

Estudio de reducción de consumo de energía de las refrigeradoras RI-390 y RI-480 de “Indurama”

Wilson Minchala Chumbi*
Fausto Orlando Castillo**

Resumen

El sistema de refrigeración es parte fundamental en la conservación de alimentos y por eso existe una creciente demanda en la producción de refrigeradoras domésticas, de ahí que sea necesario un compromiso de calidad, ahorro energético y diseño, estando a la vanguardia de nuevas tecnologías y estrategias para el mejoramiento de los materiales, la eficiencia energética, los costos, etc.

Para desarrollar el presente tema se han tomado datos técnicos de las refrigeradoras RI-390 frost y RI-480 no frost, que fabrica Indurama, empresa localizada en la ciudad de Cuenca y dedicada a la manufactura de cocinas, congeladores y refrigeradoras. Se han realizado cálculos y análisis termodinámicos del modelo RI-390 frost, según el diagrama de fase del refrigerante R134a y se

* Ingeniero mecánico graduado en la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) – Cuenca.

** Ingeniero mecánico. Profesor de la Carrera de Ingeniería Mecánica UPS – Cuenca.

han obtenido datos técnicos de potencia, eficiencia y consumo de energía eléctrica en kWh/día, mediante mediciones experimentales hechas en laboratorio. Además, se han analizado las características técnicas, la eficiencia y el consumo de energía eléctrica para el modelo RI-480 no frost (descongelamiento automático). Se presenta una propuesta en base a investigaciones, análisis termodinámicos y pruebas, para reducir el consumo de energía sin aumentar el costo del producto. Finalmente, se analizan las ventajas y desventajas de mejorar la eficiencia, los efectos de las propuestas en los costos de producción, el porcentaje de ahorro de energía y la factibilidad de implementación en las líneas de producción.

Abstract

The cooling system is an essential part in food preservation, hence the growing demand in the production of domestic refrigerators, promotes a commitment to quality and design at the forefront of new technologies and strategies for improvement of materials, energy efficiency, costs, etc.

To develop this theme is acquired technical data of refrigerators RI-390 frost and RI-480 no frost, which makes Indurama, a company located in Cuenca and engaged in the manufacture of stoves, freezers and refrigerators. In which the calculations of the refrigerator model of frost RI-390 as the phase diagram of the refrigerant R134a are obtained technical data of power, efficiency and current consumption of electricity in kWh/day by experimental measurements made in laboratory. Then analyzed the characteristics, efficiency and current consumption of electricity for the RI-480 model no frost (automatic defrost). Finally, we performed the analysis of production costs of the proposals, the percentage of energy savings and feasibility of implementation in production, considering each of the manufacturing process.

Palabras clave: sistema de refrigeración, consumo de energía, optimizar, refrigeradora.

Keywords: cooling system, energy consumption, optimize, refrigerator.

Generalidades

La refrigeración consiste en hacer que, en una cámara, la temperatura descienda por debajo del medio ambiente y se mantenga a baja temperatura. Como ninguna cámara es perfectamente adiabática, para mantener dicho espacio a baja temperatura, es preciso extraer calor del recinto de manera continua o intermitente. El transporte de calor se realiza mediante un fluido denominado refrigerante.

Para saber algunos aspectos termodinámicos es necesario conocer los principales componentes del ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor y son: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

El ciclo se realiza por medio de un refrigerante que tiene propiedades para absorber grandes cantidades de calor cuando vaporizan o realizan un cambio de fase a baja temperatura. El calor circula a través de sus componentes, cuyos procesos son internamente reversibles, además, como la transferencia de calor entre el refrigerante y cada foco ocurre con una diferencia de temperatura pequeña, no hay irreversibilidades externas.

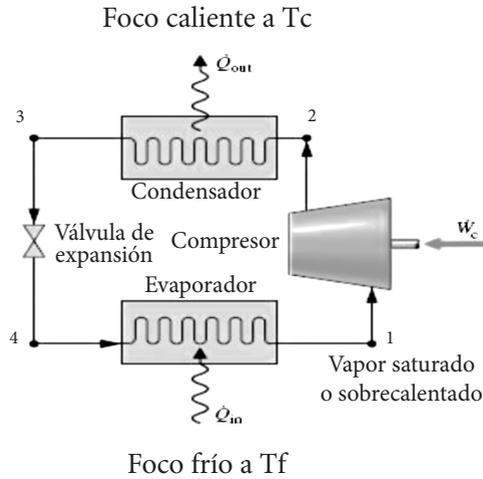


Figura 1. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

El refrigerante R134a, del tipo HFC (Hidrofluorocarburos), reemplaza al R-12, ya que no daña la capa de ozono, este fluido tiene una temperatura de saturación de $-26,4^{\circ}\text{C}$ a la presión atmosférica estándar. Por esta razón se puede almacenar como líquido a temperatura ambiente, como se observa en el diagrama de fases T-s.

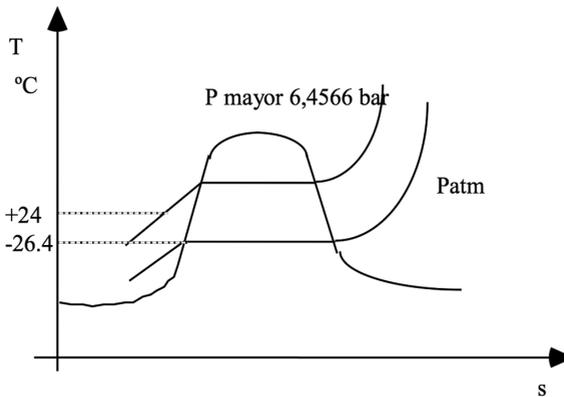


Figura 2. Diagrama T-s del refrigerante R134a

Ciclo real de refrigeración

En la figura 3 se muestran varias características de un ciclo real de compresión de vapor. Como la transferencia de calor entre el refrigerante y las regiones caliente y fría no se produce de manera reversible, la temperatura del refrigerante en el evaporador debe ser menor que T_p mientras que su temperatura en el condensador debe ser mayor que T_c . Tales irreversibilidades tienen un efecto significativo sobre el funcionamiento del ciclo.

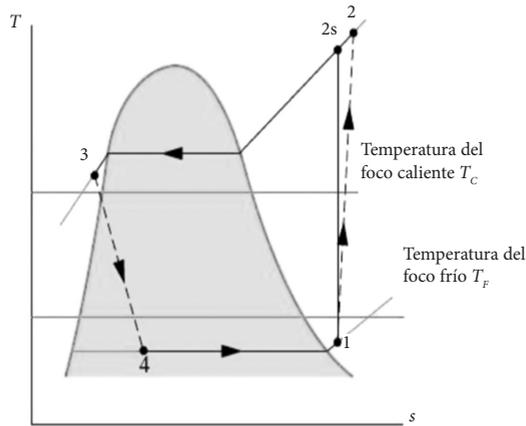


Figura 3. Diagrama T-s de un ciclo real por compresión de vapor

El coeficiente de operación β de cualquier ciclo de refrigeración, es la relación entre el calor ganado por el refrigerante y el trabajo neto necesario para producir este efecto:

$$\beta_{\max} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$$

β_{\max} = coeficiente de operación del ciclo de refrigeración

T_F = temperatura del foco frío

T_C = temperatura del foco caliente

El coeficiente de operación se reduce cuando la temperatura media en el evaporador disminuye o cuando la temperatura media del refrigerante en el condensador aumenta. El coeficiente real de operación se determina en base a las entalpías propias del sistema en condiciones reales dadas por:

$$\beta_{\max} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Refrigeradoras frost y no frost

Una refrigeradora frost lleva ese nombre por la condensación de la humedad a baja temperatura en la zona del congelador, la cual se conoce como escarcha y se la descongela manualmente girando la perilla al modo de apagado cada cierto período de tiempo. Los componentes básicos de una refrigeradora frost son: evaporador, condensador, compresor, gabinete metálico (congelador), gabinetes plásticos (refrigerador), válvula de expansión, filtro secador, tubo capilar y puertas.

Una de las principales ventajas de estas refrigeradoras es que se mantienen en mejores condiciones los alimentos, sin disminuir el contenido proteínico durante un largo tiempo, pues la transferencia de calor se debe a la conducción y convección natural, evitando la pérdida de humedad.

Las refrigeradoras frost producen escarcha. Este hielo se va acumulando en el evaporador, reduciendo el efecto de refrigeración, por lo que debe ser removido frecuentemente. Estas refrigeradoras no incluyen componentes eléctricos para descongelar automáticamente, por lo que se requiere apagar la unidad.

Una refrigeradora no frost (no escarcha) consiste en un sistema de enfriamiento por aire mediante un ventilador que reparte el flujo de manera homogénea en la zona del congelador, evitando de esta manera la formación de escarcha al no presentar superficies frías donde pueda condensarse la humedad, además, posee en

el evaporador una resistencia que descongela y evita la formación de hielo de manera automáticamente.

Este análisis se fundamenta en un estudio para optimizar la eficiencia de los refrigeradores de uso doméstico, donde se plantea una serie de mejoras que se pueden aplicar a los diseños de los artefactos actuales.

Para la investigación se realizaron cálculos de estados de funcionamiento de los refrigeradores frost y no frost, donde se pudo encontrar datos reales de consumo de energía para poder realizar una comparación con las mejoras que se propondrán luego. Para la obtención de las eficiencias se realizaron análisis termodinámicos de los ciclos de refrigeración reales en los que se basa su funcionamiento.

Puntos de evaluación para pruebas

Para la prueba en laboratorio de la refrigeradora RI-390 frost, fue importante identificar cada uno de los puntos a ser evaluados, los cuales se indican en los siguientes gráficos:

Nº Sensor	Puntos de Evaluación	Unidad
1	Entrada evaporador	° C
2	Salida evaporador	° C
3	Entrada acumulador	° C
4	Salida acumulador	° C
5	25 mm del inicio del intercambiador de calor	° C
6	125 mm del inicio del intercambiador de calor	° C
7	Línea de succión detrás del aislamiento	° C
8	Entrada de la placa fría o del aire (no frost)	° C
9	Salida de la placa fría o del aire (no frost)	° C
10	Línea descarga (100 mm compresor)	° C
11	Condensador 1ª espira	° C

Nº Sensor	Puntos de Evaluación	Unidad
12	Condensador a los $\frac{3}{4}$ de la tubería	° C
13	Salida condensador (50 mm del filtro)	° C
14	Línea succión 100 mm del compresor	° C
15	Cuerpo del compresor	° C

Tabla 1. Puntos de evaluación en un sistema de refrigeración

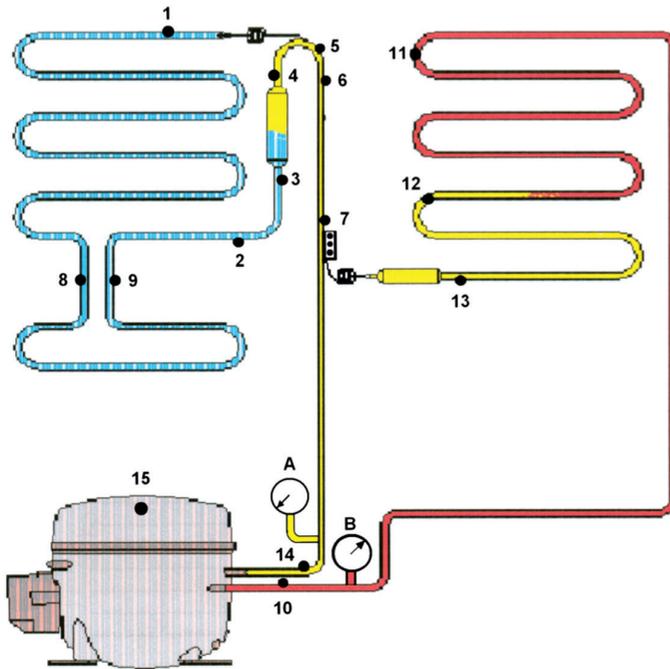


Figura 4. Esquema de un sistema de refrigeración

A continuación, se indican los datos de placa y los resultados de las pruebas experimentales que se realiza en los puntos indicados anteriormente en la refrigeradora frost:

Compresor:	EME60HER
Evaporador:	R/B 1070 x 500 x 1,1 C
Condensador:	Stagg 10E
Refrigerante:	R134a
Carga de refrigerante:	185 gramos

Tabla 2. Datos de placa del modelo RI-390

Puntos Evaluados	Unidad	Picos	4 h	Estabilizado
Temperatura ambiente	° C	38	38	38
V/Hz	V/Hz	129,8/60	130,1/60	130,6/60
Corriente	A	2	1,7	1,6
Potencia	W	259,6	221,17	208,96
(1) Evaporador – 150 mm de la entrada del evaporador en el gabinete	° C	-1	-24	-24
(2) Evaporador – salida	° C	8	-21	-21
(7) Línea de succión – 100 mm después del aislante	° C	33	21	22
(10) Línea de descarga – 100 mm del compresor	° C	80	99	98
(13) Salida del condensador – 50 mm del filtro secador	° C	55	49	48
(14) Línea de succión – 100 mm del compresor	° C	43	36	37
(15) Cuerpo del compresor – tope	° C	56	95	94
Congelador – CGC	° C	-8	-28	-28
Gabinete – tope	° C	-	-	-
Gabinete – medio	° C	37	0	-2
Gabinete – fondo	° C	-	-	-

Puntos Evaluados	Unidad	Picos	4 h	Estabilizado
Gabinete – cajón de verduras	° C	-	-	-
Presión equilibrada	Bar(abs)	-	-	-
Presión succión	Bar(abs)	1,2410563	0,13789514	0,1378951
Presión de descarga	Bar(abs)	17,926368	12,0658248	12,065825
Tiempo de <i>pull down</i> (tiempo para llegar a -18° C)	min	35 min		
Tiempo de prueba	h	24 h		
Posición del termostato		Corto	Corto	Corto

Tabla 3. Puntos evaluados en prueba experimental de RI-390

En la tabla 4 se presentan los resultados de los cálculos termodinámicos entre el ciclo de refrigeración ideal y real para su posterior análisis.

Cuadro de resultados				
Descripción	Ciclo ideal		Ciclo real	
Trabajo consumido por el compresor	0,05232	[KW]	0,065408	[KW]
Capacidad de refrigeración	407,61	[BTU/h]	502,91	[BTU/h]
Calor transferido del condensador	10,3	[KJ/min]	12,767	[KJ/min]
Coficiente de operación	3,46		2,25	

Tabla 4. Cuadro de resultados

En las siguientes tablas se indican los datos de placa y los resultados de cada uno de los puntos evaluados experimentalmente de la refrigeradora RI-480 no frost.

Compresor:	EMY70HER
Evaporador:	AEF1347
Condensador:	RI-480 11E
Refrigerante:	R134a
Carga de Refrigerante:	160 gramos

Tabla 5. Datos de placa del modelo RI-480 no frost

Puntos Evaluados	Unidad	Picos	4 h	Estabilizado
Temperatura ambiente	° C	38	38	38
V/Hz	V/Hz	124,3/60	124,3/60	124,3/60
Corriente	A	2,9	2,6	2,4
Potencia	W	360,47	323,18	298,32
(1) Evaporador – 150 mm de la entrada del evaporador en el gabinete	° C	-9	-22	-25
(2) Evaporador – salida	° C	9	-20	-23
(5) Línea de succión – 25 mm después del inicio del intercambiador de calor	° C	13	-17	-20
(6) Línea de succión – 125 mm después del inicio del intercambiador de calor	° C	13	-20	-23
(7) Línea de succión – 100 mm después del aislante	° C	-	-	-
(8) Placa fría – entrada/aire de entrada	° C	17	-10	-13
(9) Placa fría – salida/aire de salida	° C	11	-15	-18
(10) Línea de descarga – 100 mm del compresor	° C	97	106	103

Puntos Evaluados	Unidad	Picos	4 h	Estabilizado
(13) Salida del condensador – 50 mm del filtro secador	° C	59	50	49
(14) Línea de succión – 100 mm del compresor	° C	42	33	33
(15) Cuerpo del compresor – tope	° C	66	79	78
Congelador – CGC	° C	8	-17	-20
Gabinete – tope	° C	-	-	-
Gabinete – medio	° C	28	-4	-9
Gabinete – fondo	° C	-	-	-
Gabinete – cajón de verduras	° C	-	-	-
Presión equilibrada	Bar(abs)	-	-	-
Presión succión	Bar(abs)	1,0342136	0,48263299	0,2757903
Presión de descarga	Bar(abs)	16,202679	12,7553005	12,065825
Tiempo de <i>pull down</i> (tiempo para llegar a -18° C)	min	55 min		
Tiempo de prueba	h	24 h		
Posición del termostato		Corto	Corto	Corto

Tabla 6. Puntos evaluados en prueba experimental en RI-480

A continuación, se muestran los resultados de los valores calculados en el ciclo ideal y real de la refrigeradora no frost, para el análisis del ahorro energético:

Cuadro de resultados				
Descripción	Ciclo ideal		Ciclo real	
Trabajo consumido por el compresor	0,051	[KW]	0,064	[KW]
Capacidad de refrigeración	385,850	[BTU/h]	483,483	[BTU/h]
Calor transferido del condensador	9,834	[KJ/min]	12,313	[KJ/min]
Coefficiente de operación	3,353		2,230	

Tabla 7. Cuadro de resultados

Propuestas para la reducción del consumo de energía

Inclinación del condensador en la refrigeradora frost

Uno de los factores más importantes que inciden en el consumo de energía en un sistema de refrigeración es la presión de condensación, pues al reducirla se disminuye el trabajo del compresor.

La gran mayoría de refrigeradoras domésticas poseen el condensador en posición vertical, y se observa que en las partes superiores del mismo son bañadas por el aire caliente que asciende desde la parte inferior, disminuyendo su eficiencia; por el contrario, si el condensador se coloca inclinado, toda la superficie de transferencia de calor está bañada por aire a la temperatura ambiente, mejorando con ello la transferencia de calor y reduciendo la presión de condensación. Se observa que con un ángulo de inclinación del condensador de 6 grados respecto a la vertical, se logra reducir alrededor de un 10% del consumo de energía de los refrigeradores analizados, con un costo adicional mínimo.

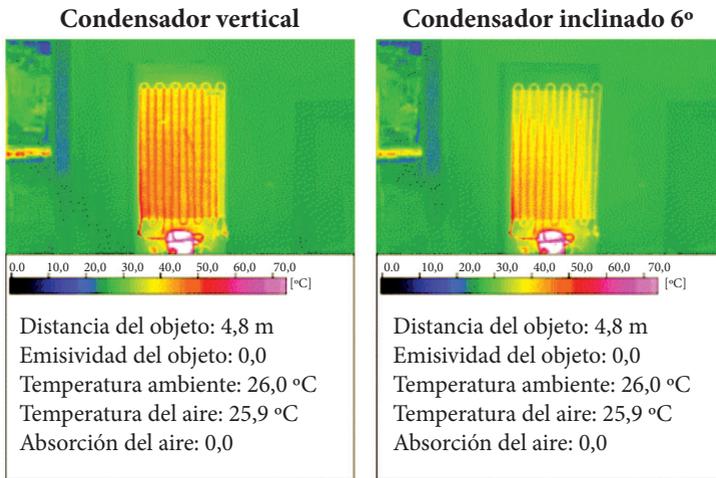


Figura 5. Termografía del condensador

En la figura 5 se muestran los resultados de las pruebas experimentales del consumo de energía en kilovatios hora por día (kWh/día) de una refrigeradora doméstica para distintos ángulos de inclinación del condensador respecto a la vertical.

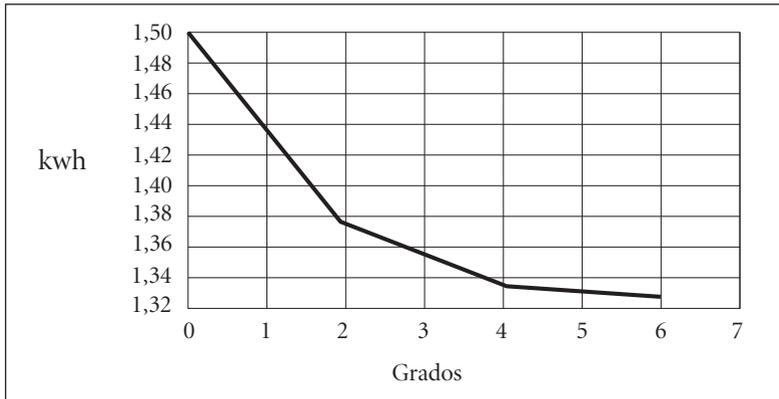


Figura 6. Resultados de pruebas de inclinación

Para tener una idea más clara de la nueva disposición del condensador inclinado, se muestra (figura 7) la forma en que se vería el condensador ensamblado en la parte posterior de la refrigeradora; a la vez, se observa una relación entre la longitud de separación, el ángulo y la longitud del condensador.

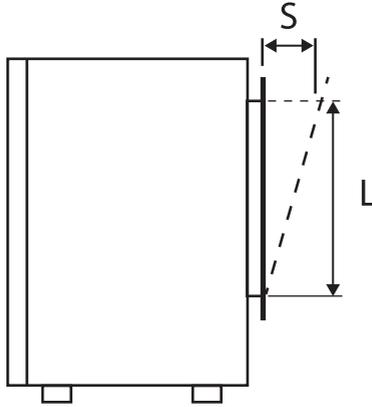


Figura 7. Esquema del condensado en la refrigeradora

Aislamiento en las dos refrigeradoras

La espuma de poliuretano actualmente se usa en las paredes y puertas de todas las refrigeradoras como aislante térmico, aunque algunos fabricantes usan todavía fibra de vidrio. Sin embargo, al remplazar la fibra de vidrio por espuma de polietileno con el mismo espesor, el flujo de calor a través de las paredes disminuye, por lo que el aislamiento térmico tiene una alta resistividad, constituyéndose en un gran potencial para ahorrar energía sin perder el espacio útil y dándole una mayor rigidez a la refrigeradora.

Del 75% al 90% de la energía requerida para refrigeración puede ser atribuida al desempeño térmico del gabinete y su aislamiento. Aumentando el espesor del aislamiento de 1,27 cm a 2,54 cm se puede incrementar la eficiencia global del refrigerador en un 10%. Las nuevas dimensiones de espesor se pueden obtener al dar valores a la siguiente ecuación que está en función de la ganancia de calor Q:

$$\Delta x_B = \left(\frac{T_1 - T_2}{Q_{par}} - \frac{\Delta x_A}{K_A \cdot A} - \frac{\Delta x_C}{K_C \cdot A} \right) K_B \cdot A$$

Donde Ax_b es el nuevo espesor

Desde hace 50 años, la tecnología de los materiales ha venido evolucionado para conseguir que los geles con base de silicón puedan secar sin encogerse, substituyendo el aire por agua. El material resultante comúnmente es en extremo poroso, con celdillas de muy baja densidad, las cuales, al hacerles un vacío de 0,1 atmósferas, alcanzan valores de conductividad de 6,5 mW/m-K con paneles de 1,27 cm (0,5 pulgadas) de espesor.

En cambio, el tamaño del poro del aerogel es muy pequeño (10 nm), por eso casi se elimina la convección de la fase gaseosa, mientras que las diminutas celdillas tienen un solo camino pequeño para la conducción, por lo que el modo dominante de transmisión de calor a través de un panel de aerogel es la radiación.

La más reciente investigación en aerogel se ha enfocado a sus propiedades como aislante térmico en ventanas (por ser un material translucido) y refrigeradoras domésticas. Las placas de aerogel se fabrican en un espesor que va de 0,75 a 1 pulgada (19 a 25 mm) y podrían ser empacadas en un panel o bolsa de plástico laminado. Esta puede ser una gran alternativa que ayudaría a mejorar el aislamiento térmico en las refrigeradoras, disminuyendo su espesor y aumentando su capacidad útil.

Cambio en el empaque magnético de los modelos RI-390 y RI-480

La geometría y el tipo de material que se emplea para sellar, permiten disminuir considerablemente las infiltraciones de aire y calor desde el exterior hacia el artefacto. Pero existe otra razón, como cuando el empaque no se une bien con las paredes y provoca fugas de aire húmedo, produciéndose condensación entre las paredes, aumentando el congelamiento interior y el consumo de energía por la necesidad de descongelamiento.

Además, el número de veces de apertura de la puerta del refrigerador y el tiempo que permanece abierta debe ser el menor posible, y debe verificarse que siempre quede bien cerrada, para lo

cual se puede implementar una alarma que emita un sonido cuando esta quede abierta, de manera que el usuario se preocupe por cerrar bien la puerta y evite un mayor consumo de energía.

Cambio de ventiladores en la refrigeradora no frost

Los ventiladores se usan para mejorar la transferencia de calor del evaporador (haciendo circular el aire) y obtener una mayor uniformidad de la temperatura a través de los compartimientos de los alimentos en las refrigeradoras no frost.

Los motores estándar de los ventiladores del evaporador consumen entre 10 a 16 W, adicionando calor al sistema de refrigeración, el cual también debe removerse. Los ventiladores se pueden optimizar empleando motores de alta eficiencia, mejorando los controladores y el diseño del evaporador.

Al reemplazar el motor del ventilador del evaporador por uno de alta eficiencia, el consumo se reduce a 4,5 W. Una de las desventajas es que estos motores son costosos.

Sustitución de mullion por un tubo anticondensación

Para lograr una reducción en el consumo de energía se puede cambiar el mullion (resistencia eléctrica) en la zona central (que se encarga de evitar la condensación alrededor del empaque magnético) por un tubo anticondensación que aprovecha el calor absorbido por el refrigerante en la evaporación y la compresión, conectándose a la salida del compresor para recorrerla en la parte frontal y central del congelador, teniendo en cuenta que la resistencia es un foco caliente que incide en la ganancia de la carga de refrigeración.

Cambio en la calibración del control de temperatura

El control de temperatura consiste en un diafragma metálico, uno de cuyos lados es una cámara herméticamente conectada a través de un tubo capilar a un bulbo sensor, el cual se ubica en un punto del evaporador o en la parte superior del gabinete, de manera que opere el contacto cerrándolo a una temperatura prefijada y abriéndolo en otra temperatura determinada por la calibración del actuador del control que opera el usuario. Para realizar este cambio tendría que estamparse una serigrafía con las siguientes condiciones:

Off = apagado del artefacto

1 = cuando existan pocos alimentos

2 = rango medio

3 = cuando el refrigerador se encuentre lleno de alimentos

Compresores de velocidad variable

Los variadores de velocidad mejoran la eficiencia y rentabilidad de los motores, se usan para aplicaciones comerciales e industriales y optimizan el funcionamiento del compresor del refrigerador, reduciendo el desgaste de los componentes eléctricos y mecánicos debido a que trabajan en conjunto, variando la velocidad y la carga.

Al funcionar continuamente y ajustar la capacidad, el equipo proporciona óptimas presiones en el intercambiador de calor y en el compresor, eliminando o minimizando la necesidad de parada y arranque. Esto representa una innovación tecnológica en ahorro de energía para cualquier sistema de refrigeración con un costo mayor del producto.

Estudio en los flujos de aire de las refrigeradoras frost y no frost

Para el análisis de flujos de aire dentro de los modelos de refrigeradoras se hace necesario la experimentación en laboratorio, para tal efecto se requiere una buena instrumentación y un progra-

ma de diseño asistido por computadora para realizar una simulación del comportamiento del aire en el interior de la refrigeradora.

El resultado del análisis mediante la grabación infrarroja aporta temperaturas vistas en color rojo cuando son calientes y azul cuando son frías. Esto permite identificar las áreas frías que pudieran ser fuente de generación de humedad y fugas de aire.

Diseño por simulación en computadora

Existen programas de computadora (software) que simulan el comportamiento completo de un refrigerador y de cada una de sus partes, como si se estuviera en pruebas reales de laboratorio. En la termografía de una refrigeradora abierta (figura 8) se observa que la distribución de temperaturas no es homogénea en todos los compartimentos del artefacto.

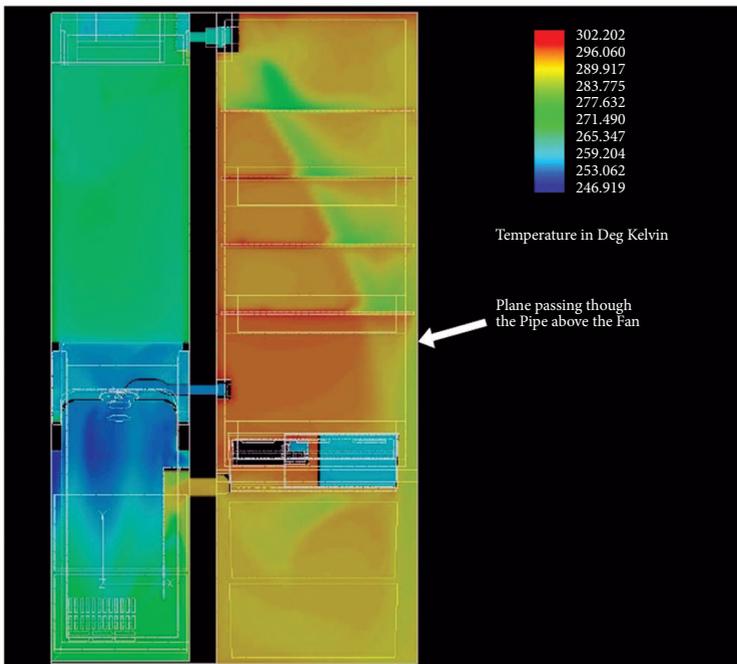


Figura 8. Simulación de un refrigerador mediante elementos finitos

El análisis no solo se centra en la temperatura, también se estudia el comportamiento del flujo de aire a través del ventilador, dando valores de velocidad a los que va a ser sometido el aire dentro de la refrigeradora, lo cual permite seleccionar un ventilador óptimo que mejore el flujo:

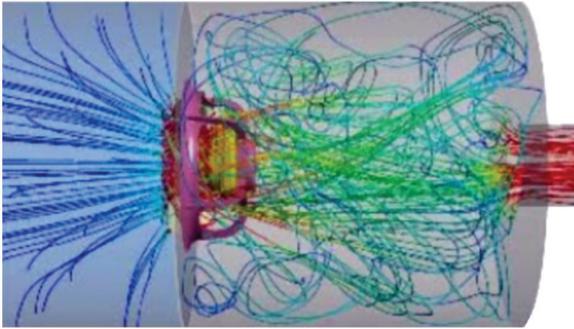


Figura 9. Simulación mediante computadora de un ventilador en un refrigerador no frost

El objetivo principal y el más importante de la simulación de temperaturas y velocidades de aire, es reducir el número de prototipos físicos que se requieren e incrementar iteraciones en análisis experimentales, optimizando el tiempo, desechando malos diseños y disminuyendo los costos de prueba.

Análisis de costos de las propuestas para las refrigeradoras

Implementación en la producción del modelo RI-390

En la siguiente tabla se presenta el análisis económico con las variaciones de cada uno de los costos para determinar el precio final de venta de la refrigeradora, luego de incluir los cambios de inclinación en el condensador, adición de aerogel, nuevo perfil

magnético, alarma en la puerta, cambio de la perilla y reducción en los vatios de la resistencia.

Todas las propuestas						
MODELOS	COSTO Materia prima	COSTO Mano de obra directa	GASTOS Indirectos	PRECIO Fábrica	UTILIDAD 30%	PRECIO De venta
RI-390	164	118	50	332	99	431

Tabla 8. Precio de venta final aplicando las propuestas más factibles

En el siguiente gráfico se indica el porcentaje de reducción del consumo energético y el ahorro total con las propuestas para la refrigeradora RI-390 frost:

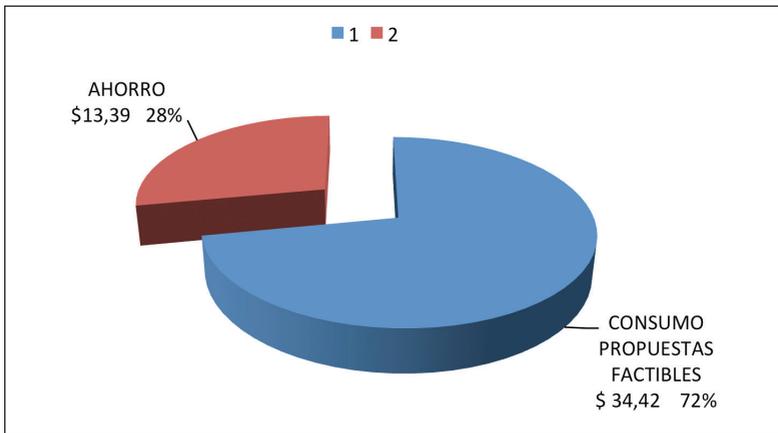


Figura 10. Ahorro económico con propuestas factibles

Implementación en la producción del modelo RI-480

Se realiza el análisis económico con las variaciones de los costos para cada una de las propuestas, determinando el precio final de venta del artefacto con los cambios de aislante aerogel, nuevo perfil magnético, alarma en la puerta, cambio de la perilla y cambio de mullion por tubo bundy.

Todas las propuestas						
MODELOS	COSTO Materia prima	COSTO Mano de obra directa	GASTOS Indirectos	PRECIO Fábrica	UTILIDAD 30%	PRECIO De venta
RI-480	217	158	67	442	132	574

Tabla 9. Precio de venta final aplicando las propuestas más factibles

En el siguiente gráfico se indica la reducción en el consumo energético y el ahorro total en las refrigeradoras RI-480.

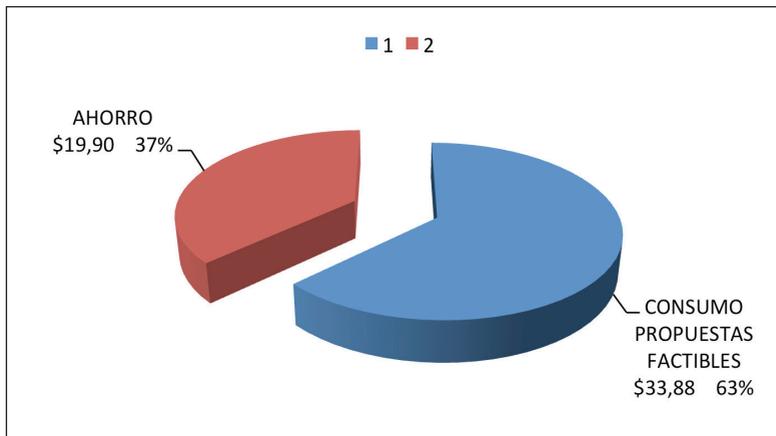


Figura 11. Ahorro económico con propuestas factibles

Conclusiones

El equilibrio térmico y la reducción en las pérdidas dentro del sistema dan como resultado una refrigeración óptima y con un menor consumo energético, es decir, se enfrían mayor cantidad de alimentos en menor tiempo.

Se concluye que las partes que consumen más energía son las resistencias eléctricas y evitándolas o disminuyendo sus potencias se tiene una disminución considerable en el consumo energético.

Conceptos tan sencillos como que el aire caliente tiende a subir y el aire frío tiende a bajar, hacen relevante la toma de decisiones en el diseño de un componente, en este caso, la inclinación del condensador, ahorrando un porcentaje significativo de energía.

La interacción con el ama de casa común también posibilita un mejor desempeño del artefacto, como se observa en las propuestas de la perilla de 3 posiciones, la alarma en la puerta y la adición del temporizador.

La simulación por computadora reduce la construcción de prototipos y la optimización de tiempos, pero de ninguna manera sustituye la construcción de un prototipo final que permita un acercamiento al diseño definitivo para su implementación en la producción. Si bien los diseños fallidos permiten un mejoramiento continuo, se debe evitar los procesos largos no fundamentados que retardan el desarrollo del artefacto.

Al realizar los cambios propuestos se disminuye la ganancia de calor y se reduce el consumo de energía, lo cual beneficiará al consumidor y a las ventas de estas refrigeradoras que fabrica Indurama, por ser un producto ahorrador.

Logrando reducir el consumo de energía eléctrica, a este producto se lo clasificará en tipo A según la norma RTE-35, pudiéndose exportar hacia otros países por cumplir estándares internacionales de calidad y eficiencia.

En lo posible, se debe evitar el uso de resistencias, compresores y motores eléctricos de baja eficiencia que aumentan el consumo de energía, a más de representar un foco caliente que puede reducir la capacidad de refrigeración.

Bibliografía

BAUMEISTER, Theodore *et al.*

1992 *Marks. Manual del ingeniero mecánico*. México: McGraw-Hill.

BRENNAN, Josue *et al.*

1998 *Las operaciones de la ingeniería de alimentos*. Zaragoza: Acribia.

HOLMAN, J.P.

1997 *Transferencia de calor*. México: McGraw-Hill.

INCROPERA, Frank y David De Witt

1999 *Fundamentos de transferencia de calor y masa*. México: Pearson/Prentice Hall.

MAESTRE, Melgarejo *et al.*

1993 *Nuevo curso de ingeniería del frío*. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Murcia.

QUEZADA, Miguel

1994 *Diseño y evaluación de proyectos*. Loja: UTPL.

WHITMAN, William

2004 *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*. Madrid: Paraninfo.