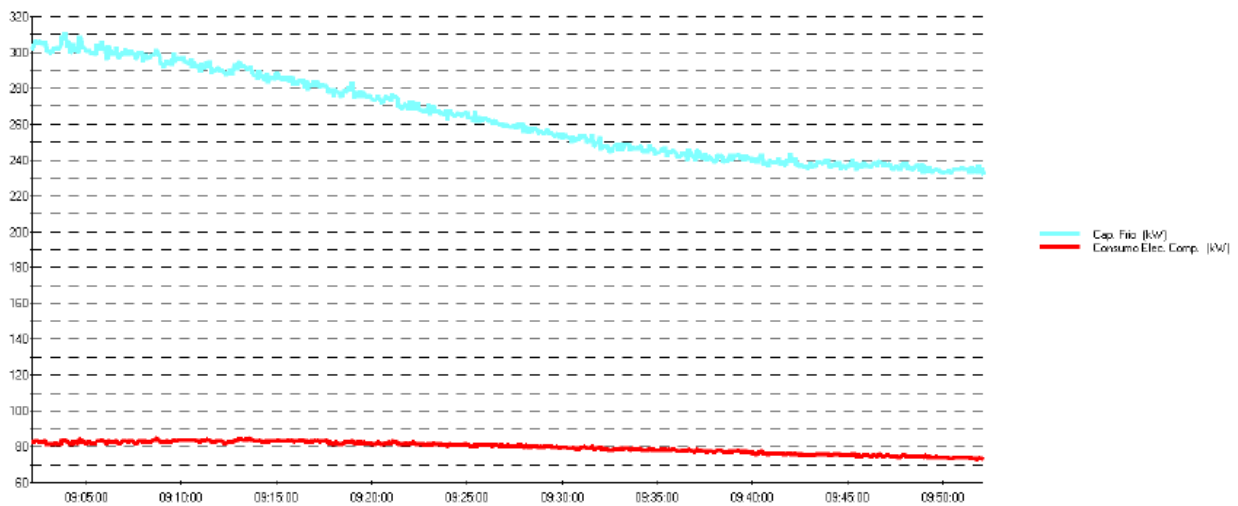
Seguido de estas mediciones, en un circuito se ejecutaría la solución de sustituto directo o del tipo "drop in", y en el otro circuito de la misma unidad se realizaría la solución propuesta por **CSF SA**. Ambas soluciones serían analizadas con la herramienta **ClimaCheck** antes y después de sus procedimientos, sin tocar o ajustar ningún parámetro de cómo se encontraba la unidad, exceptuando los filtros de la línea de líquido de la unidad.

## MEDICIONES Y OBSERVACIONES

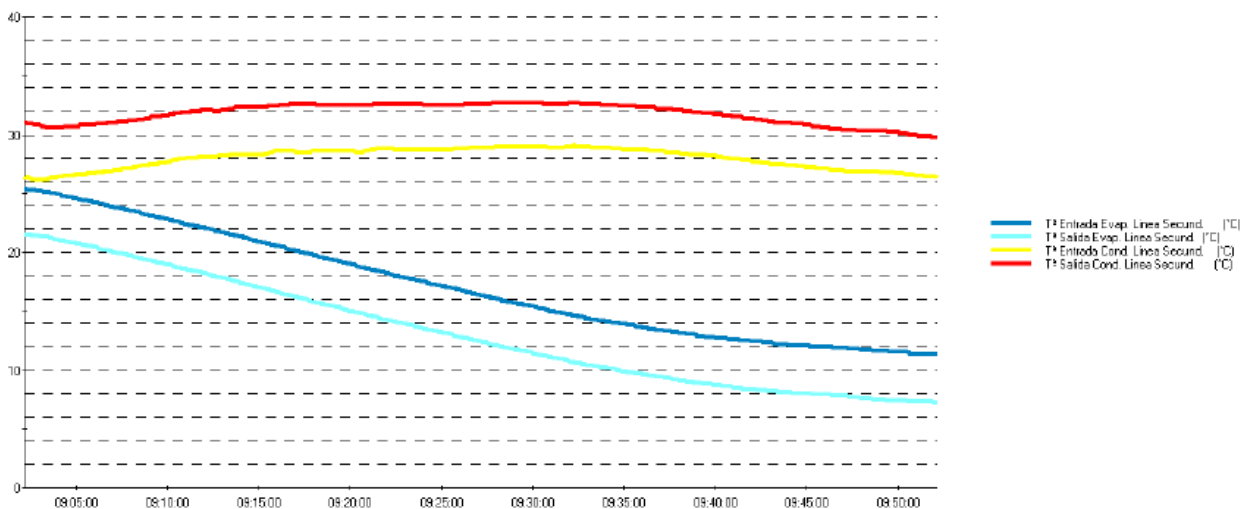
Para no hacer repetitivo las gráficas y mas resumido, después de analizar ambos circuitos ambos se encontraban operando con bastante similitud, por la cual se presentan únicamente los resultados de 1 de los circuitos cuando operaba con R-22.



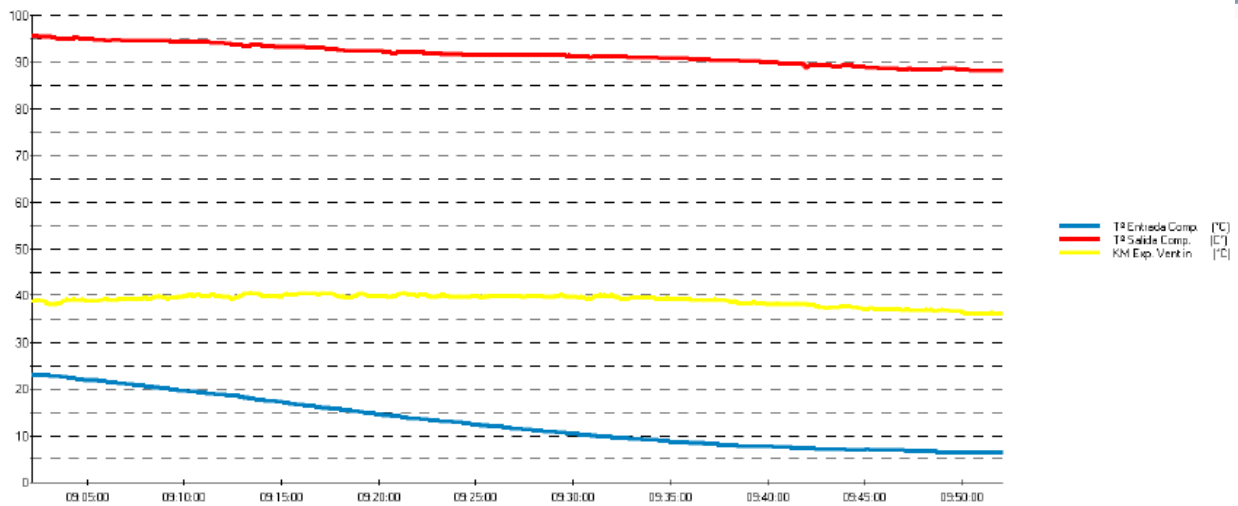
Conexión del **ClimaCheck** al sistema frigorífico a analizar de la unidad enfriadora.



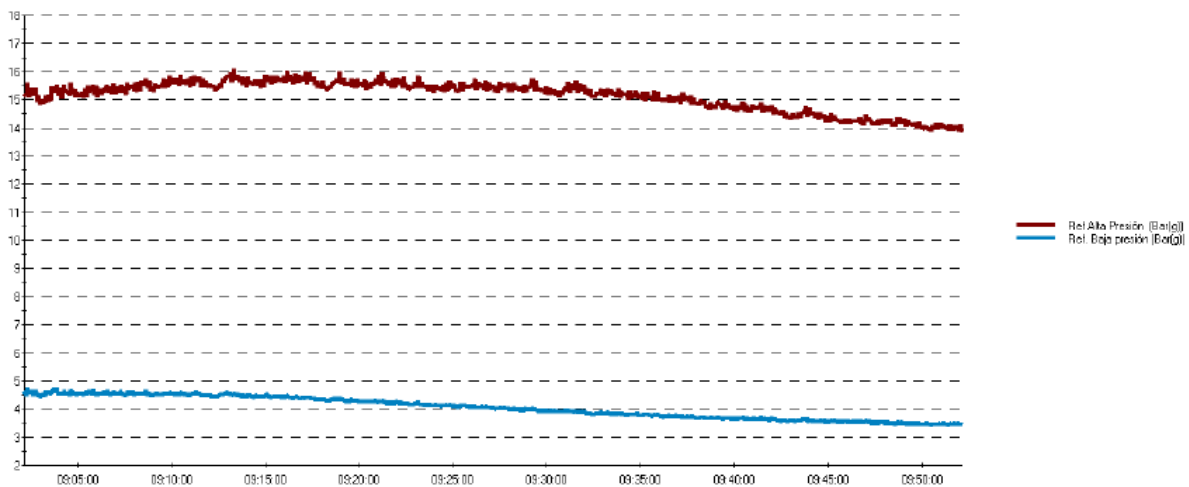
Capacidad Frigorífica y consumo eléctrico circuito II Enfriadora, con R-22.



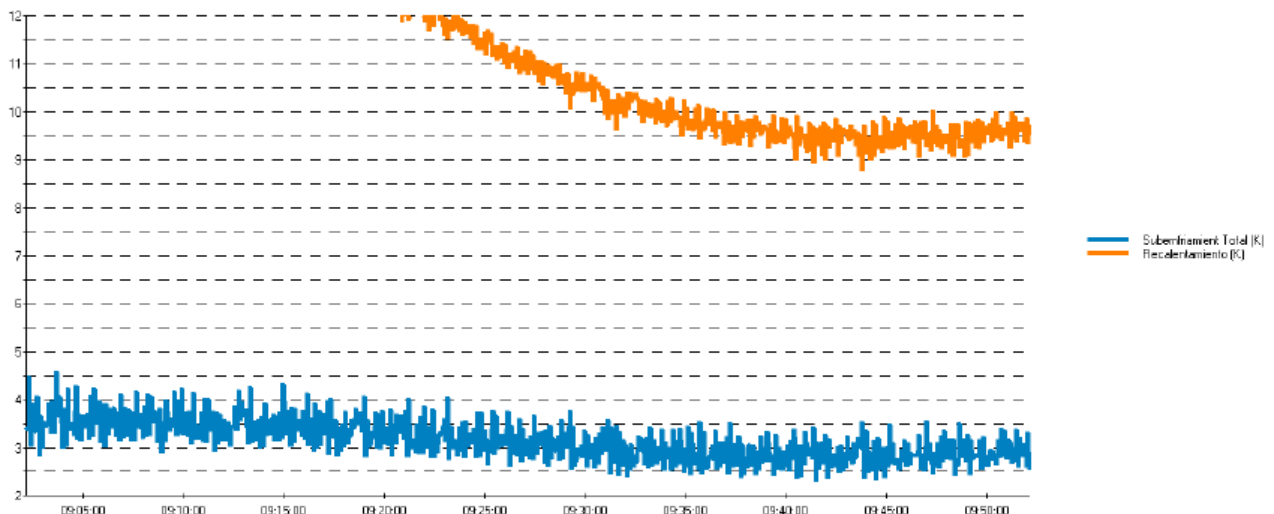
Temperaturas entradas y salidas, evaporador y condensador enfriadora circuito II. Con R-22



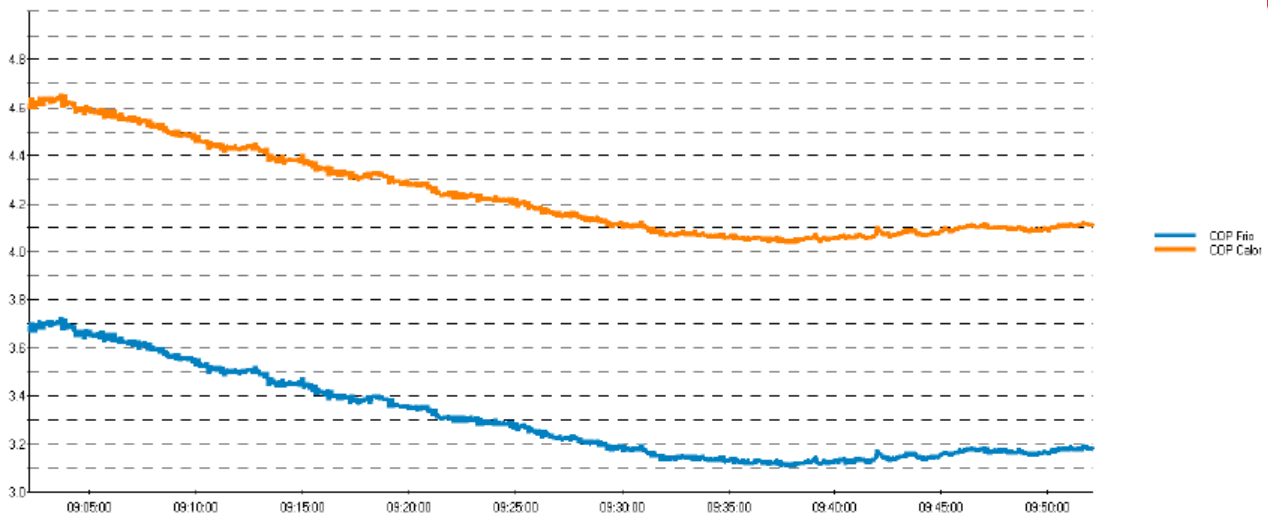
Temperaturas aspiración y descarga compresor, entrada válvula de expansión enfriadora circuito II. Con R-22



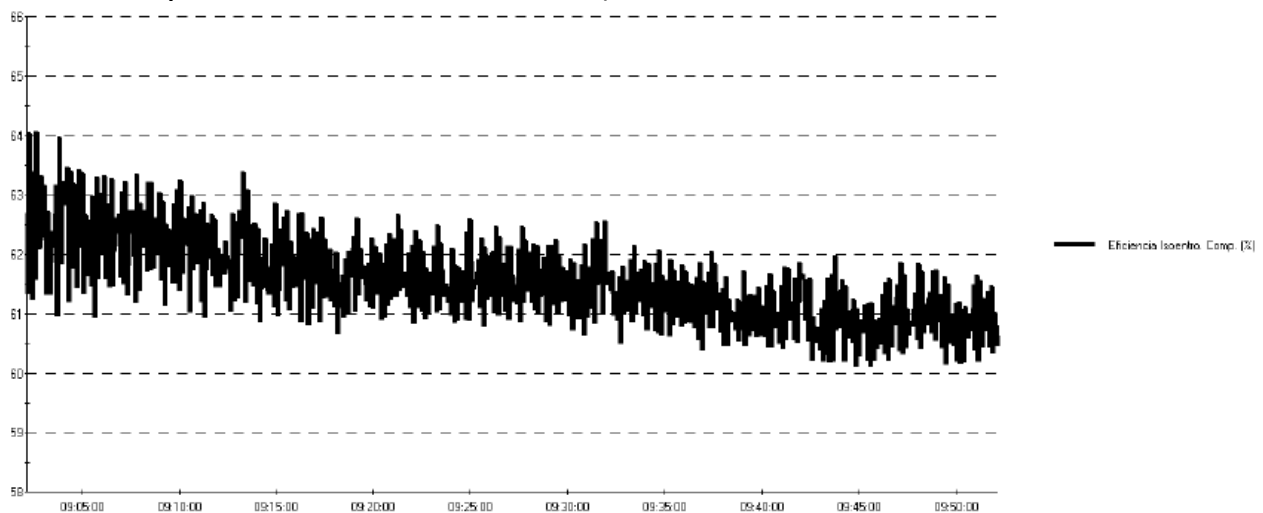
Presiones manométricas de aspiración y descarga circuito II enfriadora, con R-22.



Temperaturas de Sub Enfriamiento y recalentamiento circuito II enfriadora, con R-22.



COP de frío y de calor circuito II enfriadora, con R-22.



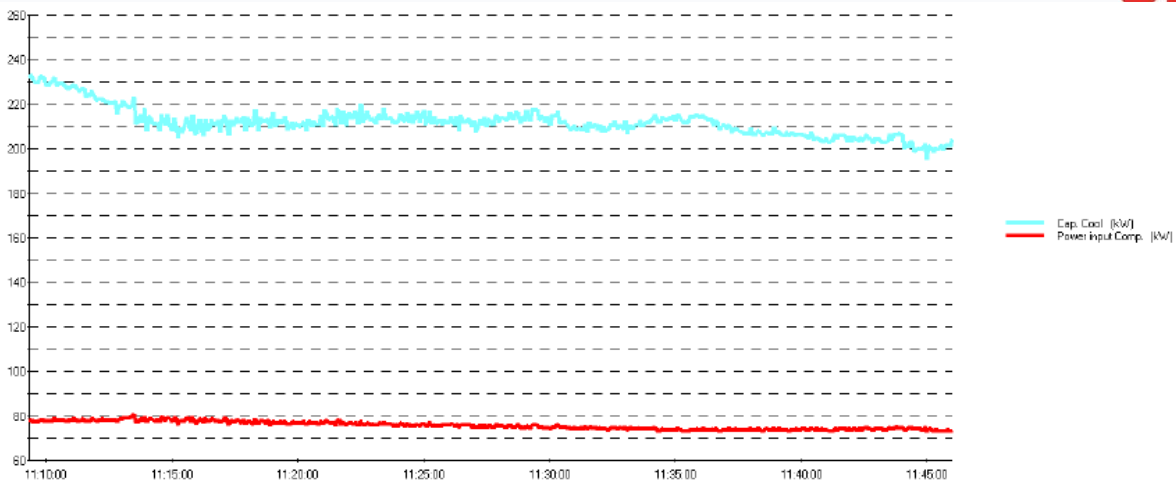
Eficiencia Isoentrópica de los compresores del circuito II de la enfriadora, con R-22.

Una vez se tomaron las medidas y datos de ambos circuitos de manera que estábamos seguros que tendríamos datos para compararlos luego de ambas soluciones, se procedió a la actuación de cada uno de las propuestas.

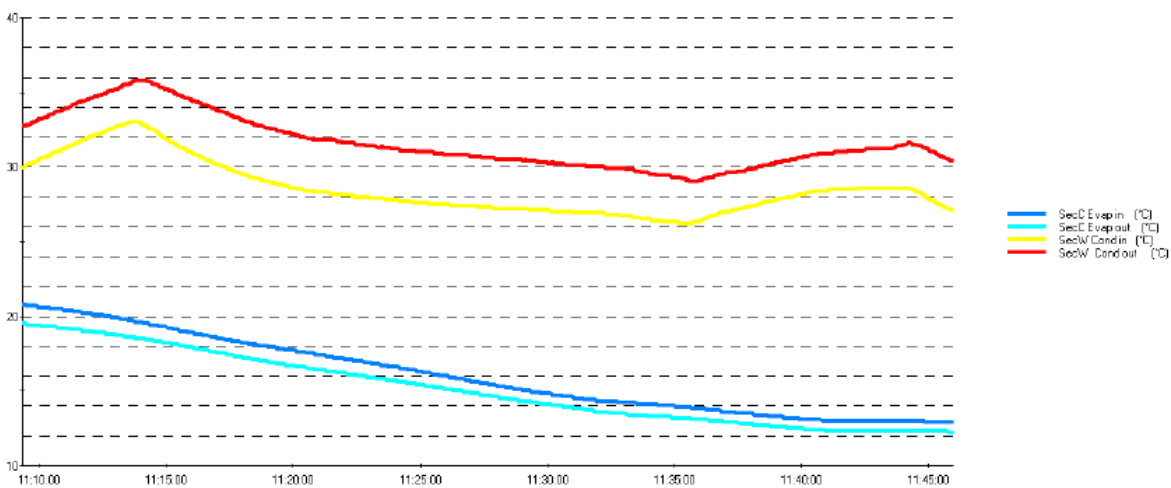
El desarrollo de cómo se hicieron los diferentes procesos lo resumimos en:

### **SOLUCIÓN SUSTITUTO DIRECTO O MEZCLA ESPECÍFICA DEL MERCADO.**

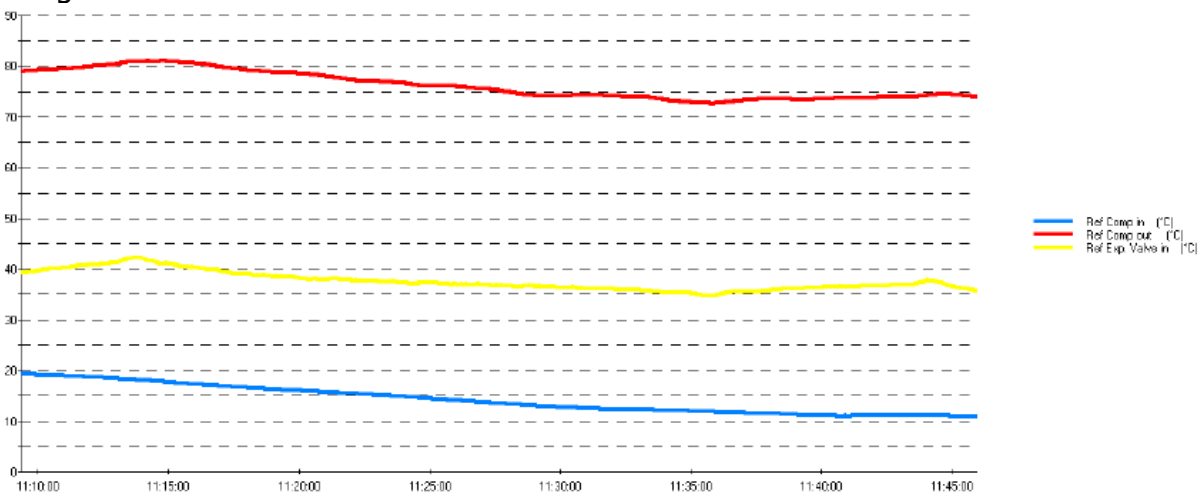
- Se recuperó el refrigerante R-22 de la unidad.
- Se cambió el filtro de la línea de líquido.
- Vacío
- Se cargó con el refrigerante sustituto, que emula las condiciones del R-22, según solución sustituto directo o "drop in"
- Procedimos a hacer las mediciones con la herramienta **ClimaCheck** para conocer el estado de operación del mismo.



Cap. Frigorífica y consumo eléctrico circuito I de la enfriadora, con refrigerante "DROP IN".

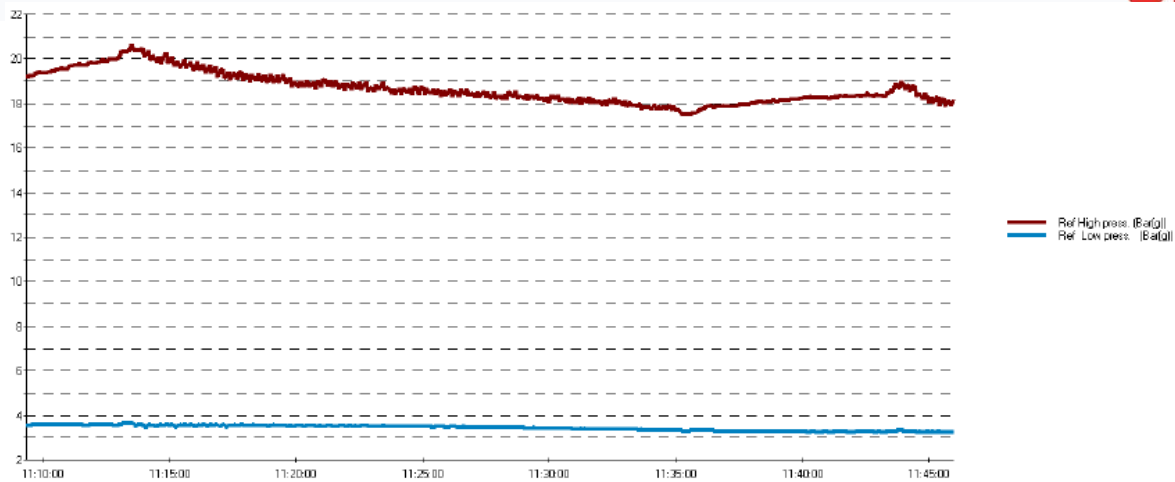


Temperaturas entradas y salidas, evaporador y condensador de la enfriadora. Con refrigerante "DROP IN"

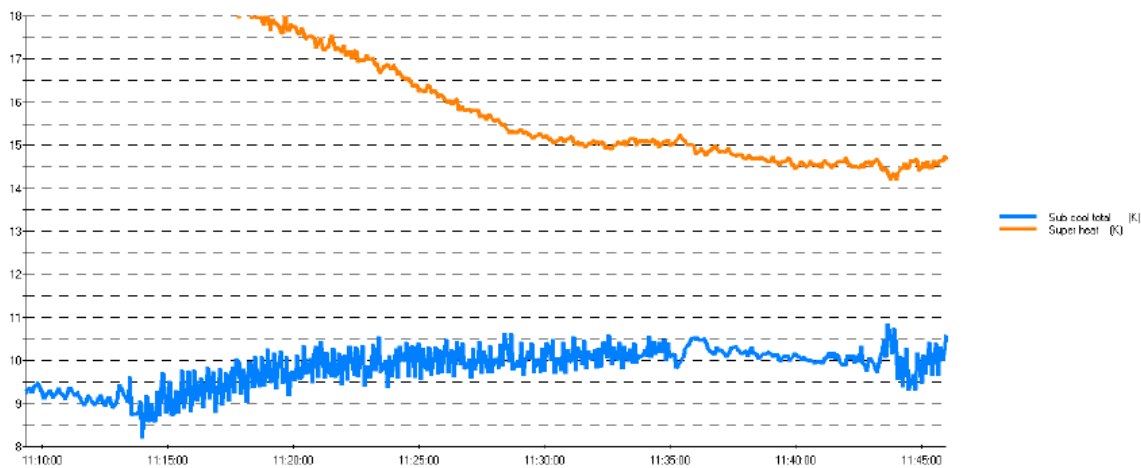


Temperaturas aspiración y descarga compresor, entrada válvula de expansión enfriadora. Con refrigerante "DROP IN"

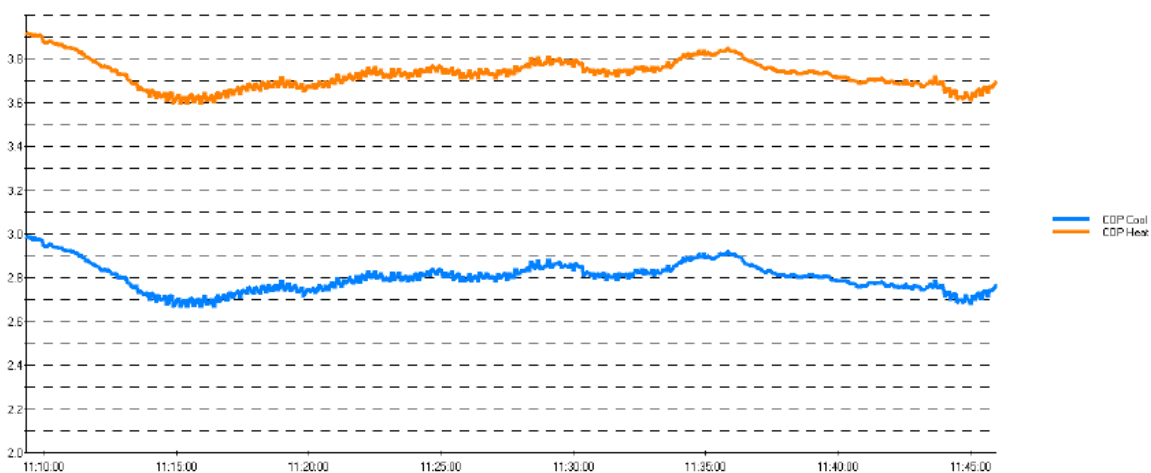




Presiones manométricas de aspiración y descarga circuito I, enfriadora con refrigerante tipo "DROP IN".

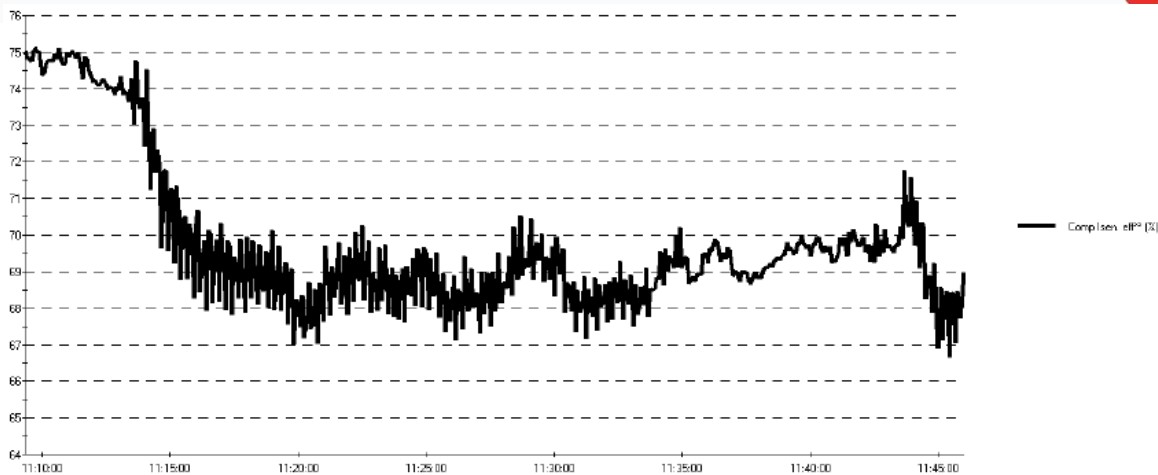


Temperaturas de Sub Enfriamiento y recalentamiento circuito I enfriadora, con refrigerante tipo "DROP IN".



COP de frío y de calor circuito I enfriadora, con refrigerante tipo "DROP IN".





Eficiencia Isoentrópica de los compresores del circuito I enfriadora, con refrigerante tipo "DROP IN".

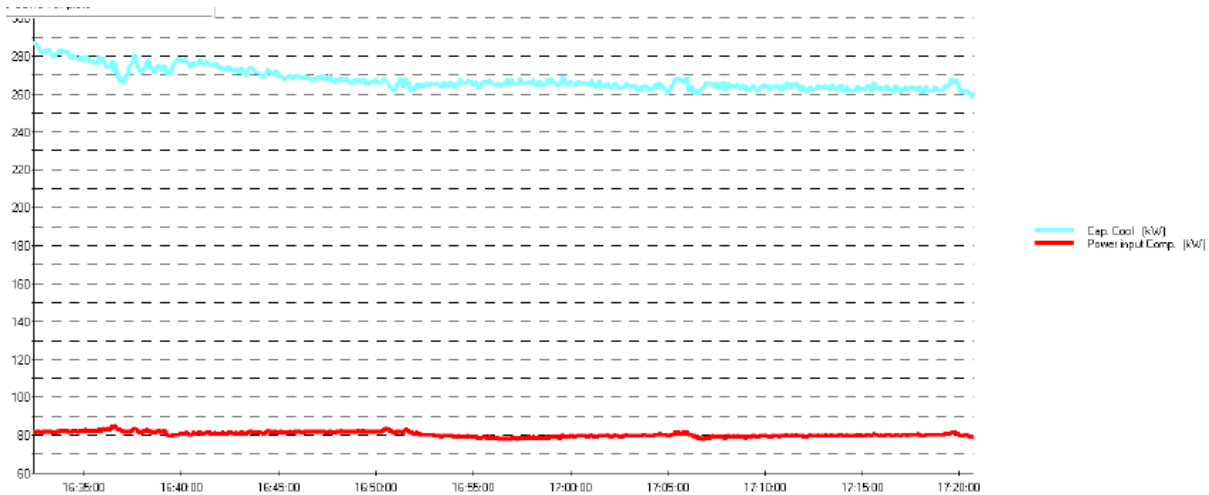
### SOLUCIÓN PROPUESTA POR CSF, SA:

- Se recuperó el refrigerante R-22 de la unidad.
- La instalación se preparó para su limpieza.
- Limpiamos con **Fri<sub>3</sub>Oil System**
- El circuito se volvió a normalizar, incluyendo un filtro en la línea de líquido.
- Añadimos para cada unidad compresora aceite del tipo POE y aditivo **ZEROL ICE**: (85% aceite tipo POE, y 15% aditivo)
  - o ZEROL ESTER 32, ISO 32: 6,5 LTS por compresor
  - o ZEROL ICE: 1,2 LTS por compresor.
- Se hizo vacío y cargamos con el refrigerante R-407C
- Procedimos a hacer las mediciones con la herramienta **ClimaCheck** para conocer el estado de operación del mismo.

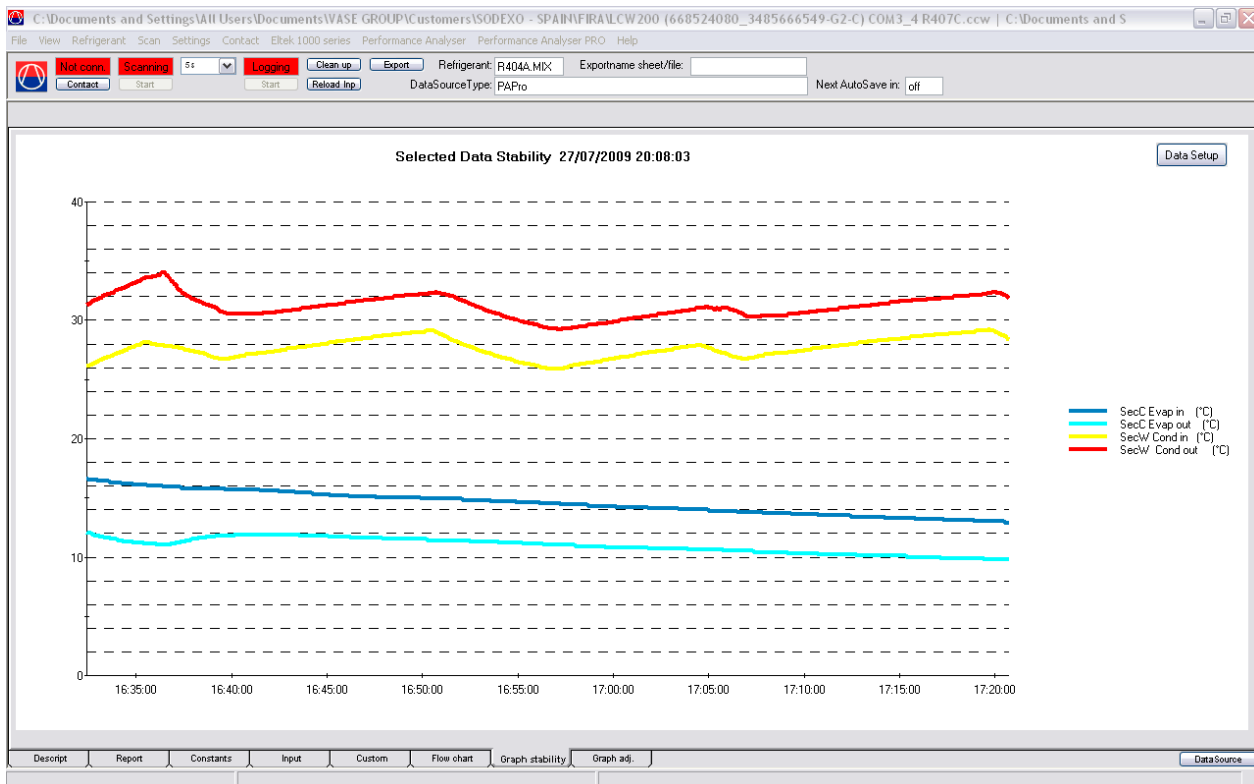


Conexión para limpieza **Fri<sub>3</sub>Oil System** al circuito de la enfriadora.

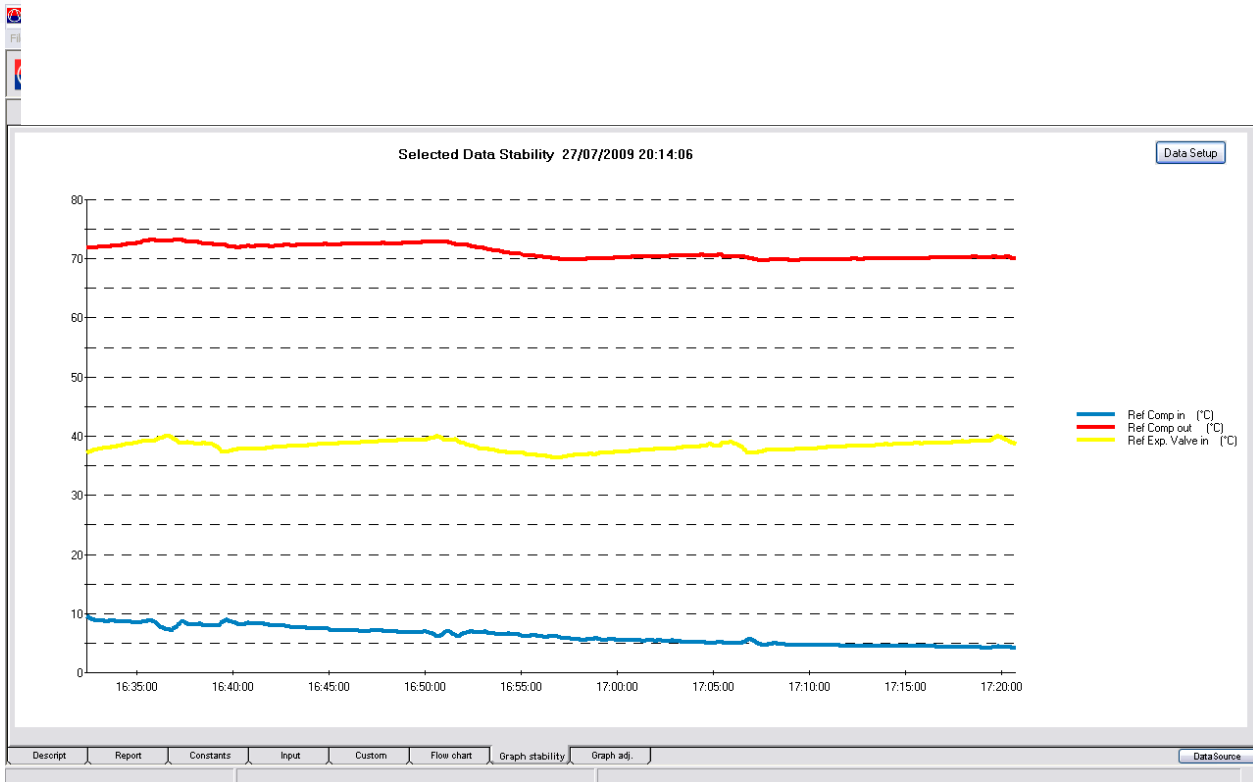
- Se procedió a hacer las mediciones de la unidad sobre el circuito II, con la herramienta **ClimaCheck**.



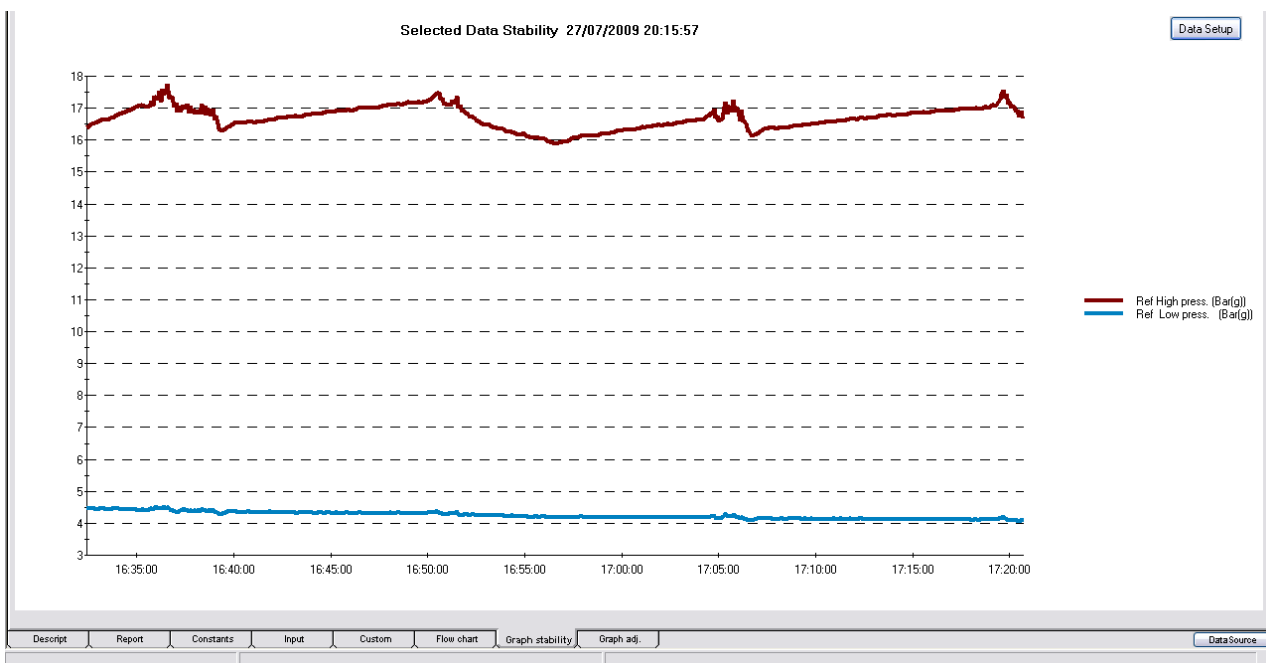
Capacidad Frigorífica y consumo eléctrico circuito II enfriadora, con R-407C.



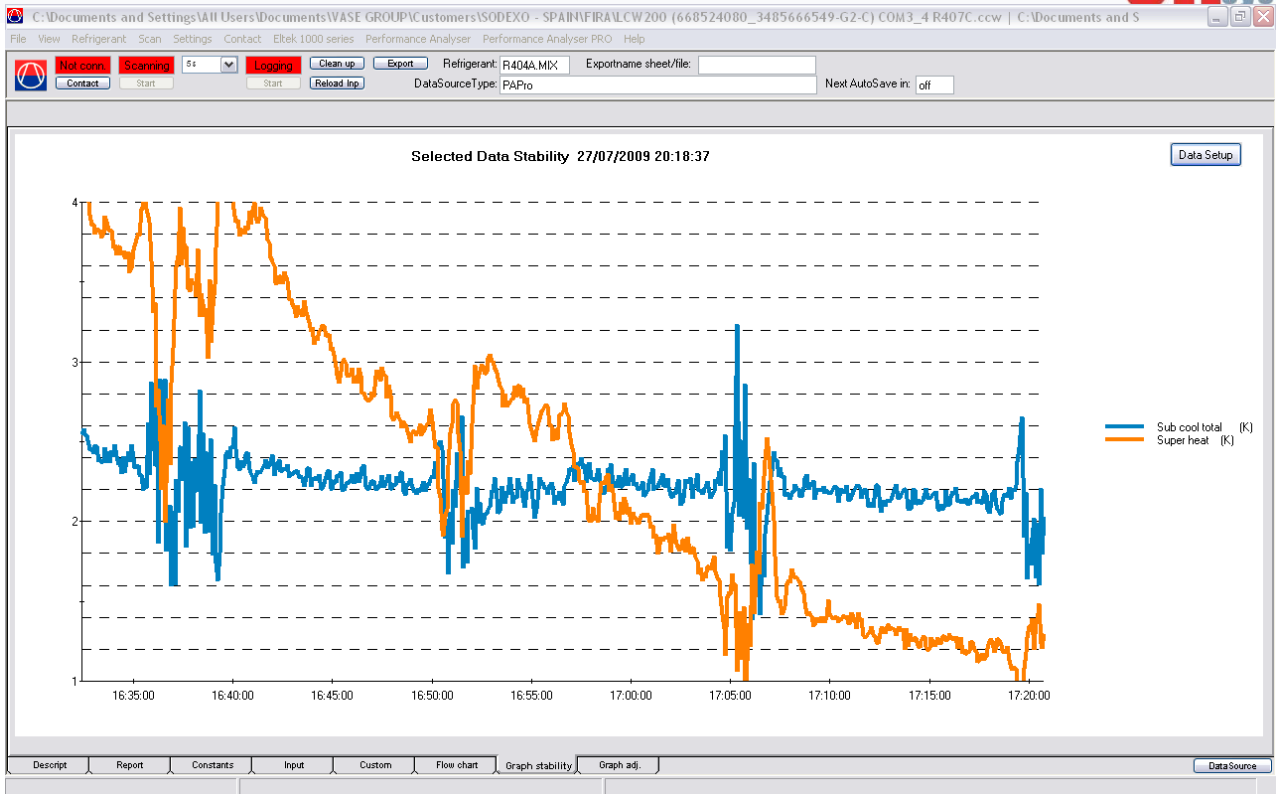
Temperaturas entradas y salidas, evaporador y condensador enfriadora. Con R-407C



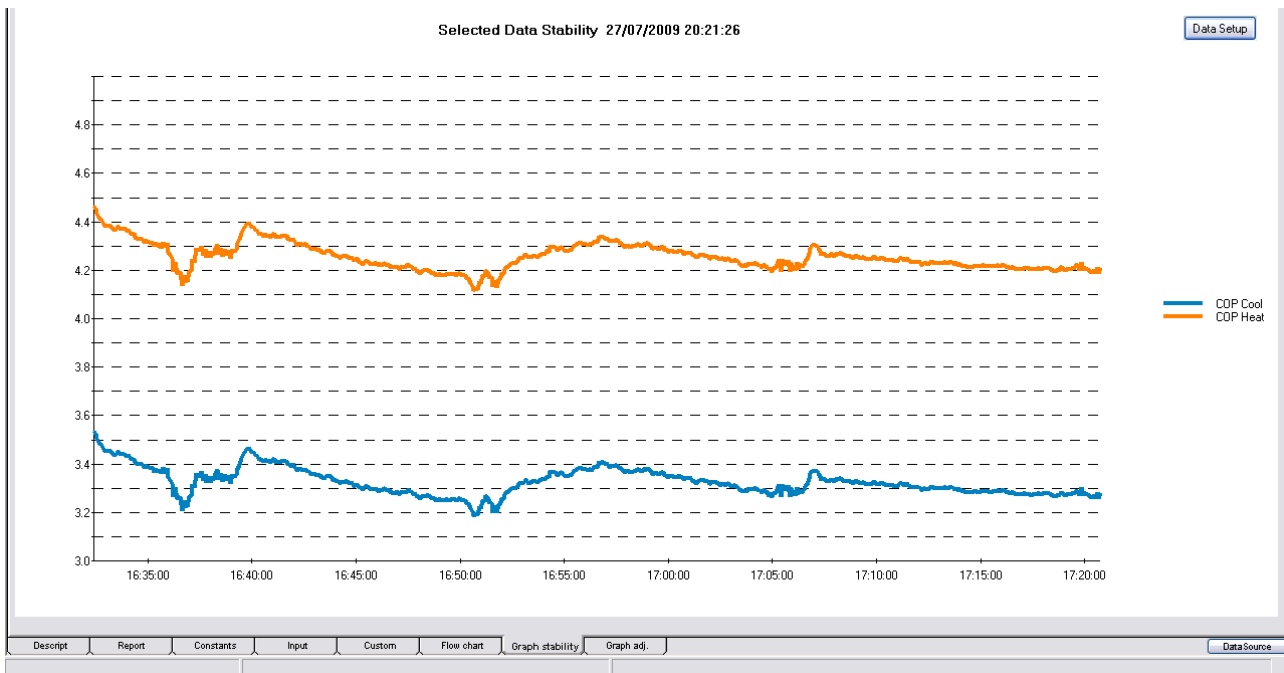
Temperaturas aspiración y descarga compresor, entrada válvula de expansión enfriadora. Con R-407C



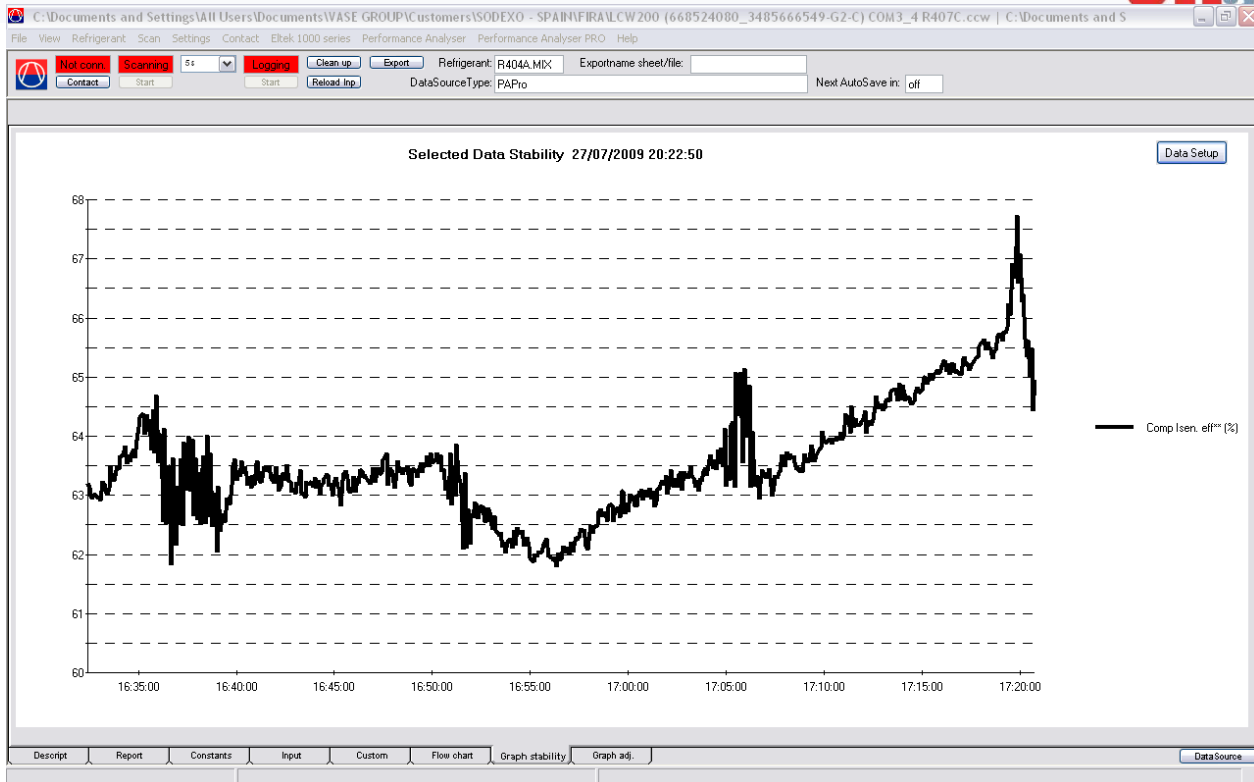
Presiones manométricas de aspiración y descarga circuito II enfriadora, con R-407C.



Temperaturas de Sub Enfriamiento y recalentamiento circuito II enfriadora, con R-407C.



COP de frío y de calor circuito II enfriadora, con R-407C.



Eficiencia Isoentrópica de los compresores del circuito II enfriadora, con R-407C.

## CONCLUSIONES

Después de analizar cómo se comportaron ambos circuitos, con las diferentes soluciones, podemos alcanzar las siguientes conclusiones:

- Existen varias soluciones para afrontar la eliminación progresiva del R-22, adquisición de producto regenerado, utilización de producto reciclado o limpiado con medios tecnológicos actuales "in-situ", o la sustitución con refrigerantes equivalentes bien como "drop in" directo sin la necesidad de cambio de aceite o bien limpiando y colocando refrigerantes genéricos, que ya han sido elegidos por el mercado de la refrigeración y el A/A.
- No todas las soluciones que existen se comportan igualmente.
- La opción más rápida en el cambio del refrigerante R-22, es añadir el refrigerante de la solución tipo "Drop In", pero asumiendo pérdidas de CAP y COP.
- Si comparamos la capacidad frigorífica del circuito I antes con R-22 y después con la solución del sustituto directo o "Drop In", se nota una reducción de aproximadamente 20%.
- Al decantarnos por la solución utilizando el sistema con **Fri<sub>3</sub>Oil System** nos garantiza que obtendremos un circuito limpio de impurezas y además se obtiene la limpieza interior del equipo que hace recuperar la eficiencia del sistema desarrollado por el fabricante del equipo.
- Si comparamos la capacidad frigorífica del circuito II antes con R-22 y después con R-407C, se puede notar un aumento de la misma de casi 4%.
- 
-

- Al comparar el COP frigorífico del circuito I con R-22 y la solución del refrigerante de sustituto directo o "Drop In", se nota una reducción del mismo de 13% aproximadamente.
- Al comparar el COP frigorífico del circuito II con R-22 y luego con R-407C, se nota un aumento del mismo de 3%.
- Por la composición del refrigerante sustituto o tipo "Drop In" y la forma de la unidad, ésta no garantiza que retorne todo el aceite al *carter* de los compresores, por lo que se recomienda que se revise esto constantemente. La razón es que el aceite mineral, no es miscible/soluble con los refrigerantes HFC's de la mezcla "Drop in", y el aceite se irá depositando encima del refrigerante en las partes donde permanecen remansos de líquido, tales como la salida del condensador. Además, este problema se irá agravando, conforme pasen las horas de funcionamiento. Hay que recordar, que los compresores, especialmente en este caso, se encuentran en la parte más alta del circuito, por lo que sólo es posible el retorno del aceite al *carter* por solubilidad del propio aceite con el refrigerante HFC (aunque tenga una pequeña cantidad de HC en su composición).
- Hacer el cambio de R-22, en caso de tomar la solución mediante un refrigerante "DROP IN", como ha sido el caso de esta práctica, veremos drásticamente reducidos las capacidades frigoríficas y COP, lo cual repercute a largo plazo unos costes operativos de la propiedad, mucho más altos contribuyendo al calentamiento global o efecto invernadero.
- El coste del refrigerante de sustitución directo o "drop in" es mayor que el coste de adquisición de refrigerante R-407C.
- No se pudo medir, pero se observa que el aditivo añadido en la solución del circuito II, fue la más acertada ya que compensamos la posible pérdida de capacidad frigorífica que pudiésemos tener al hacer el cambio de refrigerante R-22 al R407C, de igual manera se incrementó el COP. Además el aditivo irá mejorando su efecto, conforme se utilice a lo largo del tiempo, minimiza la temperatura de descarga y evita que los intercambiadores de calor se ensucien en su interior a lo largo del tiempo.
- Para poder hacer análisis más acertados y con un margen de error mínimo, lo ideal es realizar estas mediciones graduando los mismos recalentamientos en todos los circuitos, y después de varias semanas de utilización de los equipos, p.e. Con la medida de la estanqueidad que obliga el R.E. 842 antes de 6 meses.
- Para hacer mediciones correctas hay que esperar que el sistema se estabilice.
- Sin la herramienta **ClimaCheck**, jamás hubiésemos podido conocer con certeza cuál era el nivel comparativo de cada circuito.

Con el procedimiento recomendado por **RefriApp, S.L.**, aunque inicialmente pareciese que el coste es más alto en la realización del servicio de retrofit, se puede observar que a la larga, devolverá ampliamente el coste operacional y por supuesto, mejorará los resultados, medioambientales como indica la Directiva Europea 2.002/91, sobre la necesidad de ahorrar en el consumo energético y que tiene como objetivo realizar inspecciones a corto plazo para optimizar la *eficiencia energética*.

El citado procedimiento aporta, además, una mejora en el control del mantenimiento del equipo frigorífico y permite al usuario, hacer un seguimiento periódico sobre su evolución a lo largo del tiempo, comparando los resultados que se guardan en la memoria del PC del operador que ha de hacer ese seguimiento.

Atentamente,

Realizado en Barcelona a Julio de 2.009

Daniel Eduardo Pérez Vera  
**Fri<sub>3</sub>Oil System**