



Escuela Técnica Superior De Ingenieros
Industriales

Master En Ingeniería Industrial

Ingeniería Térmica

Producción de frío

Daniel Ignacio Alfaro Posada 13012

20.05.2020

INTRODUCCIÓN	2
CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS	2
SELECCIÓN DEL COMPRESOR	4
Compresor de scroll	4
Compresor semi-hermético de pistón	6
Selección del compresor	6
Comparación con el sistema ya instalado	7
Conclusiones	8
Referencias	9

INTRODUCCIÓN

El verano de 2020 va a llegar a nuestras casas con el coronavirus todavía presente en la población, aunque en menor proporción al pico de la pandemia. El teletrabajo ha venido para quedarse y gran parte de las empresas han tomado esta estrategia a largo plazo con sus trabajadores. Con las temperaturas elevadas en la ciudad de Madrid se hace necesario la producción de frío para que en nuestras casas para poder ejercer adecuadamente nuestro trabajo y poder soportar las duras olas de calor del verano.

El trabajo consistirá en el cálculo de cargas de una casa en Madrid de 150 m², la elección del compresor y posterior comprobación con el sistema actual de producción de frío en la casa.

CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

Para el cálculo de cargas se ha decidido utilizar una hoja de cálculo¹ del grupo VPCLIMA de la Universidad Politécnica de Valencia. El sistema utilizado por la hoja de cálculo es a partir de los datos de clima de la ciudad de Madrid y el procedimiento time radiation series (ASHRAE), calculan las cargas térmicas de un espacio concreto dependiendo de los parámetros seleccionados. A continuación se explicarán los parámetros modificados:

- La estación meteorológica de referencia fue “Madrid Retiro”. El mes seleccionado para refrigerar es Agosto.
- Superficie de refrigeración: 150 m², ya que consideramos que toda la casa debe estar adecuadamente refrigerada para la realización del teletrabajo
- La aplicación: se seleccionó residencial ya que aunque el espacio se está realizando para trabajar realmente es una casa.
- Cerramientos Opacos: Se modificaron los coeficientes globales de acorde al código técnico de 2018
- Elementos Semi-transparentes: Se eligieron los datos por defecto. Se seleccionó la opción de accesorios de persianas plásticas opacas en la cara sur-este y sur con un 20% de actividad dado que las persianas se usan en la casa seleccionada durante las mañanas.
- Las cargas internas: se seleccionó una fracción radiante de 0.8 para las luces y de 0.1 para los aparatos de cocina y ordenadores. Los ocupantes son 4 y por lo tanto 37.5 m² por ocupante.
- Ventilación: La ventilación es exterior y no existen recuperadores.

¹ Calcula con ATECYR, Cargas Excel, <<http://www.calculaconatecyr.com/cargas.php>>, versión 2.1.7.

Con estos datos podemos observar la distribución de las cargas latentes y sensibles a lo largo de las 24 h del día. En la imagen 1 podemos observar su distribución:

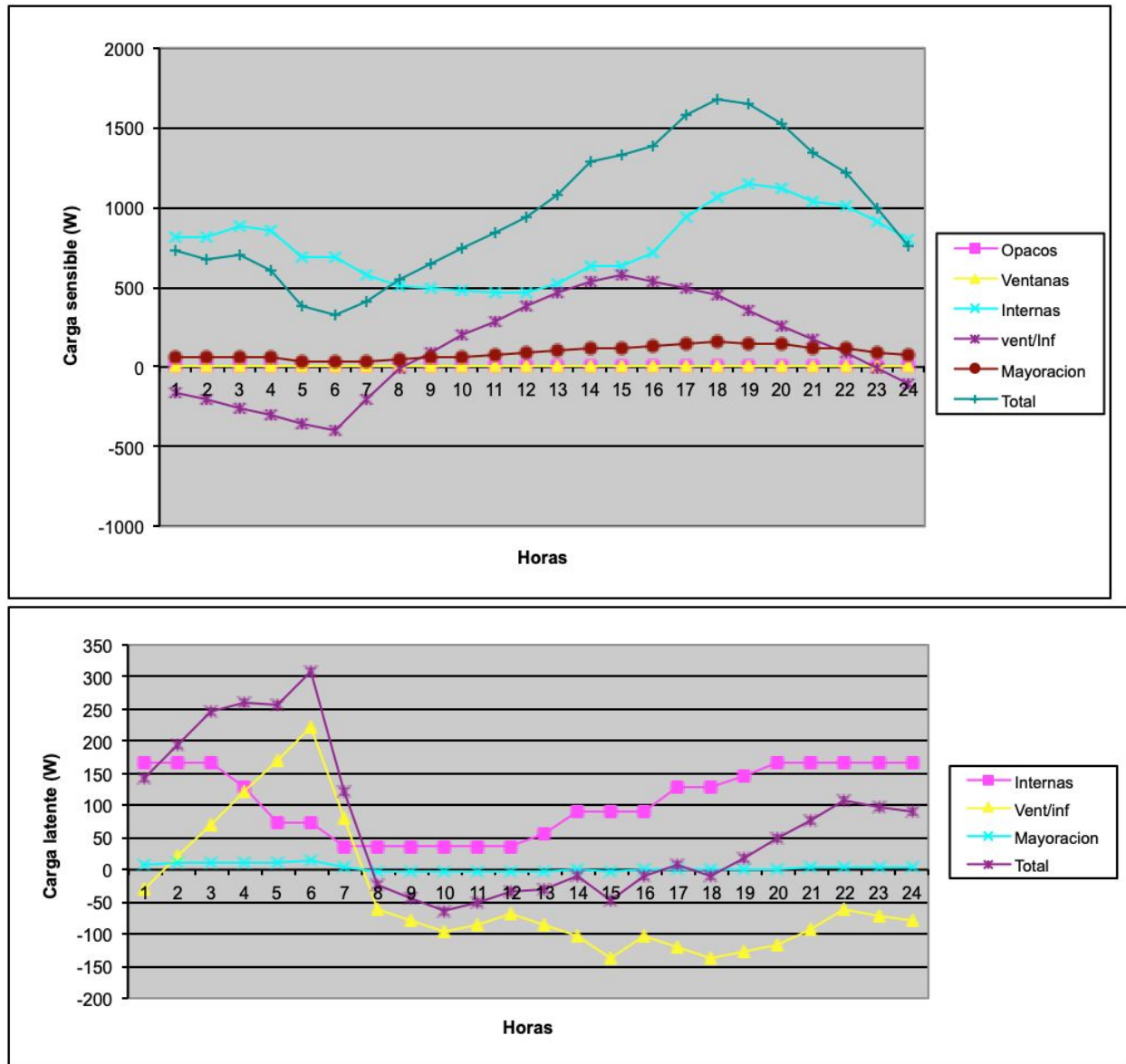
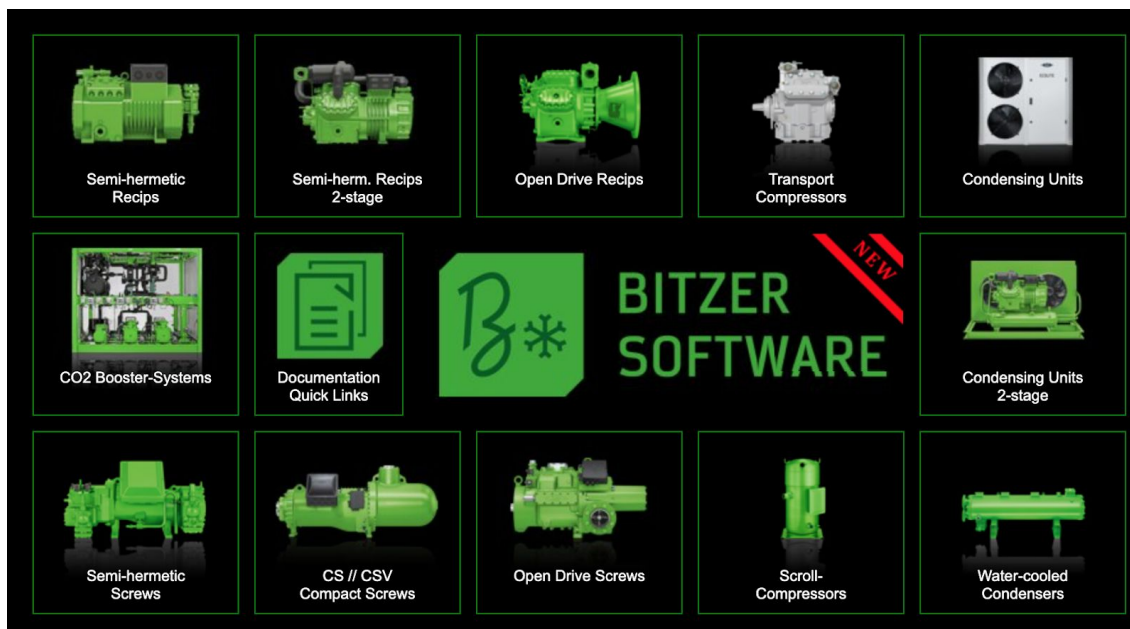


Imagen 1: Distribución de cargas latentes y sensibles a lo largo de las 24 h según el sistema de ATECYR (**Fuente:** ATECYR y realización propia)

La carga térmica total máxima para la que dimensionamos nuestro equipo de refrigeración es 1.64 kW.

SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Para la selección del compresor se decidió utilizar la herramienta de la compañía Bitzer, el BITZER Software v6.15.0 rev2454². Como se puede observar en la imagen 2, nos ofrece una gran variedad de opciones. Para nuestro objetivo se ha seleccionado dos compresores para comprar ya que son los más utilizados en las últimas tecnologías de aire acondicionado se seleccionó los compresores scroll y los compresores semi-herméticos.



Imágen 2: Panel de inicio de la herramienta de selección de compresores de Bitzer S.E. (Fuente: Bitzer)

COMPRESOR DE SCROLL

En primer lugar se seleccionó el compresor de scroll y se introdujeron los parámetros para el cálculo del compresor necesario:

- El líquido refrigerante: Se seleccionó el líquido por defecto R410A, dado que es el mismo que utiliza el aire acondicionado de la casa seleccionada.
- Potencia frigorífica: Dado que la carga térmica calculada se encuentra en 1.64kW se introdujo esa misma.
- Punto de funcionamiento: para las temperaturas de evaporación y condensación se tomaron valores típicos de 10 °C de diferencia respecto a las temperaturas del interior de la casa

² Web software, Bitzer, <<https://www.bitzer.de/websoftware/>>.

(foco frío) y el exterior (foco caliente). Así, la temperatura de evaporación sería de 15 °. Por otro lado el condensador se situará en la fachada o terraza de la casa y por lo tanto el foco caliente será directamente el exterior. Así que cogeremos la temperatura ambiente de Agosto durante el día: 30°. Tendríamos una temperatura de condensación de 40 °C. Finalmente, respecto a las condiciones de funcionamiento, para el subenfriamiento del líquido, recalentamiento del gas aspirado y recalentamiento útil se tomaron los valores típicos de 5 K, 10 K y 5 K, respectivamente.

Todos los modelos de compresores propuestos por la herramienta tienen una potencia frigorífica mayor que la potencia deseada. En de menor potencia y propuesto por la herramienta es el modelo GSD60120VA_4. Sus características técnicas se muestran a continuación:

Compressor	GSD60120VA_4
Capacity steps	100%
Cooling capacity	25,6 kW
Cooling capacity *	25,6 kW
Evaporator capacity	24,8 kW
Power input	6,59 kW
Current (400V)	10,86 A
Voltage range	380-420V
Condenser capacity	32,2 kW
COP/EER	3,77
COP/EER *	3,89
Mass flow	557 kg/h
Discharge gas temp. w/o cooling	75,4 °C

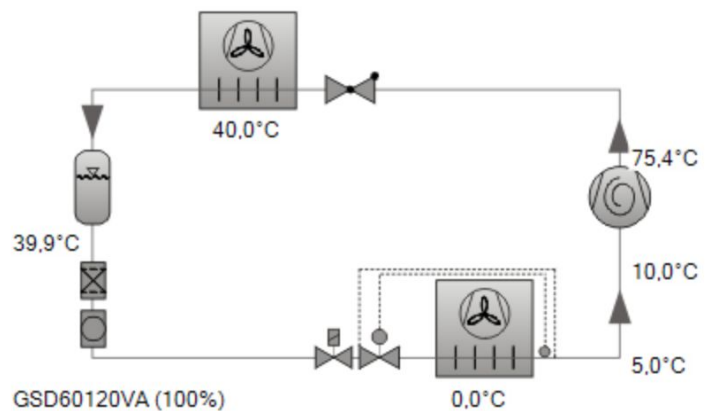


Imagen 3 y 4: Características técnicas(izq.) y ciclo de refrigeración propuesto(der.) de compresor scroll (**Fuente:** Bitzer)

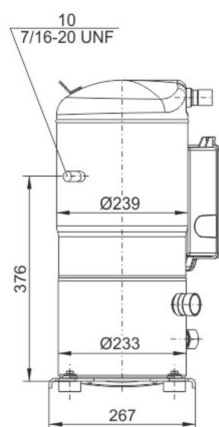


Imagen 5:
Dimensiones del
compresor
(Fuente: Bitzer)

Como se puede observar su capacidad frigorífica está por encima de los 25kW puede trabajar fácilmente en las condiciones propuestas. Sin embargo analizando las dimensiones del compresor son de alrededor de medio metro de largo. Factor importante a considerar para colocar en la unidad exterior del sistema de refrigeración. Aunque realmente al ser colocado en la fachada la percepción del cliente/consumidor es menor sobre el tamaño del compresor, si que se suele preferir sistemas menos aparatosos. La anchura del aparato es de alrededor de 336 mm.

Por lo que se puede observar quizás sea preferible seleccionar un equipo de menor tamaño y de menor potencia no disponible en este fabricante.

COMPRESOR SEMI-HERMÉTICO DE PISTÓN

A continuación se seleccionó el compresor semi-hermético de pistón y se introdujeron los parámetros para el cálculo del compresor necesario:

- El líquido refrigerante: Se seleccionó el líquido por defecto R134a, por ser el líquido por defecto en este caso de compresores
- Potencia frigorífica: La misma que la anterior 1.64 kW
- Punto de funcionamiento: Las mismas condiciones de funcionamiento que para el compresor anterior

Todos los modelos disponibles en la herramienta cumplen con las condiciones de funcionamiento. El de menor potencia, modelo 2KES-05Y-40S, propuesto por la herramienta, tiene las siguientes características técnicas:

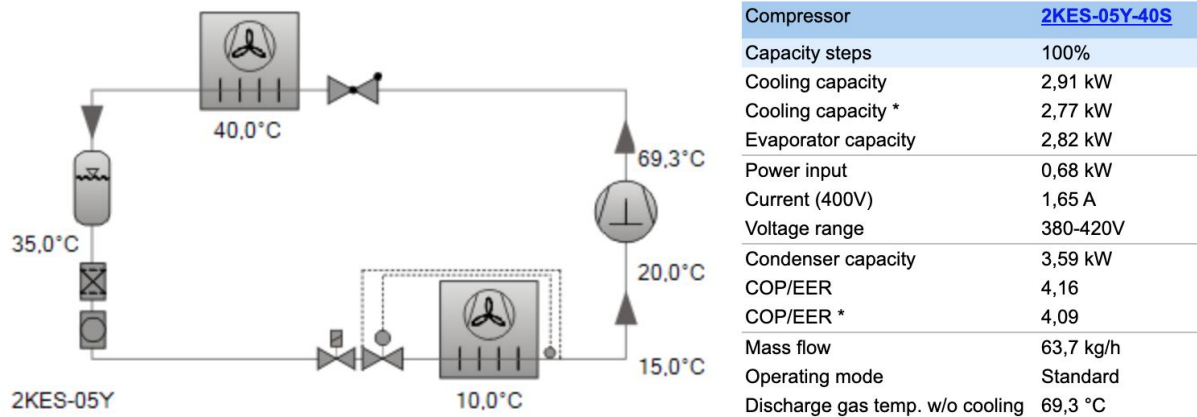


Imagen 6 y 7: Características técnicas(der.) y ciclo de refrigeración propuesto(izq.) de compresor alternativo (**Fuente:** Bitzer)

Como se puede observar la potencia frigorífica del compresor cumple con las necesidades actuales de nuestra casa objetivo. Además de ello las dimensiones no son muy grandes, menos de 275mm de ancho, largo y alto. Es un buen candidato para incluir en nuestra unidad exterior para nuestro sistema de refrigeración.

SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Para la selección del compresor se deben considerar los siguientes factores³:

- Los compresores scroll son más eficientes
- Los compresores scroll funcionan de manera más silenciosa y suave que los compresores alternativos porque solo tienen dos partes móviles: un scroll fijo y uno orbital.
- Menos piezas hacen que el compresor scroll sea energéticamente eficiente, altamente confiable y menos propenso a fallas mecánicas.
- La fabricación de bajo costo de los compresores scroll hace que el reemplazo sea más rentable que la reparación
- El precio del compresor alternativo ronda los 1.523,0€ y el compresor scroll de 2.880,57€.

El ruido del compresor alternativo se generaría en la unidad exterior pero aún así sería molesto para un uso de todo el día. Además al ser los compresores scroll más fácilmente regulables hacen que se puedan adaptar mejor a variaciones de cargas térmicas (una venta abierta, o una ola de calor más fuerte durante el mediodía que durante las primeras horas de la mañana). Por lo tanto seleccionaremos el compresor scroll para nuestro sistema de refrigeración. Sin embargo, el precio del compresor scroll es bastante más caro que el compresor alternativo, por lo que puede ser una restricción bastante importante para seleccionar el compresor alternativo y no scroll.

COMPARACIÓN CON EL SISTEMA YA INSTALADO

El sistema actualmente instalado son tres unidades dos interiores y un interior de aire acondicionado.

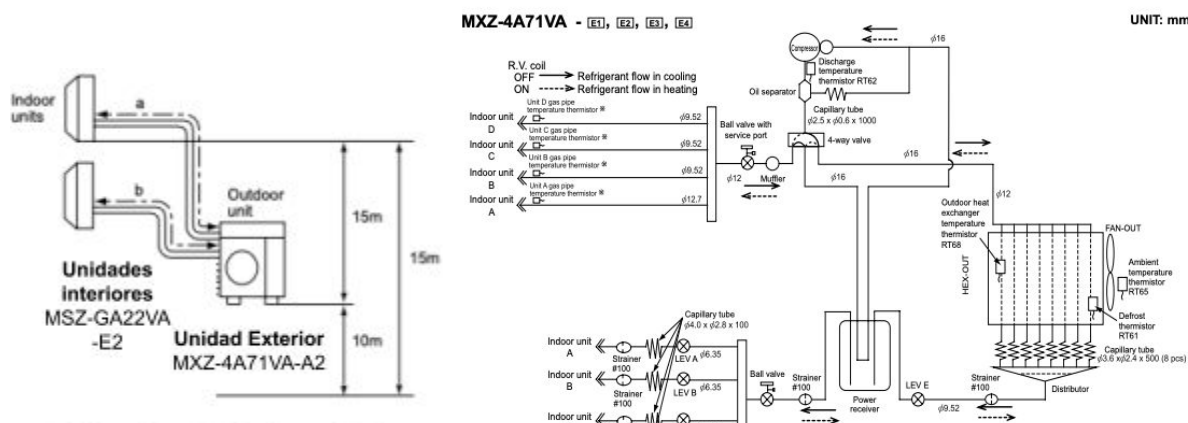


Imagen 8 y 9: Sistema instalado actualmente (izq.) y esquema de funcionamiento (der.) (**Fuente:** Manual de Usuario MXZ-4A71VA)

³ Grace, I.; Datta, D.; and Tassou, S. A., " Comparison Of Hermetic Scroll And Reciprocating Compressors Operating Under Varying Refrigerant Charge And Load " (2002). International Compressor Engineering Conference. Paper 1518. <<https://docs.lib.purdue.edu/icec/1518>>



MITSUBISHI ELECTRIC		ROOM AIR CONDITIONER	
MODEL MXZ-4A71VA (E2)			
VOLTAGE 230 V	CAPACITY	COOLING	HEATING
PHASE ~N	INPUT	7.1	8.8
FREQUENCY 50 Hz	CURRENT	1.93	1.95
IP CODE IP24		8.48	8.56
REFRIGERANT R410A 2.7 kg	MAX INPUT	3.68	
NET WEIGHT 58 kg	INDOOR	27/19 °C	20/°C
LPmHPm 1.64/4.15 MPa	OUTDOOR	35/24 °C	7/8 °C
Note: The power consumption differs in the combination of indoor units for the detail, refer to the service manual (Electrical data is for only outdoor unit.)			
MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION			
YEAR OF MANUFACTURE 2008.03		MITSUBISHI ELECTRIC CONSUMER PRODUCTS (THAILAND) CO., LTD.	
THAILAND 10711 TAMBON CHANAYOT		THAILAND 10711 TAMBON CHANAYOT	
SERIAL NO. 6001306 T		MADE IN THAILAND	



MITSUBISHI ELECTRIC		ROOM AIR CONDITIONER	
MODEL MSZ-GA22VA (E2)			
VOLTAGE 230 V	NET WEIGHT	9 kg	
PHASE ~N	HPm	4.15 MPa	
FREQUENCY 50 Hz	MAX INPUT (INDOOR ONLY)	40 W	
IP CODE IP20	INPUT (INDOOR ONLY)	33 W	
REFRIGERANT R410A	CURRENT (INDOOR ONLY)	0.25 A	
MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION			
YEAR OF MANUFACTURE 2008.03		MITSUBISHI ELECTRIC CONSUMER PRODUCTS (THAILAND) CO., LTD.	
THAILAND 10711 TAMBON CHANAYOT		THAILAND 10711 TAMBON CHANAYOT	
SERIAL NO. 6000530 T		MADE IN THAILAND	

Imágenes 10-13: Fotografías del sistema y placas de ambas unidades⁴(Fuente: Realización Propia)

Como se puede observar el sistema actual funciona como un sistema de climatización y no solo un sistema de refrigeración. Funciona también para bombear calor en el ambiente. Sin embargo, existe ya una calefacción central en el edificio, al ser un edificio de apartamentos. Por lo que la idea de instalar solo un sistema de refrigeración es bastante pertinente.

El sistema actual tiene una potencia frigorífica de 7.1kW y está dimensionado para trabajar en (como sistema de refrigeración) en las condiciones de temperatura de 19-27 grados en el foco frío y 24-35 grados en el foco caliente. Por lo que cumple con las condiciones dimensionadas. El precio del sistema con las tres unidades ronda los 1 700€ (sin incluir la instalación de los aparatos). Además de ello, el compresor instalado en la unidad exterior es un compresor scroll, por lo que evitamos los ruidos generados por un compresor alternativo.

CONCLUSIONES

Aunque las aplicaciones esperadas por el ejercicio quizás eran para usos industriales y para cámaras frigoríficas / aplicaciones de trabajo en condiciones de temperatura que rondan los 0-2 °C. El alumno ha elegido esta aplicación ya que era una aplicación de su vida diaria que podría aportar conocimiento útil para la misma. La adaptación para afrontar las nuevas condiciones de teletrabajo en verano en su residencia habitual a través de un sistema de refrigeración.

Se puede observar que el sistema instalado actualmente es el más indicado de los sistemas analizados, debido a la existencia del compresor scroll y el precio de adquisición del mismo. Podemos ver que el sistema actual está adaptado para trabajar en las temperaturas deseadas para la convivencia de seres humanos. Las máquinas térmicas buscadas en la página de Bitzer están adaptadas para aplicaciones en otras condiciones de temperaturas y aplicaciones industriales.

⁴ También se pueden encontrar en la página del fabricante <<https://www.mitsubishi-electric.co.nz/product/nlaproduct.aspx?item=68977x>>

REFERENCIAS

- [1] M.Gomez, “¿Ha venido el teletrabajo para quedarse?”, El país, 24/04/2020 <https://elpais.com/elpais/2020/04/24/eps/1587724922_355508.html> Consultado el 15/05/2020.
- [2] Calcula con ATECYR, Cargas Excel, versión 2.1.7. <<http://www.calculaconatecyr.com/cargas.php>>, Consultado el 15/05/2020.
- [3] Grace, I.; Datta, D.; and Tassou, S. A., " Comparison Of Hermetic Scroll And Reciprocating Compressors Operating Under Varying Refrigerant Charge And Load " (2002). International Compressor Engineering Conference. Paper 1518. < <https://docs.lib.purdue.edu/icec/1518> > Consultado el 15/05/2020
- [4] BITZER Software v6.15.0 rev2454 <<https://www.bitzer.de/websoftware/>> Consultado el 15/05/2020.
- [5] Manual de mitsubishi electric MXZ-VA <https://planetaklimata.com.ua/instr/Mitsubishi_Electric_MXZ-VA_SERVICE_MANUAL_En_g.pdf> Consultado el 15/05/2020.
- [6] Catalogo Netfrost 2018 <https://netfrost.es/descargas/catalogo-netfrost_2018_s.pdf> Consultado el 15/05/2020