

# DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN UN REFRIGERADOR DOMÉSTICO

Angeles Lara Miguel (1), Belman Flores Juan Manuel (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | [m.angeleslara@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [jfbelman@ugto.mx]

## Resumen

Un estudio para conocer los hábitos de uso del refrigerador doméstico se llevó a cabo en este trabajo con el fin de identificar aquellos que pueden ser considerados como fallas, las cuales pueden evitar un buen comportamiento tanto térmico como energético. Dicho estudio consistió en la aplicación de 100 encuestas a habitantes del estado de Guanajuato, tras esto se pudo identificar que uno de los hábitos más recurrente es el de almacenar cantidades en exceso de alimentos en el refrigerador (exceso de carga térmica), razón por la cual se decidió reproducir experimentalmente dicho hábito. Para conocer su impacto en el comportamiento del refrigerador, éste fue instrumentado equipándolo con termopares y sondas de corriente CA, para así registrar las temperaturas en su interior, y su consumo energético, respectivamente. Se realizaron varias pruebas con diferentes niveles de carga térmica, y los resultados obtenidos muestran que el exceso de carga térmica genera temperaturas inadecuadas en el compartimiento de los alimentos, y un consumo energético promedio mayor que en algunos casos con niveles más bajos de carga térmica.

## Abstract

A study to know the habits of use of the domestic refrigerator was carried out in this work in order to identify those that can be considered as failures, which may avoid a good thermal and energetic behavior. This study consisted of the application of 100 surveys to inhabitants of the state of Guanajuato, after which it was possible to identify that one of the most recurrent habits is to store excess amounts of food in the refrigerator (excess heat load), which is why it was decided to experimentally reproduce that habit. In order to know its impact on the behavior of the refrigerator, it was instrumented by equipping it with thermocouples and AC current probes to record the temperatures inside, and its energy consumption, respectively. Several tests were carried out with different heat load levels, and the results obtained show that the excess heat load generates inadequate temperatures in the fresh food compartment, and a higher average energy consumption than in some cases with lower heat load levels.

### Palabras Clave

Refrigeración doméstica; Encuesta; Hábitos del usuario; Comportamiento térmico; Consumo energético

## INTRODUCCIÓN

El refrigerador es uno de los electrodomésticos más imprescindibles, puesto que permite el almacenamiento y conservación de los alimentos por periodos prolongados de tiempo, satisfaciendo así la necesidad de ingerir alimentos inocuos. Debido a esto, es uno de los dispositivos más ampliamente fabricados; actualmente, existen alrededor de 1 billón de refrigeradores en uso a nivel mundial [1]. Tan sólo en México, el 80% de los hogares poseen al menos un refrigerador, lo cual suma más de 23 millones de refrigeradores domésticos en uso [2]. Aunado a lo anterior, estos dispositivos —que en su mayoría funcionan de acuerdo con el ciclo de compresión de vapor— se hallan entre los electrodomésticos que más cantidad de energía consumen, por lo que cualquier impacto en el consumo de energía, éste se multiplicará [3].

Sin importar cuán bueno y funcional sea un refrigerador, su buen desempeño, así como la inocuidad de los alimentos no pueden ser totalmente garantizados. Los usuarios juegan un papel importante en materia de uso racional de la energía, así como en el adecuado comportamiento térmico del refrigerador, pues son ellos responsables de esto a través de buenas prácticas de refrigeración en los hogares. Consecuentemente, cuando se presentan fallas —debidas al usuario— en un refrigerador doméstico, pueden generarse tanto un incremento en su consumo de energía como temperaturas inadecuadas en su interior, y éstas a su vez favorecer la velocidad de crecimiento microbiano [4]. Dichas fallas, como pueden ser: exceso de carga térmica, ensuciamiento del condensador, mal uso del termostato, cercanía de fuentes potenciales de calor, entre otras, pueden atribuirse a la falta de conocimiento sobre el buen uso del refrigerador o a no llevar a la práctica dicho conocimiento.

El objetivo de este trabajo de verano es el de recaudar información acerca de los hábitos que tienen las personas relacionados con el uso del refrigerador doméstico, y así identificar aquellas fallas que se presentan en éste, esto a través de la aplicación de 100 encuestas a hogares de distintos municipios del estado de Guanajuato, México.

Adicionalmente, se reproducirán experimentalmente algunas de las fallas identificadas con el fin de analizar el impacto que éstas tienen sobre el comportamiento térmico y energético del refrigerador, esto con la finalidad de proponer mejoras en su comportamiento y uso.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo el conocimiento de los hábitos de uso, que algunos de ellos se pueden considerar como fallas, se realizaron una serie de preguntas que se dividieron en dos secciones: la primera dirigida a los encuestados a manera de entrevista; y la segunda dirigida al encuestador, quien por mera observación e inspección del refrigerador y su entorno era capaz de responderla. En la IMAGEN 1 se muestra la encuesta aplicada a los participantes.

ENCUESTA (USOS COTIDIANOS DEL REFRIGERADOR DOMÉSTICO) No. \_\_\_\_\_

- Tiempo que tiene con su refrigerador
- ¿Cuántos integrantes hay en la familia y que usan normalmente el refrigerador?
- Tiene conocimiento de cuál es la temperatura recomendada en los compartimientos (congelador y espacio de alimentos) del refrigerador
- ¿Su refrigerador hace escarcha (desconecta el refrigerador para el deshielo)?
- ¿Cada cuánto limpia su refrigerador (por dentro y por fuera)?
- Aproximadamente, ¿cuántas veces abre el refrigerador en un día?
- ¿Acostumbra a meter alimentos calientes?

### Encuestador:

- Fuentes de calor cercanas al refrigerador  
Ventana \_\_\_\_\_ estufa \_\_\_\_\_ otros \_\_\_\_\_
- Desgaste visual de los sellos del refrigerador \_\_\_\_\_
- ¿Qué posición tiene el termostato?  

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | 5 | 10 |
|---|---|----|
- Convección forzada \_\_\_\_\_, convección natural \_\_\_\_\_; serpentín \_\_\_\_\_, placa \_\_\_\_\_
- Tamaño del refrigerador:  
grande \_\_\_\_\_ mediano \_\_\_\_\_ pequeño \_\_\_\_\_

### Observaciones:

### IMAGEN 1: Encuesta utilizada para la identificación de fallas debidas al usuario en un refrigerador doméstico.

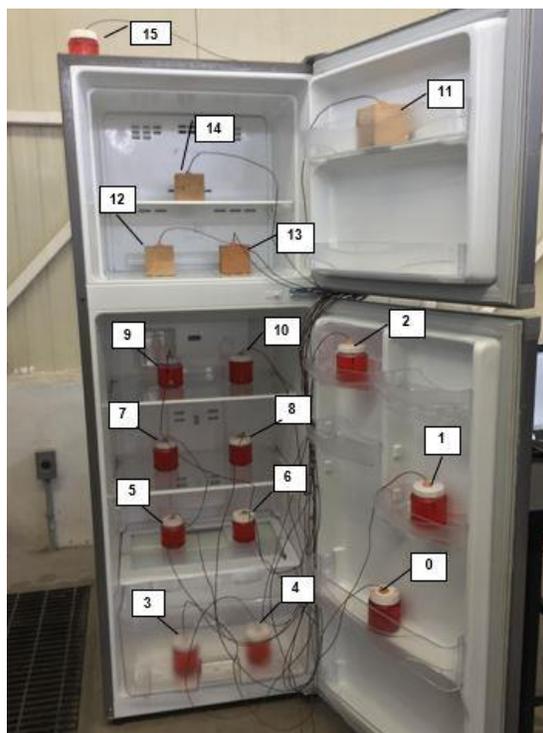
Entre las fallas que se pudieron identificar, la más recurrente fue el exceso de carga térmica (alimentos). Se consideró a ésta como una falla del usuario debido a que se cree que en esta situación (escenario) los alimentos pueden llegar a

obstruir los ductos de ventilación, evitando así una distribución de flujo adecuada y al mismo tiempo un comportamiento térmico alterado. A causa de lo anterior se decidió reproducir experimentalmente dicha falla. A continuación, en la IMAGEN 2, se muestra la evidencia fotográfica de dos casos extremos de carga térmica: carga baja (lado izquierdo) y; carga en exceso (lado derecho).

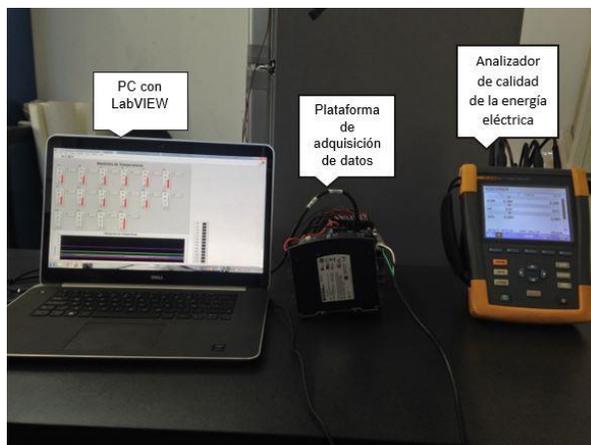


**IMAGEN 2:** Evidencia fotográfica de una de las fallas identificadas: exceso de carga térmica.

La representación experimental de dicha falla se llevó a cabo mediante la instrumentación de un refrigerador doméstico, el cual se equipó con 16 termopares tipo T: 12 de ellos colocados dentro de contenedores con una mezcla agua-glicol 50-50 en volumen, entre éstos, uno se situó en la parte exterior del refrigerador para registrar la temperatura de los alrededores, y el resto se situaron en diferentes partes del compartimento de los alimentos; los otros 4 se colocaron dentro de bloques de madera en diferentes partes del congelador. Las señales generadas por éstos fueron registradas mediante una plataforma de adquisición de datos y con ayuda de un programa en el software LabVIEW. Además, el refrigerador se equipó también con unas sondas de corriente CA conectadas a un analizador de calidad de la energía eléctrica, esto para analizar su comportamiento energético. En las IMÁGENES 3 y 4 se muestra la instrumentación y el equipo utilizado para analizar el comportamiento térmico y energético del refrigerador, respectivamente.



**IMAGEN 3:** Refrigerador doméstico equipado con termopares para analizar su comportamiento térmico.



**IMAGEN 4:** Equipo para la adquisición de datos de temperatura y energía.

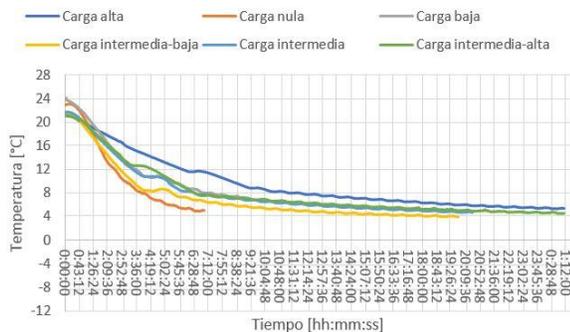
Para simular la carga térmica —los alimentos— se utilizaron contenedores con agua de diferentes volúmenes. Se realizaron varias pruebas haciendo funcionar el refrigerador de convección forzada en la posición intermedia del termostato (posición por defecto de fábrica) con distintos niveles de carga térmica y registrando las temperaturas en su

interior, así como su consumo energético durante el tiempo necesario para que éste alcanzara el equilibrio térmico.

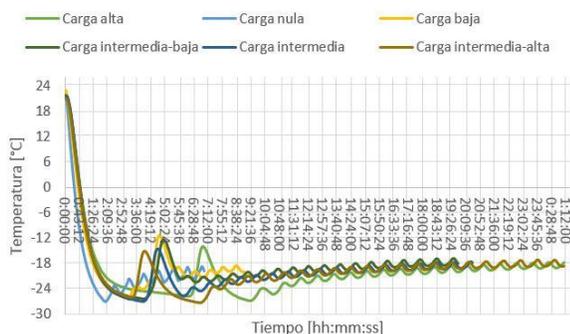
Al finalizar cada prueba se graficaron tanto las temperaturas como el consumo energético en función del tiempo para su posterior comparación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron seis pruebas, cada una con un nivel diferente de carga térmica: carga nula (ver IMAGEN 3), baja, intermedia-baja, intermedia, intermedia alta y alta. En las IMÁGENES 5 y 6 se muestran las gráficas de temperatura promedio en el compartimento de los alimentos y en el congelador en función del tiempo, respectivamente, que se obtuvieron para las distintas pruebas.



**IMAGEN 5: Historia de temperatura promedio en el compartimento de los alimentos.**



**IMAGEN 6: Historia de temperatura promedio en el congelador.**

En la Tabla 1 se presentan los valores promedio de la temperatura en el compartimento de los

alimentos y en el congelador —una vez alcanzado el equilibrio térmico— así como del consumo energético para las distintas pruebas.

Se pudo observar que hay una tendencia a aumentar el tiempo de encendido inicial del compresor del refrigerador, el tiempo que le toma alcanzar el equilibrio térmico, y de acuerdo con la Tabla 1 hay una tendencia a disminuir el consumo energético en el caso de las pruebas carga intermedia-baja a carga intermedia-alta, todo esto conforme aumenta la carga térmica. Sin embargo, esta última tendencia no resultó ser el caso de la prueba con carga alta, pues se registró un consumo de energía promedio mayor que el de las pruebas con cargas intermedias, además la temperatura promedio en el compartimento de los alimentos resultó ser mayor que la recomendada para la posición establecida del termostato (entre 3 y 4 °C), el tiempo que tomó alcanzar el equilibrio térmico fue de 27 horas aproximadamente (casi el triple que para el caso de carga nula).

## CONCLUSIONES

Algunos hábitos de uso del refrigerador doméstico son considerados como fallas. En este trabajo se reproduce de manera experimental una de las fallas identificadas a través de las encuestas realizadas: exceso de carga térmica. Además, se reporta el impacto que tiene ésta en el comportamiento térmico y energético del refrigerador.

Con los resultados obtenidos se pudo comprobar que efectivamente el exceso de carga térmica es una falla del usuario, pues provoca que se tengan temperaturas no apropiadas en el interior del refrigerador, le tome más tiempo en alcanzar el equilibrio térmico, y consuma en promedio mayor energía eléctrica en comparación a cuando se tienen niveles más bajos de carga térmica.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco por la oportunidad de haber podido participar en este trabajo al Dr. Juan Manuel Belman Flores, mi asesor, y a la estudiante de maestría Diana Pardo Cely por su apoyo brindado.

## REFERENCIAS

[1] Marques AC, Davies GF, Evans JA, Maidment GG, Wood ID. Novel design and performance enhancement of domestic refrigerators with thermal storage. Appl Ther, Eng 2014; 63:511-9.

[2] Centro Nacional de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): Volumen y valor de producción por clase de actividad y producto. Fabricación de aparatos eléctricos de uso doméstico: junio 2012 [www.inegi.org.mx/](http://www.inegi.org.mx/).

[3] Belman Flores, J. M., Barroso Maldonado, A. P., Rodríguez Muñoz, y Camacho Vázquez, G. Enhancements in domestic refrigeration, approaching a sustainable refrigerator – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, volumen 51, pp. 955-968.

[4] Janjic J., Katic V., Ivanovic J., Boskovic M., Starcevic M., Glamoclija N. y Baltic M. Z. (2016). Temperatures, cleanliness and food storage practises in domestic refrigerators in Serbia, Belgrade. International Journal of Consumer Studies, volumen 40, pp. 276-282. doi:10.1111.

**Tabla 1: Temperaturas promedio en el refrigerador y consumo energético promedio**

| Variables                                      | Pruebas realizadas con distintos niveles de carga térmica |           |                  |            |                 |           |
|--|---|-----------|------------------|------------|-----------------|-----------|
|  | Nula  | Baja      | Intermedia- baja | Intermedia | Intermedia-alta | Alta      |
| Temperatura del compartimento de los alimentos | 4.96 °C   | 7.32 °C   | 4.01 °C          | 4.81 °C    | 4.49 °C         | 5.24 °C   |
| Temperatura del congelador                     | -20.40 °C   | -19.37 °C | -17.79 °C        | -18.56 °C  | -18.00 °C       | -18.54 °C |
| Consumo energético                             | 70.44 W   | 92.93 W   | 67.47 W          | 66.71 W    | 60.56 W         | 69.15 W   |