



# Title: Análisis del comportamiento eléctrico en un compresor reciprocante hermético monofásico a la modificación de las variables termodinámicas en la refrigeración

Author: José Carlos, AGUILAR-ANASTACIO, Salvador, PÉREZ-LULE, Luis  
David, MUÑOZ-FLORES

Editorial label ECORFAN: 607-8534  
BCIERMMI Control Number: 2018-03  
BCIERMMI Classification (2018): 251018-0301

Pages: 21  
RNA: 03-2010-032610115700-14

### ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 | 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



**Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec**  
**División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.**



## **OBJETIVO GENERAL**

Obtener un modelo matemático que demuestre la influencia del cambio de las temperaturas de refrigeración en el consumo eléctrico del compresor.

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**



**Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec**  
**División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.**



## Objetivos Particulares

- 1.- Análisis termodinámico del sistema de refrigeración doméstico
- 2.- Cálculo de la demanda de potencia en función de las variables térmicas del sistema de refrigeración
- 3.- Cálculo de la potencia eléctrica
- 4.- Gráficas del comportamiento de la corriente eléctrica en función de la variación de la temperatura

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**



**Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec**  
**División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.**

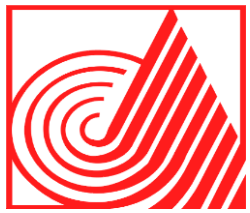


Figura 1. Refrigeración Doméstica

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**



# Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

## División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.

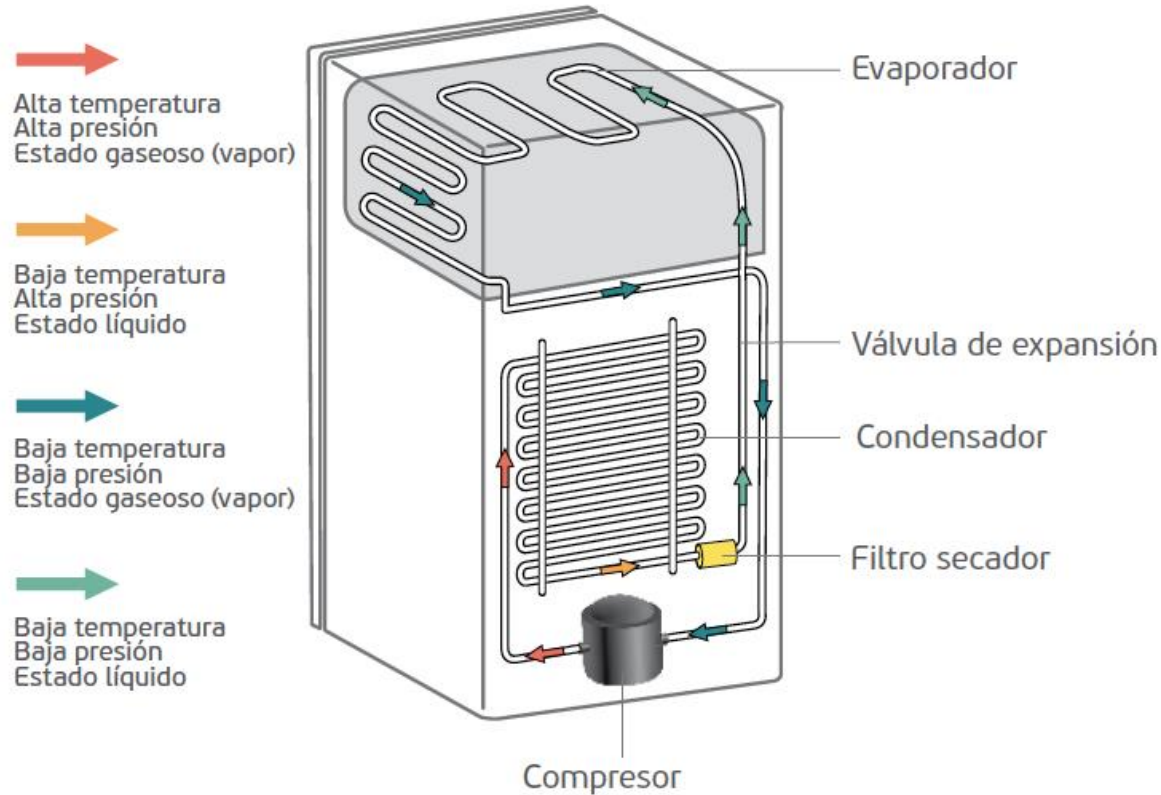


Figura 2. Elementos que componen un sistema de Refrigeración

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018

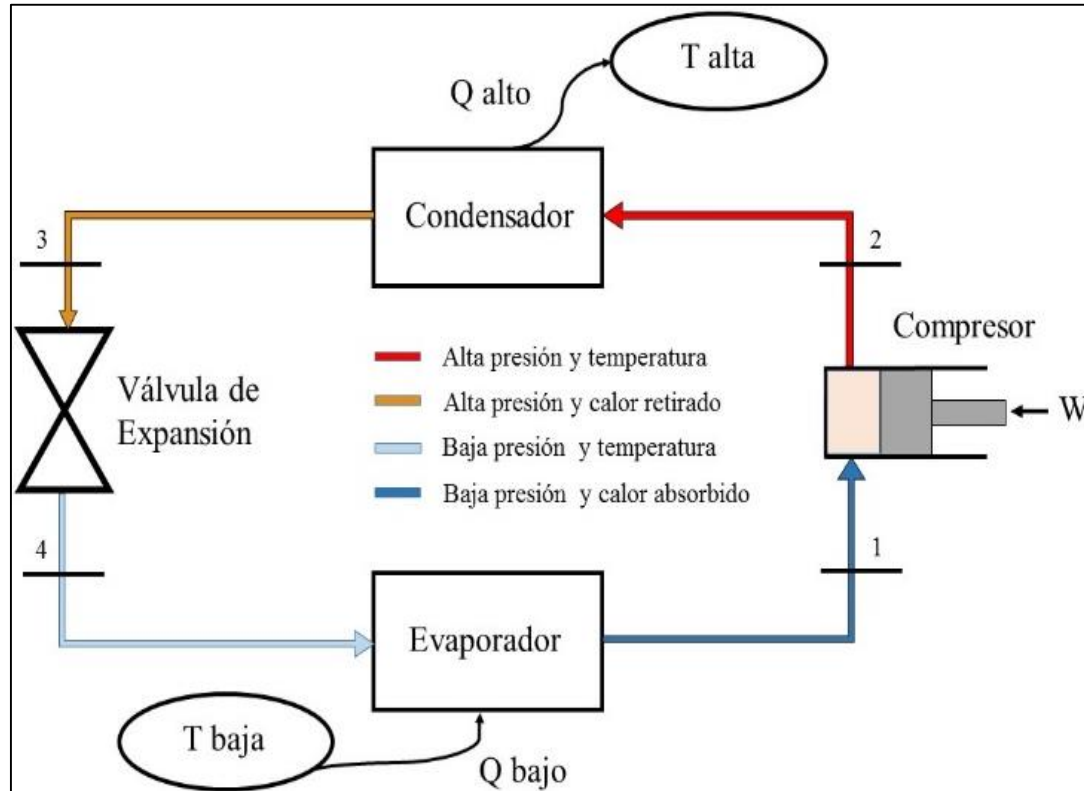


Figura 3. Ciclo de trabajo en el sistema de refrigeración

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018





# Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

## División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.

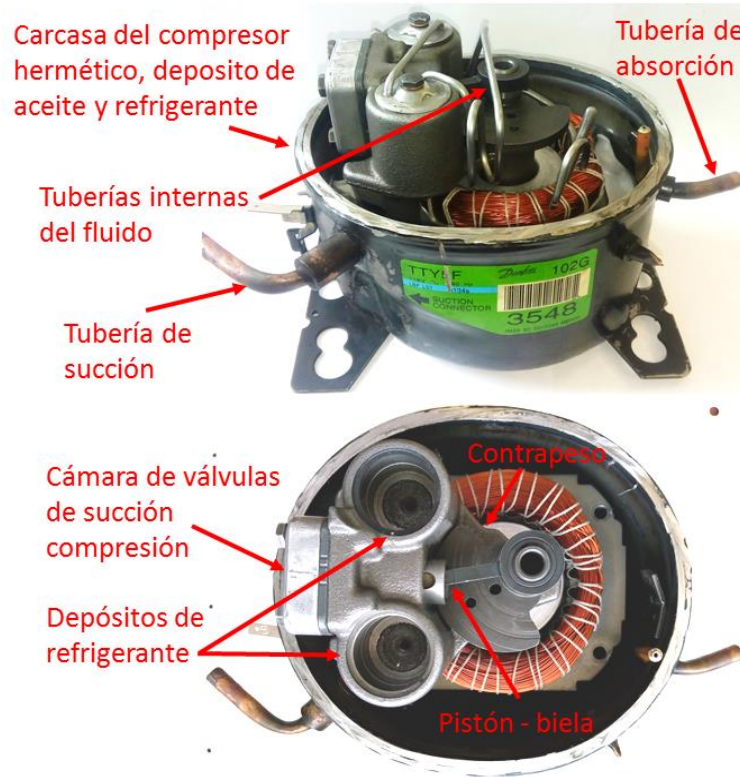


Figura 4. Partes principales del compresor recíprocante

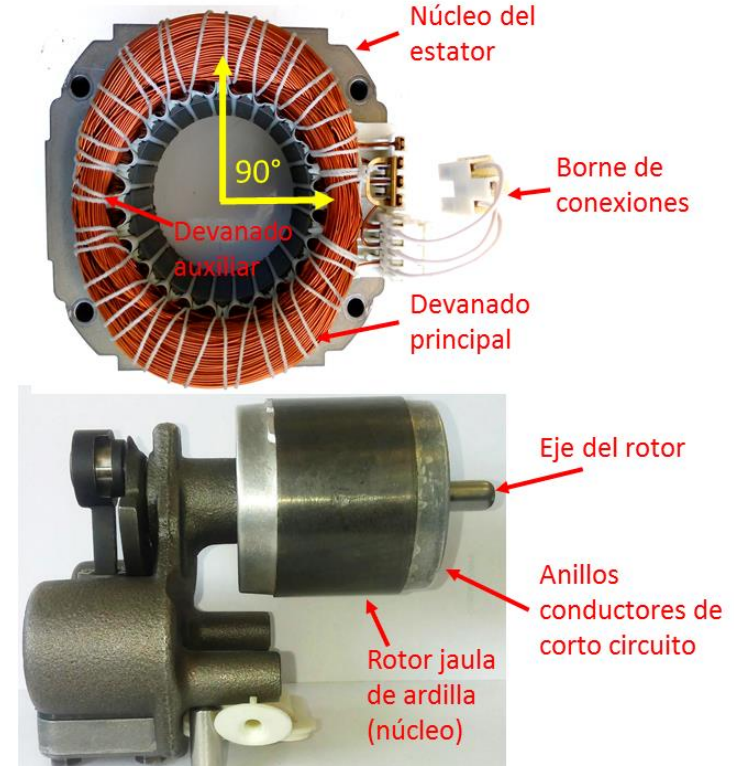


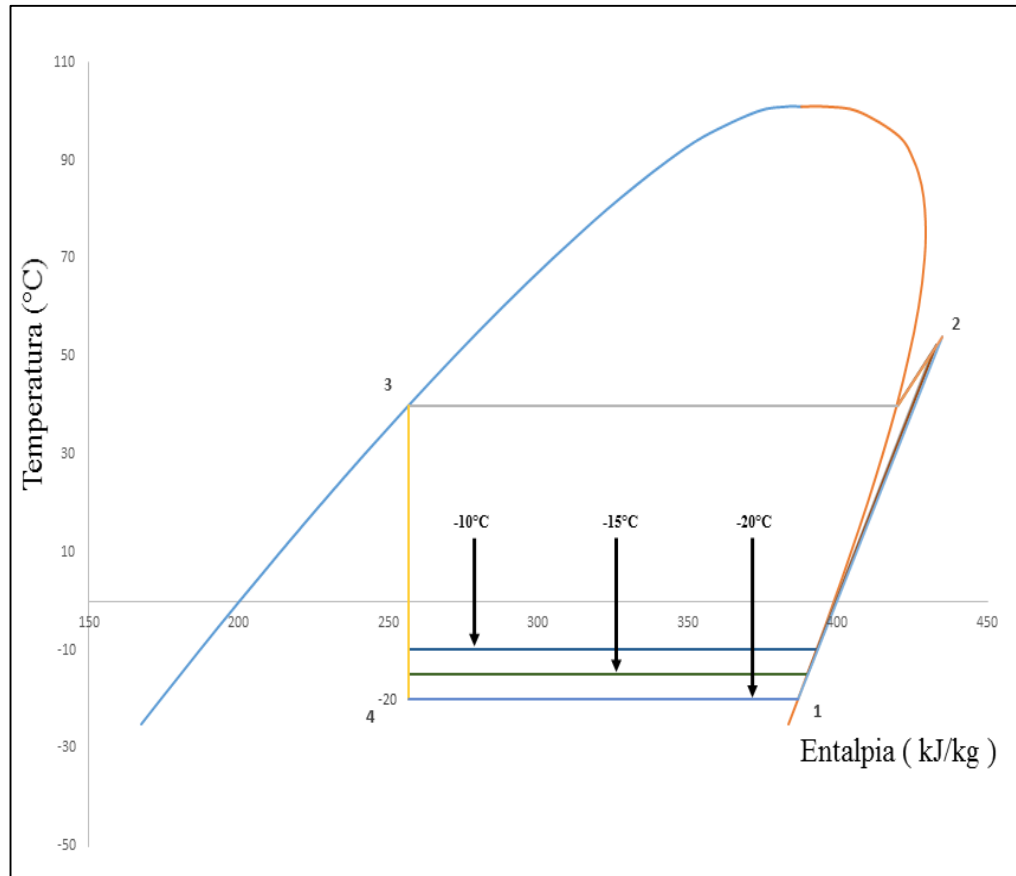
Figura 5. Partes principales del motor del compresor

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



# Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

## División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.



Gráfica 1. Comportamiento Temperatura-Entalpía (T-h) del refrigerante HF-134a

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**





**Tabla 1.** Propiedades termodinámicas de los cuatro estados del ciclo de refrigeración a  $-10^{\circ}\text{C}$  en el evaporador

Estado	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	P (bar)	s (kJ/Kg $^{\circ}\text{K}$ )	h (kJ/Kg)	v ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	Calidad (x)
1	-10	2.01	1.7341	392.9	0.0996	1
2	50.49	10.18	1.7485	431.36	0.0215	VSC
3	40	10.18	1.1912	256.6	0.0009	0
4	-10	2.01	1.2163	256.6	0.0343	0.34

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



**Tabla 2.** Propiedades termodinámicas de los cuatro estados del ciclo de refrigeración a  $-15^{\circ}\text{C}$  en el evaporador

Estado	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	P (bar)	s ( $\text{kJ}/\text{Kg}^{\circ}\text{K}$ )	h ( $\text{kJ}/\text{Kg}$ )	v ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	Calidad (x)
1	-15	1.64	1.7379	389.8	0.1207	1
2	52.19	10.18	1.7541	433.17	0.0217	VSC
3	40	10.18	1.1912	256.6	0.0009	0
4	-15	1.64	1.2218	256.6	0.0445	0.36

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



**Tabla 3.** Propiedades termodinámicas de los cuatro estados del ciclo de refrigeración a  $-20^{\circ}\text{C}$  en el evaporador

Estado	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	P (bar)	s (kJ/Kg $^{\circ}\text{K}$ )	h (kJ/Kg)	v (m <sup>3</sup> /kg)	Calidad (x)
1	-20	1.33	1.7422	386.8	0.1474	1
2	54.04	10.18	1.7601	435.14	0.0219	VSC
3	40	10.18	1.1912	256.6	0.0009	0
4	-20	1.33	1.2279	256.6	0.0578	0.39

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



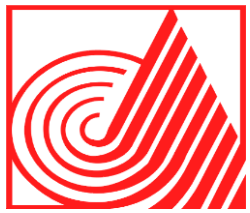
La potencia mecánica generada por el compresor se obtiene:

$$w_c = (h_2 - h_1)\dot{m}$$

**Tabla 4.** Variación de la potencia del compresor en función de la temperatura de congelación

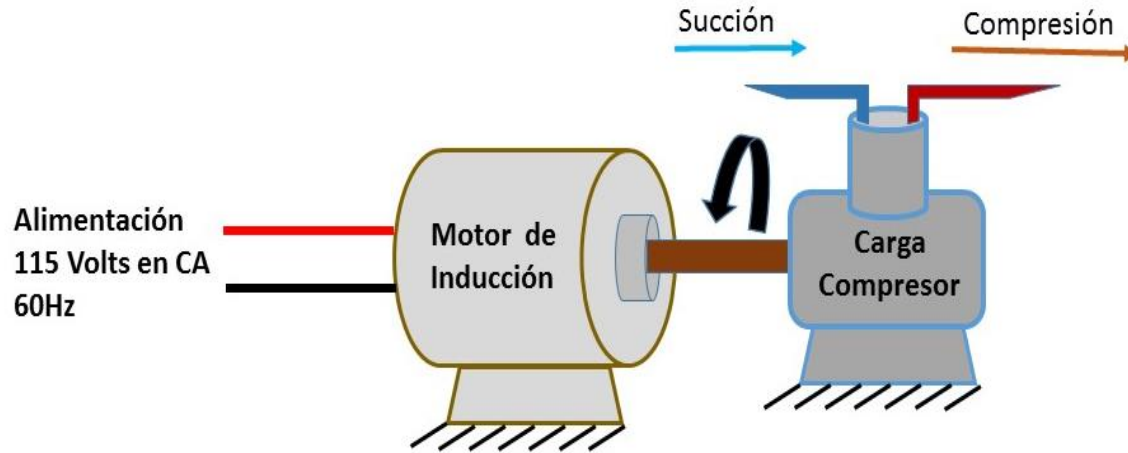
T (°C) Congelación en el Evaporador	Flujo másico ( $\dot{m}$ ) (Kg/s)	( $h_2-h_1$ ) (kJ/kg)	Wc (Watts)	COP
-10	$1.127 \times 10^{-3}$	38.46	43.37	3.5
-15	$1.153 \times 10^{-3}$	43.37	50.00	3
-20	$1.180 \times 10^{-3}$	48.34	57.00	2.7

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



# Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

## División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.



$$\text{Potencia de Entrada} = \text{Potencia de Motor} + \text{Potencia de Carga}$$

Figura 6. Representación del sistema motor-compresor

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



# Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec

División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.

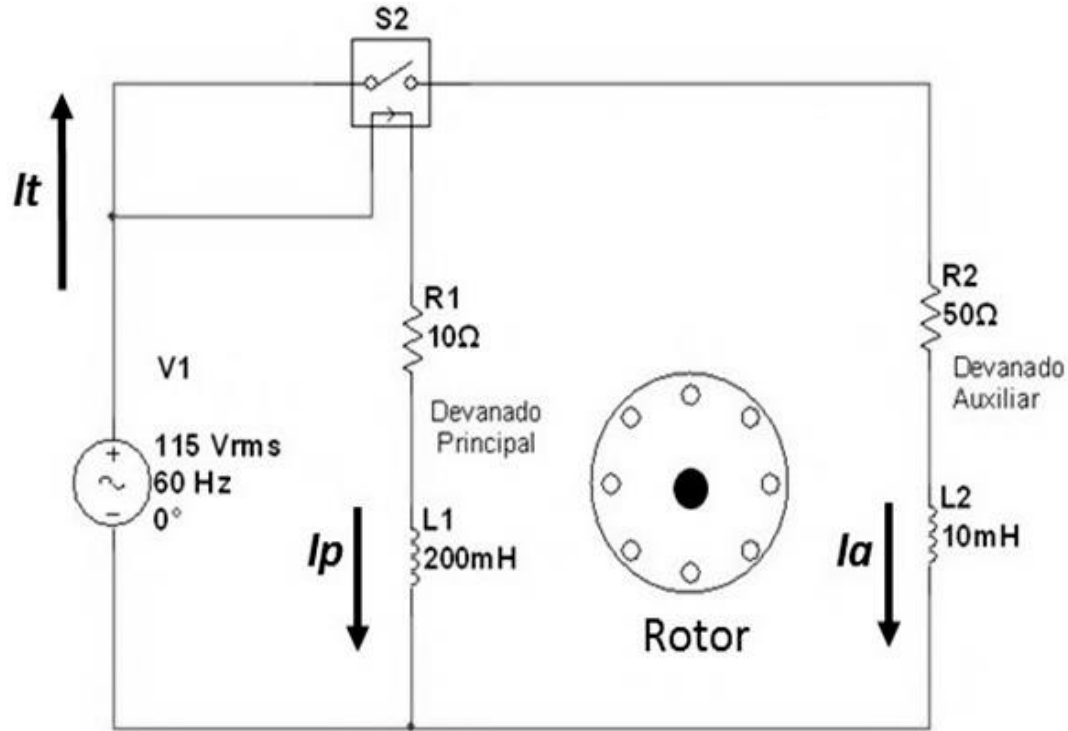


Figura 7. Representación del motor de inducción con alimentación.

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018





**Cálculo de la demanda de potencia eléctrica:**

Aplicando la ecuación de la potencia total, compresor y motor:

$$P_{Entrada} = P_{Motor} + P_{Mecánica}$$

De otra forma:

$$V_{rms} \cos \theta \cdot I_{rms} \cos \alpha = \frac{V_{rms}^2 \cos \theta}{Z_T} + \frac{P_M}{\eta}$$

Donde:

$V_{rms}$  = voltaje efectivo de alimentación al compresor

$I_{rms}$  = corriente efectiva que demanda el compresor

$P_M = w_c$  potencia mecánica (carga térmica)

$\eta = 0.85$  eficiencia del compresor

$\theta$  = ángulo desfasado de voltaje

$\alpha$  = ángulo desfasado de corriente

$Z_T$  = impedancia total de los devanados del motor.

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



Se despeja  $I_{rms}$  de la ecuación de la potencia de entrada:

$$I_{rms} L\alpha = \frac{V_{rms}^2 L\theta \cdot \eta + Z_T P_M}{Z_T \eta V_{rms} L\theta}$$

Sustituyendo el valor de la potencia mecánica:

$$I_{rms} L\alpha = \frac{V_{rms}^2 L\theta \cdot \eta + Z_T \cdot [(h_2 - h_1) \cdot \dot{m}]}{Z_T \cdot \eta \cdot V_{rms} L\theta}$$



**Tabla 5.** Demanda de corriente y potencia del compresor.

<b>T (°C)</b> Temperatura de Congelación	<b><math>V_{rms}</math></b> (Volts)	<b><math>I_{rms}</math></b> (Amperes)	<b><math>P_M</math> Potencia de compresión</b> (Watts)	<b>Ángulo de atraso (<math>\alpha</math>)</b>	<b><math>P_T</math></b> Potencia Total de Consumo (Watts)
-10	115	3.37	43.36	-29.9°	387.55
-15	115	3.41	50	-29.13°	392.15
-20	115	3.50	57	-28°	402.5

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018

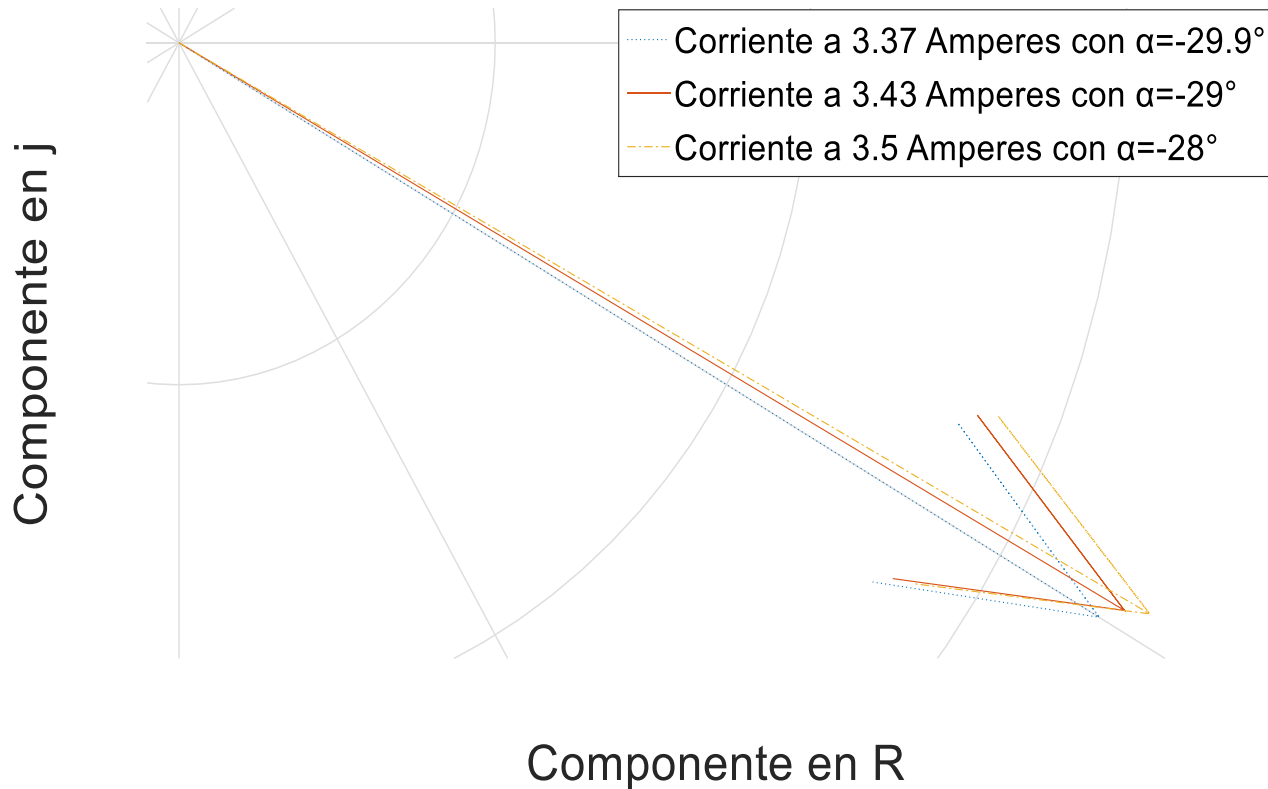


Figura 8. Representación vectorial de la corriente eléctrica

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018

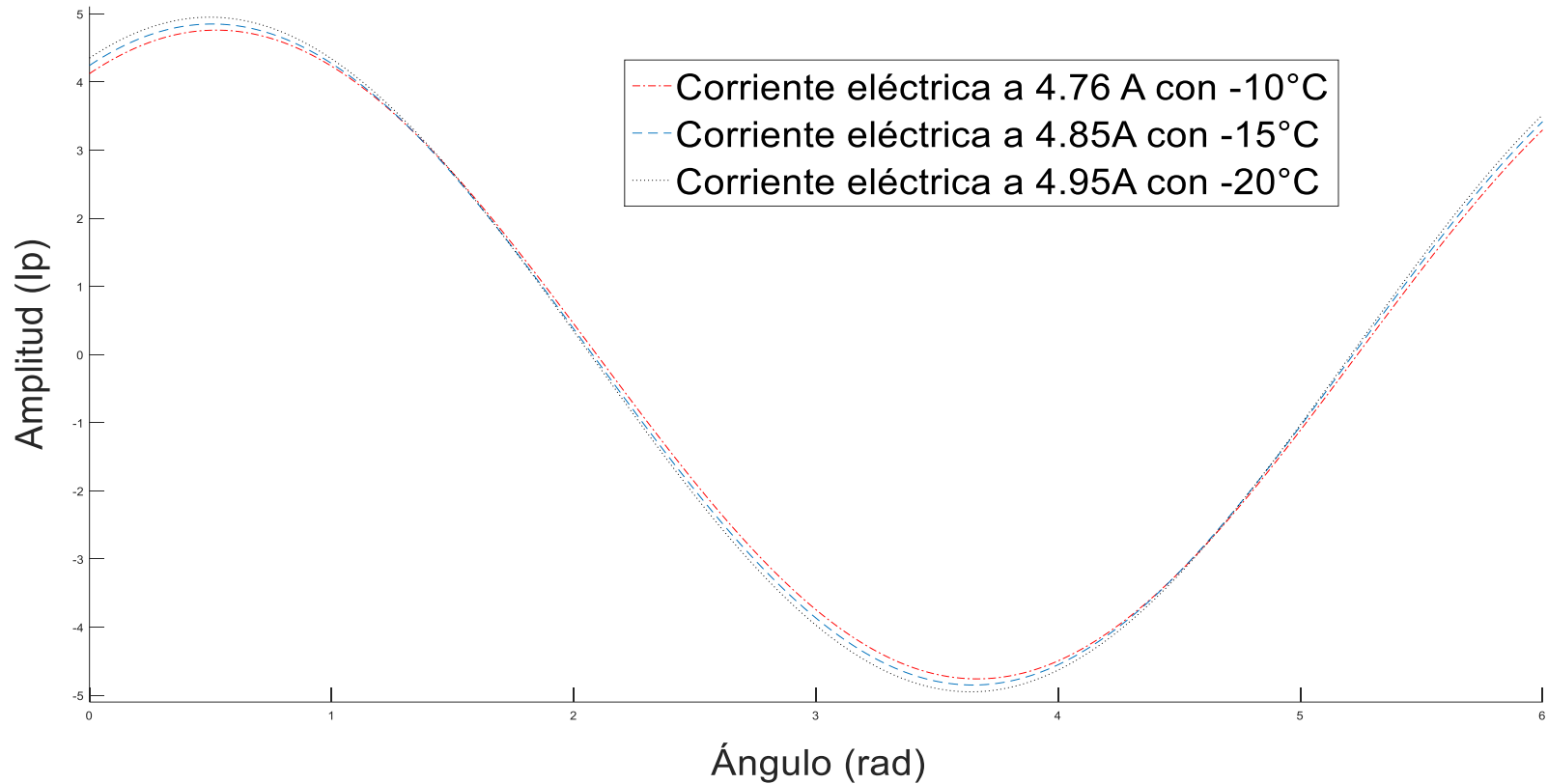
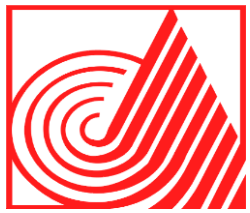


Figura 9. Representación de la corriente eléctrica en función del tiempo

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018

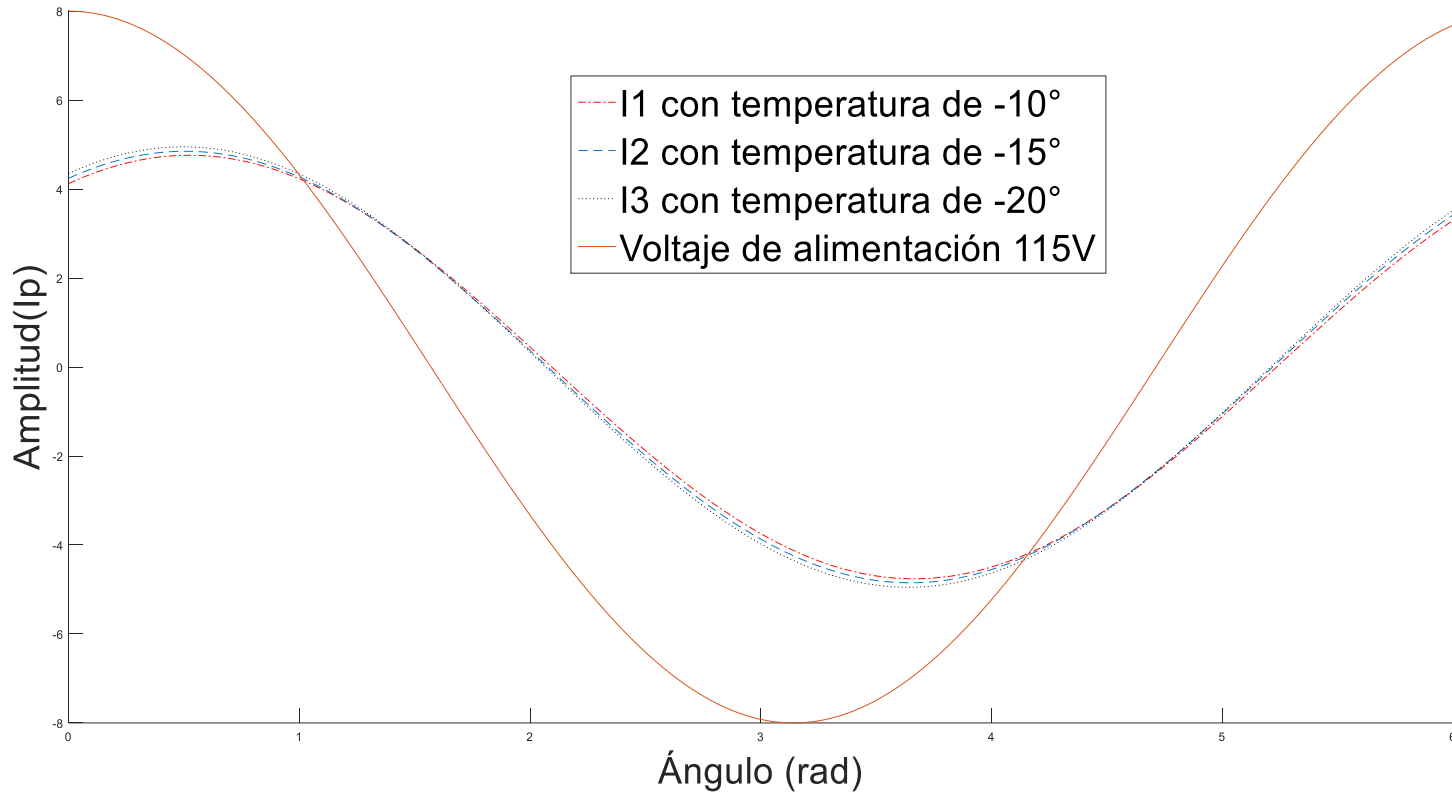


Figura 10. Representación de corriente y voltaje en el compresor en función del tiempo

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018





**Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.**  
**División de Ingeniería Mecánica Mecatrónica e Industrial.**



## CONCLUSIÓN

Existe un incremento de corriente a medida que la temperatura de congelación disminuye a consecuencia del incremento del desplazamiento entre los puntos 1 y 2 de la gráfica T-h, el resultado es una mayor demanda de trabajo para el compresor, lo que implica un incremento en el consumo eléctrico.

Ante esta situación es inevitable ajustar la temperatura de un refrigerador, dado que en todo el año existen diferencias de temperatura según la localidad y la estación del año.

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,  
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**



## REFERENCIAS

1. Joaquín, C. (2017). Balance Nacional de Energía 2016. México: Secretaría de Energía.
2. Ibrahim, D. (2010). Refrigeration systems and applications. United Kingdom: Wiley.
3. Pita, E. (2008). Principios y sistemas de Refrigeración. México: Limusa.
4. Shan, K. (2001). Handbook of Air Conditioning and Refrigeration. New York: Mc Graw Hill.
5. William, C. (2006). Tecnología de la Refrigeración y aire Acondicionado 1, Fundamentos. Madrid: Paraninfo.
6. Sáenz, F. (2002). Máquinas eléctricas. Madrid: Prentice Hall.
7. Chapman, S. (2012). Electric Machinery Fundamentals. New York: Mc Graw Hill.
8. Morán, M. (2005). Fundamentos de Termodinámica Técnica. Barcelona: Reverte.
9. Theodore, W. (2007). Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia. México: Prentice Hall.
10. Alexander, CH. (2006). Fundamentos de Circuitos Eléctricos. CD de México: Mc Graw Hill.
11. Hayt, W. (2012). Análisis de Circuitos Eléctricos en Ingeniería. CD de México: Mc Graw Hill.

Santiago de Querétaro, Qro., 25 y 26 de octubre del 2018



**ECORFAN®**

**© ECORFAN-Mexico, S.C.**

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)