



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Optimización del Sistema de
Deshielo de un Refrigerador
Doméstico sin Escarcha**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Mecánico Electricista

P R E S E N T A

José Luis Noguera Montalvo

ASESOR DE INFORME

M.I. Antonio Zepeda Sánchez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

Índice

| | |
|---|----|
| Objetivo | 1 |
| Capítulo 1. Descripción de la empresa | 1 |
| 1.1 Mabe. Historia Misión, Visión y Objetivos. | 1 |
| 1.2 Organigrama | 2 |
| 1.3 Objetivos y retos del ingeniero de diseño | 2 |
| Capítulo 2. Descripción del proyecto | 3 |
| 2.1 Antecedentes del proyecto | 3 |
| 2.2 Razones y necesidades de cambio | 5 |
| 2.3 Determinación de causa o causas raíz del problema | 6 |
| 2.4 Propuesta de solución y análisis de resultados | 20 |
| 2.5 Confirmación de la mejora o solución del problema | 30 |
| Capítulo 3. Conclusiones | 34 |
| Capítulo 4. Bibliografía | 35 |

Objetivo

Este proyecto tiene como objetivo determinar la causa raíz de la falla tipo “A” y la falla tipo “B”, implementar una solución y comprobar que la solución o soluciones propuestas eliminen los altos índices de llamadas asociados a dichas fallas.

Capítulo 1. Descripción de la empresa

1.1 Mabe. Historia, Misión, Visión y Objetivos

“ Mabe es una empresa orgullosamente mexicana, fundada en el año 1946 por Egon Mabardi y Francisco Berrondo, el nombre proviene de las 2 primeras letras de los apellidos de sus fundadores, en sus principios Mabe solo manufacturaba gabinetes y muebles de empotrar para cocina, para la década de los años 50 comenzó a manufacturar productos de línea blanca como cocinas a gas y refrigeradores, para la década de los años 60 se convirtió en el mayor exportador de electrodomésticos en México, actualmente cuenta con 18 plantas de producción, 20,000 empleados, presencia en más de 70 países alrededor del mundo y produce 13 millones de unidades al año entre los que se encuentran Refrigeradores, Microondas, Estufas, Lavadoras, Secadoras, Campanas extractoras , Aires Acondicionados, etc.

❖ Historia

Mabe es una empresa global con más de 70 años de historia, su liderazgo se ha basado en la innovación, diseño, tecnología, y entendimiento de los mercados en los que participa siempre en armonía con el medio ambiente y la sociedad que sirve.

❖ Objetivos

Entender las necesidades de sus clientes en sus hogares y poder satisfacerlas con productos de calidad, funcionales, con alto diseño y tecnología.

❖ Misión

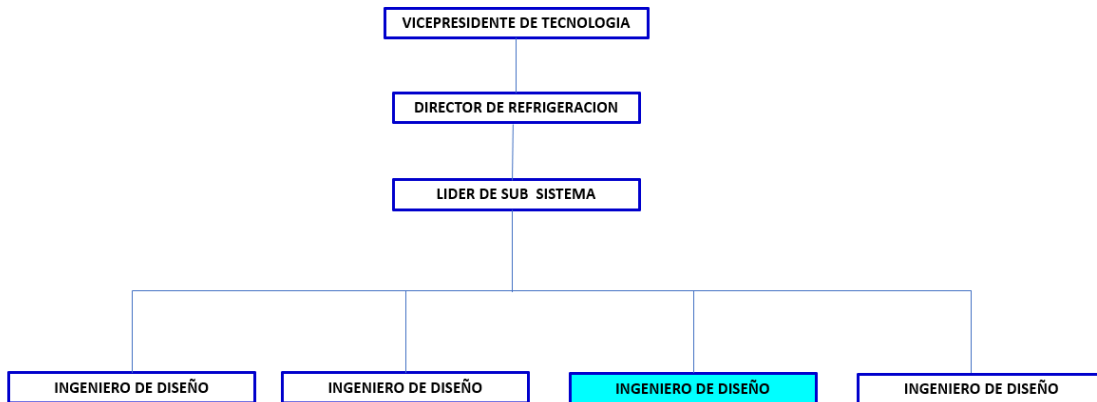
Desarrollar productos innovadores, de la más alta calidad, con un precio competitivo que satisfaga a millones de familias alrededor del mundo, generando la rentabilidad para nuestros socios y accionistas.

❖ Visión

Mabe tiene como visión el convertirse en el líder global del mercado de línea blanca, mejorando en todo momento, el mundo en el que vivimos. “ (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

1.2 Organigrama y descripción del puesto

ORGANIGRAMA



1.3 Objetivos y retos del ingeniero de diseño

❖ Objetivos

Desarrollo de nuevos productos (Refrigeradores Domésticos) asegurando el funcionamiento térmico, calidad, cumplimiento con los estándares nacional e internacionales aplicables, así como la satisfacción del cliente.

❖ Retos

Optimización y desarrollo del sistema de refrigeración para plataformas actuales y nuevas de refrigeradores domésticos.

Capítulo 2. Descripción del proyecto

2.1 Antecedentes del proyecto

Las siguientes fotografías fueron compartidas por los técnicos de servicio y ejemplifican las fallas a las que se estaban enfrentando, en dichas fotografías podemos observar la acumulación de hielo y escarcha en el evaporador, se determinaron los efectos de cada una de las fallas, encontrando que la falla del tipo “A” tenía como consecuencia una falta de capacidad de enfriamiento de las unidades llegando a provocar que los alimentos se echaran a perder, y la falla tipo “B” tenía como consecuencia un excesivo ruido generador por los refrigeradores ya que el ventilador rozaba con el hielo acumulado en el acumulador del evaporador, dicho nivel de ruido era bastante molesto para los clientes.

En la figura 1 muestra un evaporador con nivel alto de hielo. Así es como el personal de servicio encontró algunas unidades que presentaban falla.

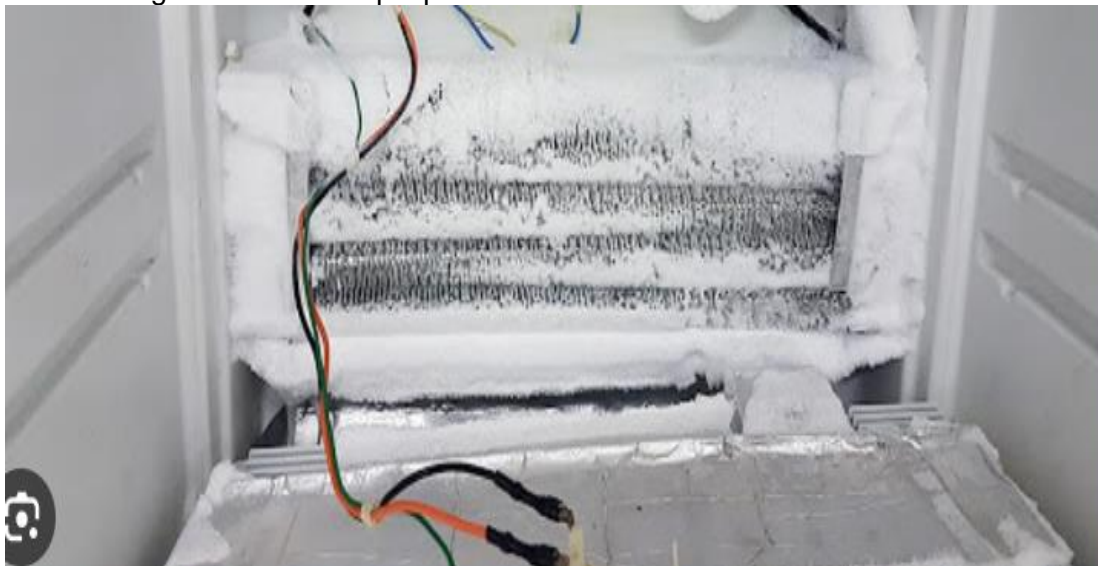


Figura 1. Nivel alto de hielo en el evaporador. Fuente: <https://www.facebook.com/MAC-Repara-10212109519872>.

En la figura 2 se muestra el nivel de escarcha que cubre al evaporador y al acumulador, la línea azul representa la posición que ocupa el ventilador y como se puede observar sus aspas rozan con el hielo que se formó en el acumulador.

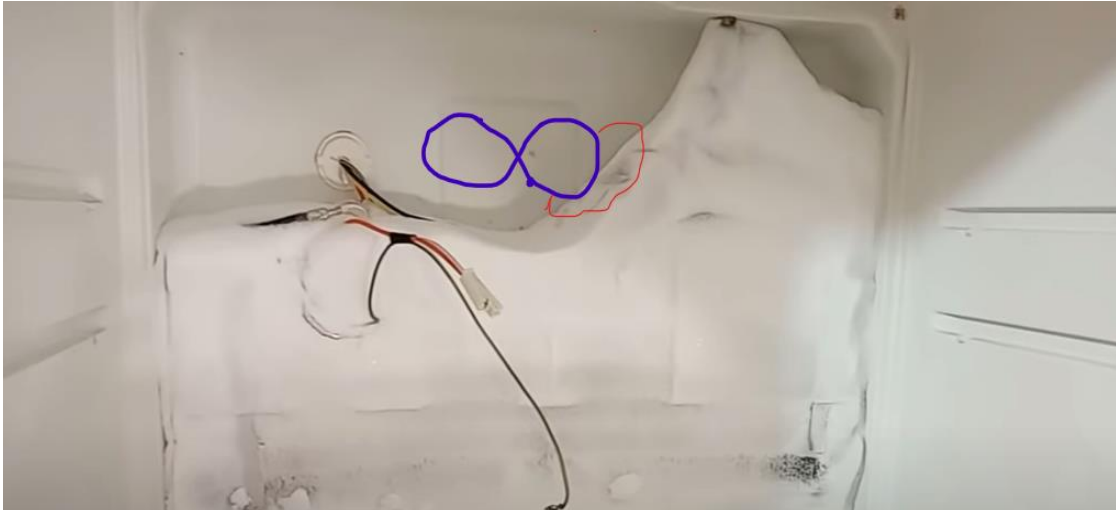


Figura 2. Nivel excesivo de hielo en el evaporador. Fuente: made in charly solutions curso de refrigeración

En esta fotografía podemos observar después de que el técnico ha iniciado el proceso de limpieza en la parte superior emerge el acumulador el cual en la fotografía anterior no se puede observar.

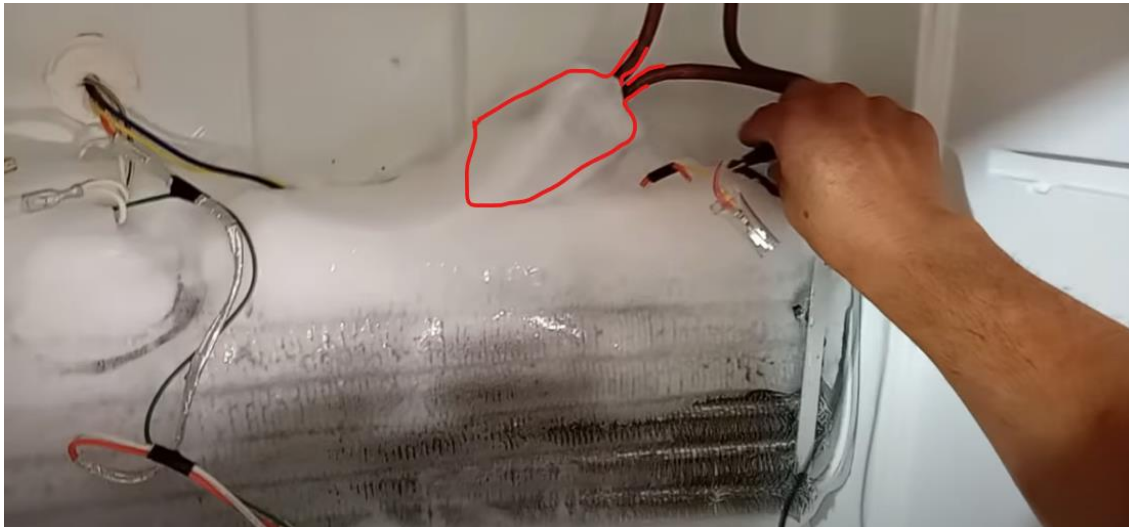


Figura 3. Evaporador en proceso de deshielo. Fuente: made in charly solutions curso de refrigeración

2.2 Razones y necesidades de cambio

Descripción de las actividades

En este apartado se realizará una pequeña descripción de las actividades desempeñadas en la empresa, específicamente para el proyecto optimización del sistema de deshielo de un refrigerador doméstico sin escarcha.

Introducción a la problemática

La compañía introdujo una nueva plataforma de refrigeradores en noviembre del 2004 dicha plataforma estaba conformada por 2 capacidades de almacenamiento distintas, una de 397 litros y la otra de 510 litros, este desarrollo se hizo con la intención de incrementar la participación de mercado, las características principales de estos nuevos refrigeradores era su apariencia estética innovadora, mejora en la conservación de alimentos por medio de un rediseño del sistema de flujo de aire y una disminución significativa en los niveles de ruido. 5 meses después del lanzamiento comenzó a observarse un incremento en el índice de llamadas de servicio (SCR) para dos tipos de fallas específicas, que llamaremos falla tipo "A" y falla tipo "B" con el paso del tiempo el índice de llamadas no se estabilizó sino que siguió incrementándose de manera inusual como se observa en las siguientes figuras.

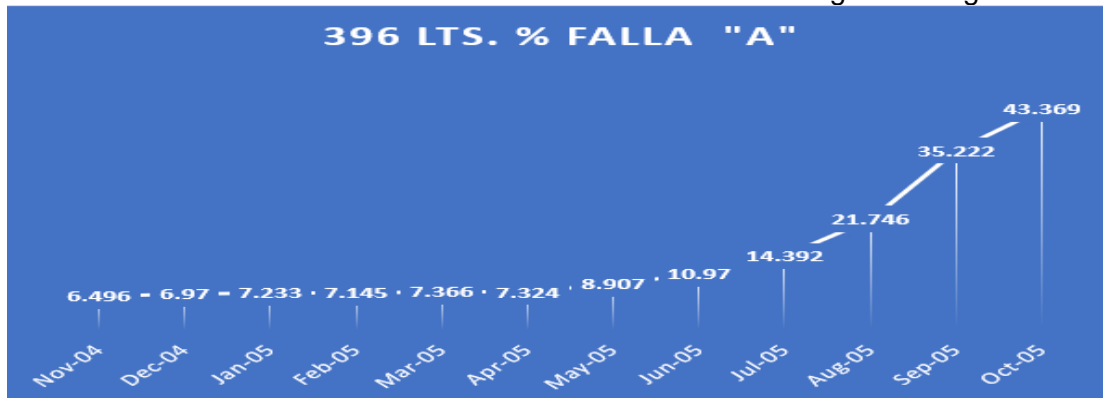


Figura 4. Esta gráfica muestra los datos de llamadas de servicio en un periodo de 12 meses donde se puede observar el incremento abrupto para la plataforma de 396 litros de capacidad.

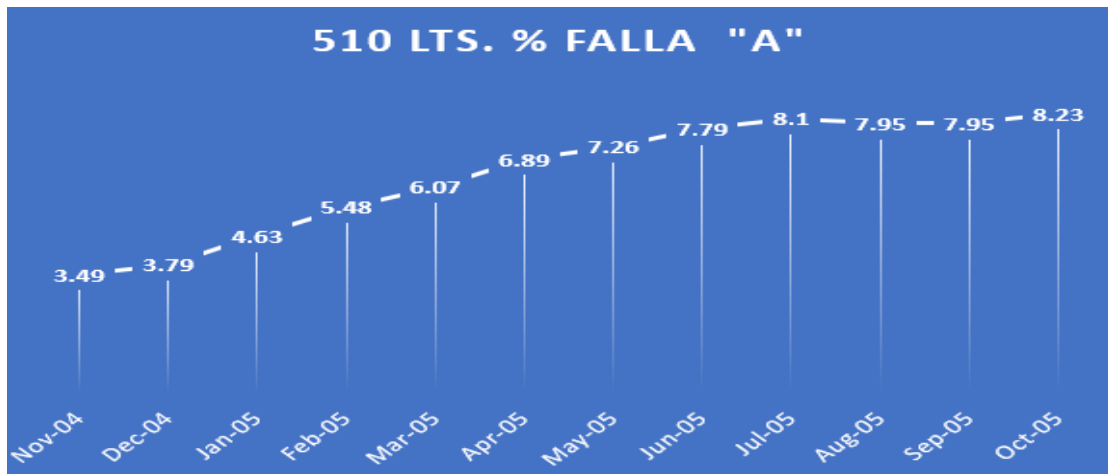


Figura 5. Esta gráfica muestra los datos de llamadas de servicio en un periodo de 12 meses donde se puede observar el incremento para la plataforma de 510 litros de capacidad.

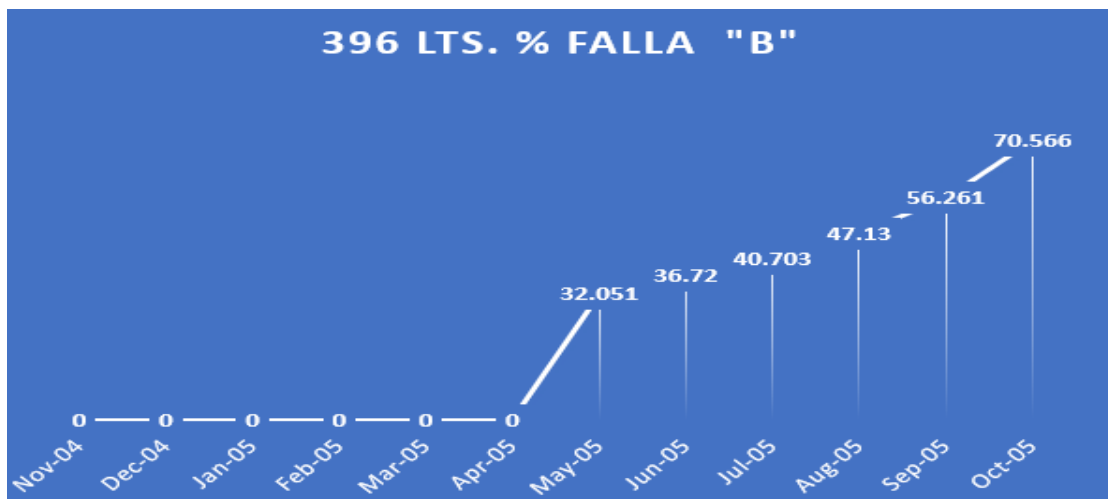


Figura 6. Esta gráfica muestra los datos de llamadas de servicio en un periodo de 12 meses donde se puede observar el incremento abrupto para la plataforma de 396 litros de capacidad.

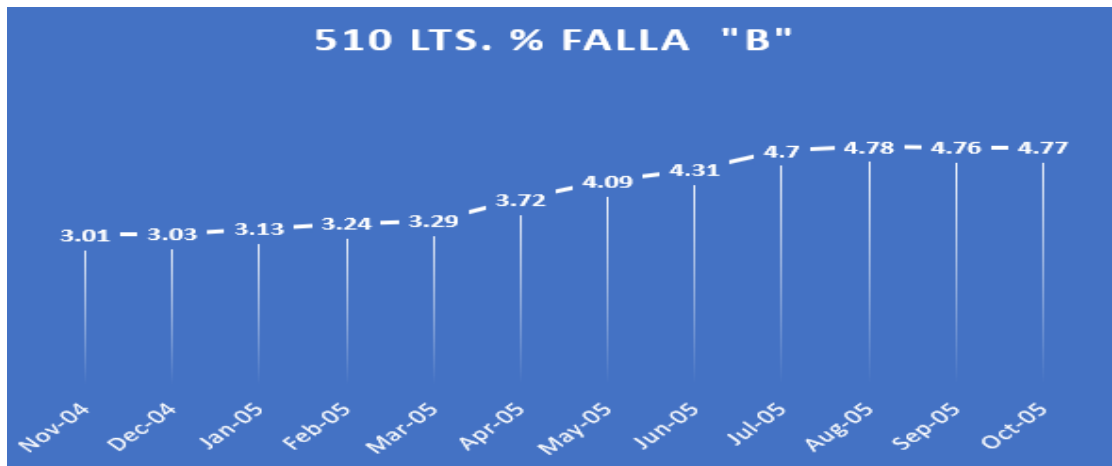


Figura 7. Esta gráfica muestra los datos de llamadas de servicio en un periodo de 12 meses donde se puede observar el incremento para la plataforma de 510 litros de capacidad.

2.3 Determinación de causa o causas raíz del problema

Después de revisar las fotografías el equipo determinó que el efecto de la falla "A" era una perdida parcial o total de la capacidad de enfriamiento de las unidades ya que la escarcha o congelamiento del evaporador aumenta la resistencia térmica a la transferencia de calor y dicha acumulación sobre las aletas o tubos reduce el espacio entre ellos impidiendo el paso de aire, por lo que el equipo se dio a la tarea de determinar la causa raíz de las fallas, mediante el uso de un diagrama causa-efecto (Ishikawa) como el que se muestra a continuación:

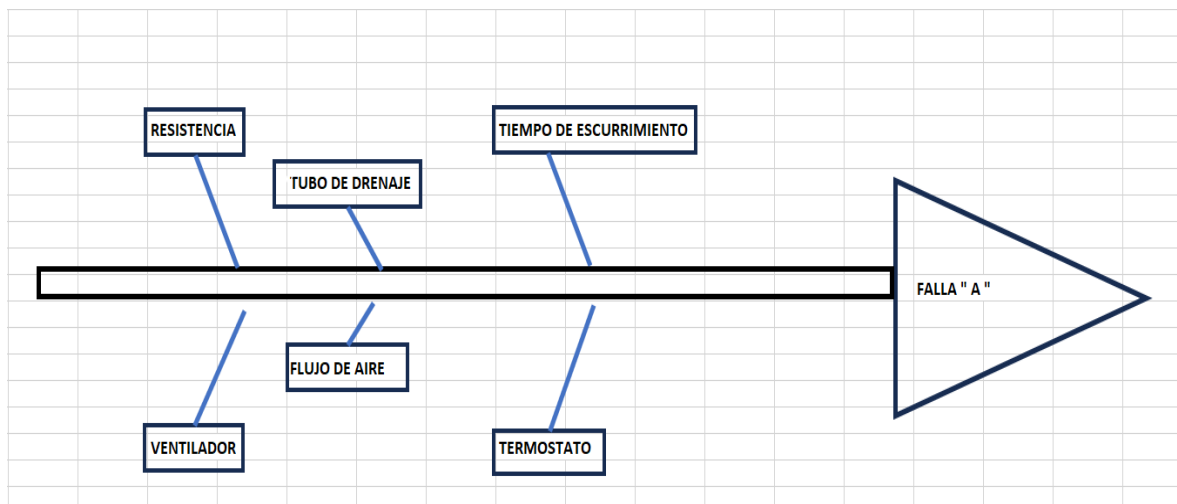


Figura 8. Causa-efecto para falla "A"

Se inició una lluvia de ideas que pudiera llevarnos a entender de manera más acertada las causas que generaban la falla "A", de ahí surgieron como posibles causas los siguientes componentes los cuales se listan a continuación:

1. Resistencia de deshielo
2. Termostato
3. Ventilador

4. Tubo de drenaje
5. Flujo de aire
6. Tiempo de escurrimiento

Resistencia de deshielo

La resistencia de deshielo es un elemento calefactor que se utiliza para descongelar el evaporador, está a través de la conversión de energía eléctrica en energía térmica incrementa la temperatura de las zonas deseadas por arriba de la temperatura de congelación, para así lograr mantener el evaporador libre de escarcha para evitar la pérdida de enfriamiento, dicha resistencia funciona de manera periódica de acuerdo con la lógica de control, después de revisar los datos de campo el equipo determinó que la resistencia no presentaba anomalía alguna, ninguna resistencia presentaba falla en ninguno de los casos que se revisaron en campo, por lo que el equipo descarto que la falla en este componente pudiera ser la causa raíz del problema.

EJEMPLO DE RESISTENCIA S DE DESHIELO PARA REFRIGERADOR DOMÉSTICO

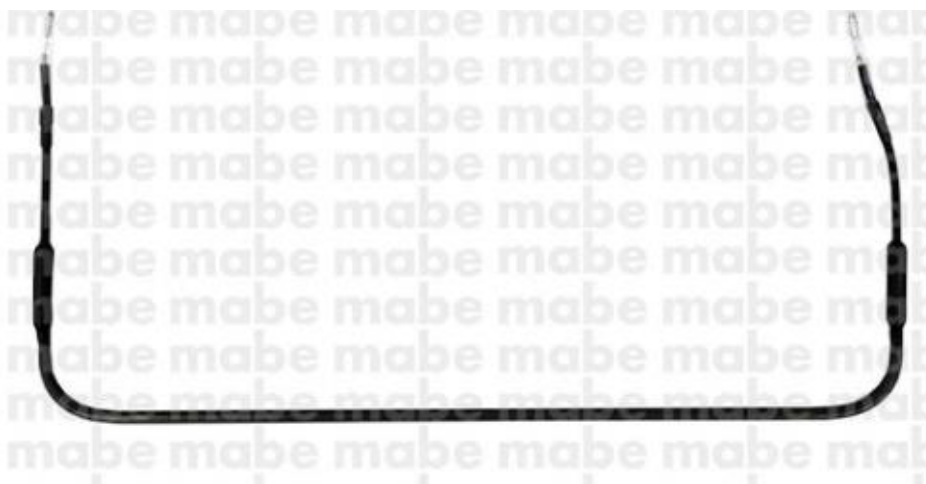


Figura 9. Resistencia de deshielo. Fuente: Controladora Mabe S.A.de CV. (s.f.). Obtenido de https://servicio.mabeglobal.com/es_MX/Refrigeraci%C3%B3n-Refacciones/Refrigeradores-Refacciones/Resistencia-de-Deshielo-115V-Sirius---WR01F02493/p/WR01F02493

Termostato de deshielo

Básicamente es un dispositivo que este compuesto por 2 metales que tienen distinto coeficiente de dilatación térmica se utiliza para cerrar o abrir el paso de corriente hacia la resistencia de deshielo dependiendo de la temperatura a la que se encuentra expuesto, en este caso el bimetálico se encuentra cerrado cuando el evaporador tiene bajas temperaturas y se abre en un rango de 3 a 5 grados por arriba de la temperatura de congelamiento con la intención de asegurar el deshielo del evaporador. Igual que en el caso de la resistencia de deshielo no presentaba anomalía alguna, por lo que el equipo descarto que la falla en este componente pudiera ser la causa raíz del problema.

EJEMPLO DE BIMETAL DE DESHIELO PARA REFRIGERADOR DOMÉSTICO

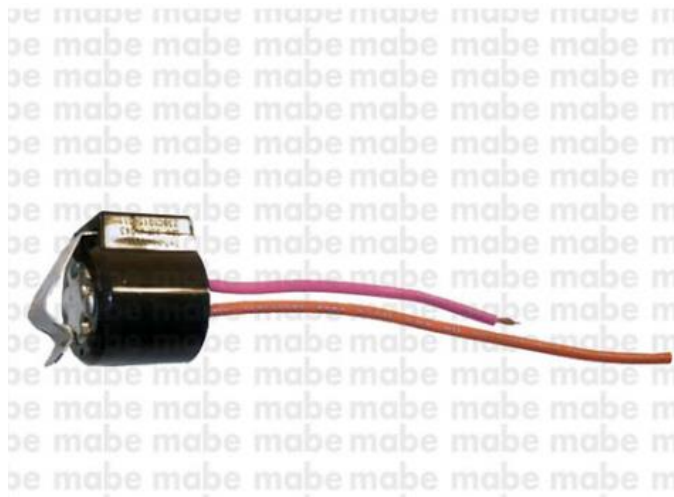


Figura 10. Fotografía que muestra un termostato de deshielo para refrigerador doméstico (Controladora Mabe S.A de C.V. (s.f.). Obtenido de https://servicio.mabeglobal.com/es_MX/Refrigeraci%C3%B3n-Refacciones/Refrigeradores-Refacciones/Termostato---WR01F02355/p/WR01F02355)

Ventilador

Es un motor eléctrico el cual tiene acoplada un aspa en su eje con la finalidad de mover el aire en el interior de los refrigeradores domésticos, una disminución o intermitencia en este componente puede provocar un bajo nivel de enfriamiento en las unidades, de acuerdo con la información de campo, los clientes reportaban el problema como refrigerador no enfría, después de realizar un análisis de llamadas y platicar con los técnicos de servicio se determinó que este componente tampoco presentaba fallas, por lo que el equipo descarto que fuera la causa raíz de la falla.

EJEMPLO DE VENTILADOR PARA REFRIGERADOR DOMÉSTICO



Figura 11. Ventilador axial para refrigerador doméstico (Controladora Mabe S.A de C.V. (s.f.). Obtenido de https://servicio.mabeglobal.com/es_MX/Refrigeraci%C3%B3n-Refacciones/Refrigeradores-Refacciones/Motor-Aspa-Ensamble-Mabe---WR01F02171/p/WR01F02171)

Tubo de drenaje

Como su nombre lo indica es un tubo con un conector en uno de sus extremos el cual se conecta generalmente al compartimento del evaporador con la finalidad de drenar al exterior el agua que se genera después del proceso de deshielo. En este caso muchas llamadas mostraban que este tubo se encontraba obstruido por hielo.

EJEMPLO DE TUBO DE DRENAJE PARA REFRIGERADOR DOMÉSTICO



Figura 12. Tubo de drenaje para refrigerador doméstico. (THRIFTY APPLIANCE PARTS LLC, 2023)

THRIFTY APPLIANCE PARTS LLC. (2023). Obtenido de https://www.thriftyapplianceparts.com/w10619951-refrigerator-drain-tube-replacement/?gad=1&gclid=Cj0KCCQjw0bunBhD9ARIsAAZIOE0Vs4IATKg486LAbe-JOD_kXxa_8c-xjAvhrIQ9DSDrP-VjU5m6NY0aArOKEALw_wcB

Flujo de aire

En el caso de la mayoría de los refrigeradores domésticos se utiliza un sistema de ventilación forzada con la finalidad de hacer pasar aire por los tubos del evaporador para que el proceso de remoción de calor se lleve a cabo entre este y el refrigerante que fluye dentro de los tubos del evaporador, con lo que respecta a los reportes de campo todos los técnicos reportaban que las unidades si presentaban el adecuado flujo de aire basado en las especificaciones dadas por el equipo de diseño. Por lo que se descartó que el flujo de aire fuera la causa raíz del problema.

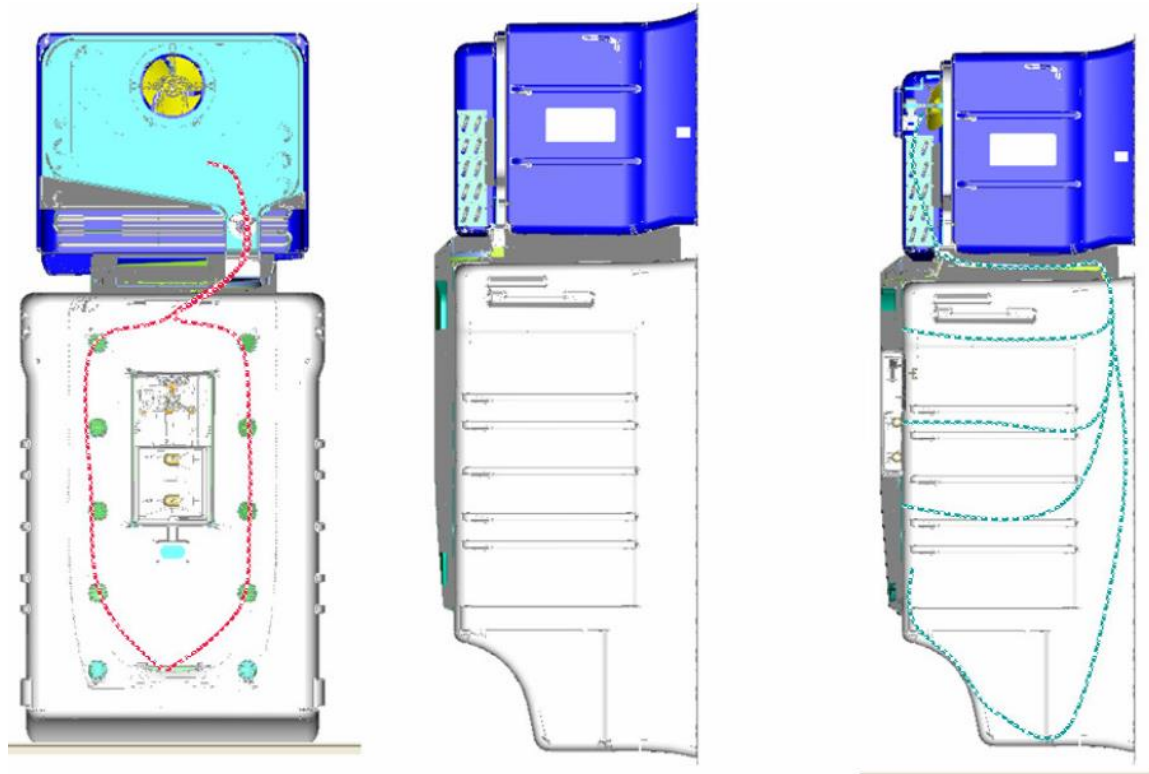


Figura 13. Flujo de aire al interior del refrigerador (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Tiempo de escurrimiento

Este concepto se refiere al tiempo en el que el sistema de enfriamiento o refrigeración permanece apagado después de que la resistencia de deshielo terminó su ciclo, esto con la finalidad de garantizar que toda el agua producto del proceso de deshielo se lleve fuera del área del evaporador antes de comenzar el nuevo ciclo de congelación para evitar que el agua quede atrapada dentro del compartimento y se congele nuevamente. Una vez que el técnico realizaba el servicio y dejaba trabajando la unidad regresaba a las 72 horas con la finalidad de inducir un deshielo y verificar que dicho tiempo estuviera dentro de los parámetros establecidos por el

equipo de diseño, los reportes mostraron que en ninguno de los casos este parámetro fuera incorrecto, por lo que se descarto este concepto como la causa raíz del problema.

Después de revisar las figuras 2 y 3 se determinó que el efecto de la falla "B" era un excesivo nivel de ruido, aun y cuando se decidió seguir el mismo procedimiento que se utilizó para determinar la causa raíz de la falla tipo "A" mediante el uso de un diagrama causa-efecto (Ishikawa) como el que se muestra a continuación, se pudo concluir que la causa del fenómeno estaba asociada a la acumulación de escarcha y hielo en el acumulador lo cual provocaba que las aspas del ventilador rozaran y diera como resultado un excesivo nivel de ruido por lo que se decidió resolver la falla tipo A y corroborar que una vez resuelto ese problema, la falla tipo "B" también desaparecería.

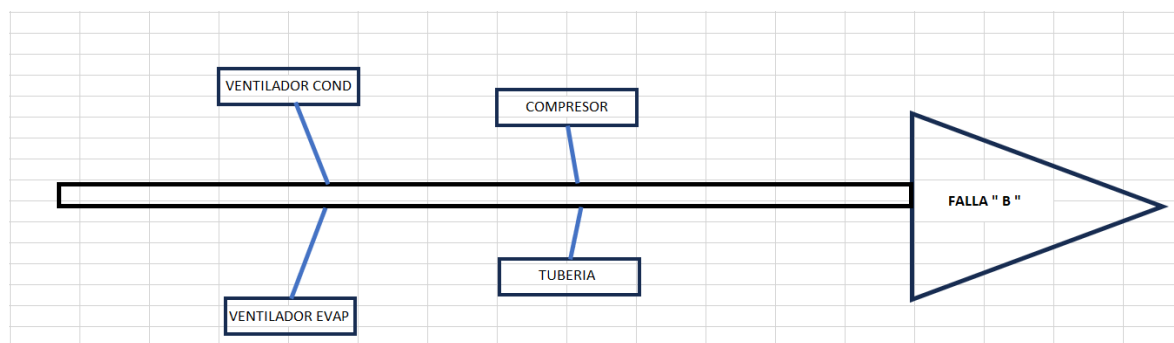


Figura 14. Causa-efecto para falla "B "

Después de concluir el análisis mediante el uso del diagrama de Ishikawa se observa que el tubo dren fue el único componente que presento algún tipo de anomalía en campo, ya que todos los reportes indicaban que dicho componente esta obstruido por hielo, sin embargo aún no se entendía como se presentaba el fenómeno de obstrucción por hielo y cual era su origen, indagando más profundamente en la información de los datos otro detalle importante que se observó fue que la mayoría de las llamadas de servicio se estaban presentando en zonas geográficas con un historial de humedad elevados al identificar esta particularidad se decidió tratar de reproducir el fenómeno utilizando 3 muestras las cuales fueron sometidas a prueba bajo condiciones extremas haciendo uso de una cámara térmica donde se puede controlar la temperatura y humedad del ambiente. El objetivo primordial de esta prueba estandarizada es determinar si el sistema de deshielo es capaz de mantener el evaporador libre de formación de hielo, sometiendo las unidades a altos porcentajes de humedad relativa con el fin de que el evaporador se sature, así mismo se programa apertura de puertas durante un periodo determinado de tiempo, y el resto se mantienen cerradas, dicha prueba tiene una duración de 14 días, la frecuencia y duración de los periodos de deshielos es determinada por la lógica de control, las condiciones de prueba fueron las siguientes:

Condiciones de prueba extrema (Alta humedad)

- Primeras 8 horas de prueba
 1. Temperatura ambiente 32.2°C
 2. Humedad relativa 65%
- Restantes 16 horas de prueba.
 1. Temperatura Ambiente 25.5°C
 2. Humedad Relativa 85%

- Aperturas de puertas

| Días | Aperturas | Tiempo |
|---|--------------|----------|
| 1. 1 al 4 | 120 R – 30 C | 16 horas |
| 2. 5 al 6 | 150 R – 40 C | 16 horas |
| 3. 7 al 14 | 120 R – 30 C | 16 horas |
| 4. Angulo de apertura 90° | | |
| 5. Tiempo de apertura puertas 30 segundos | | |

Al concluir la prueba se observaron varias áreas donde se tenía una gran acumulación de hielo, dichas condiciones encontradas se muestran en las siguientes figuras.

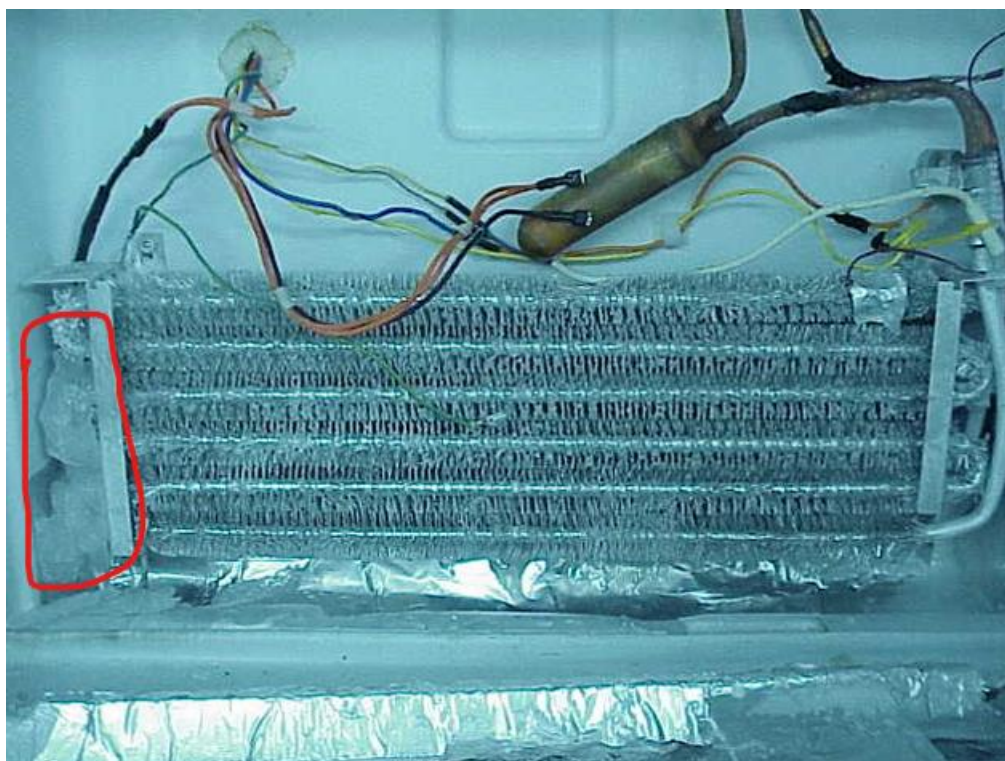


Figura 15. Evaporador con acumulación en lateral izquierdo. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

En la figura 15 Se puede observar claramente acumulación de hielo en el lateral izquierdo del evaporador, así mismo se observa en el piso de esa sección hielo acumulado, es precisamente en el lado izquierdo de la unidad donde se encuentra ubicado el orificio de drenaje del refrigerador, el cual estaba completamente obstruido por hielo, este fenómeno fue el reportado por los técnicos que atendieron las llamadas de servicio.

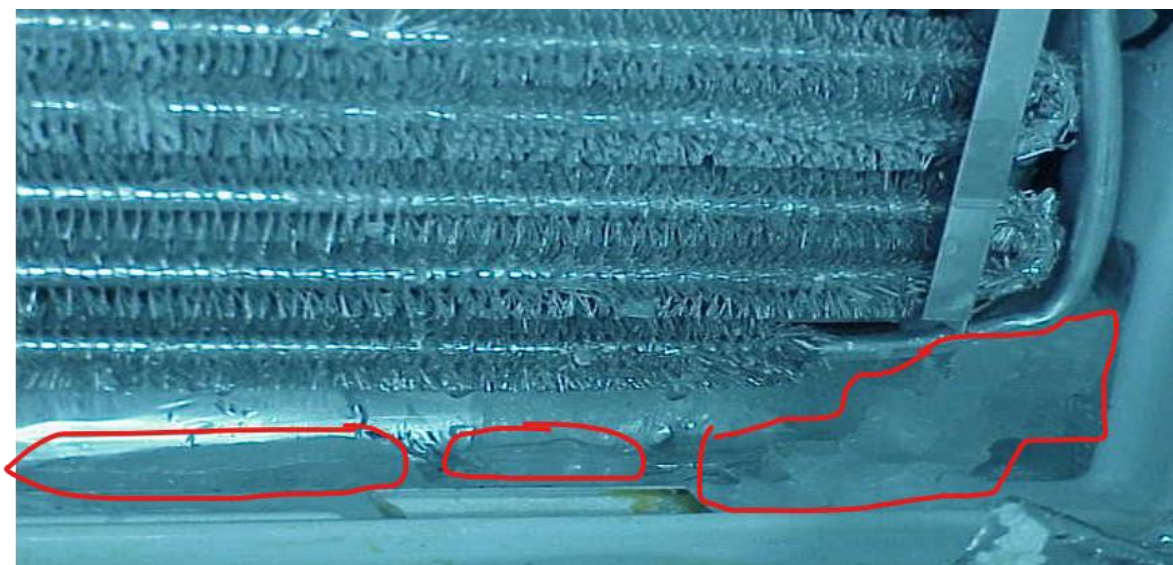


Figura 16. Evaporador con acumulación de hielo en lateral derecho y piso. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

En la figura 16 se puede observar claramente acumulación de hielo en el lateral derecho del evaporador, así mismo se observa en el piso de esa sección hielo acumulado, al igual que en la figura anterior las evidencias de formación de hielo en las áreas indicadas coinciden con los reportes de servicio.

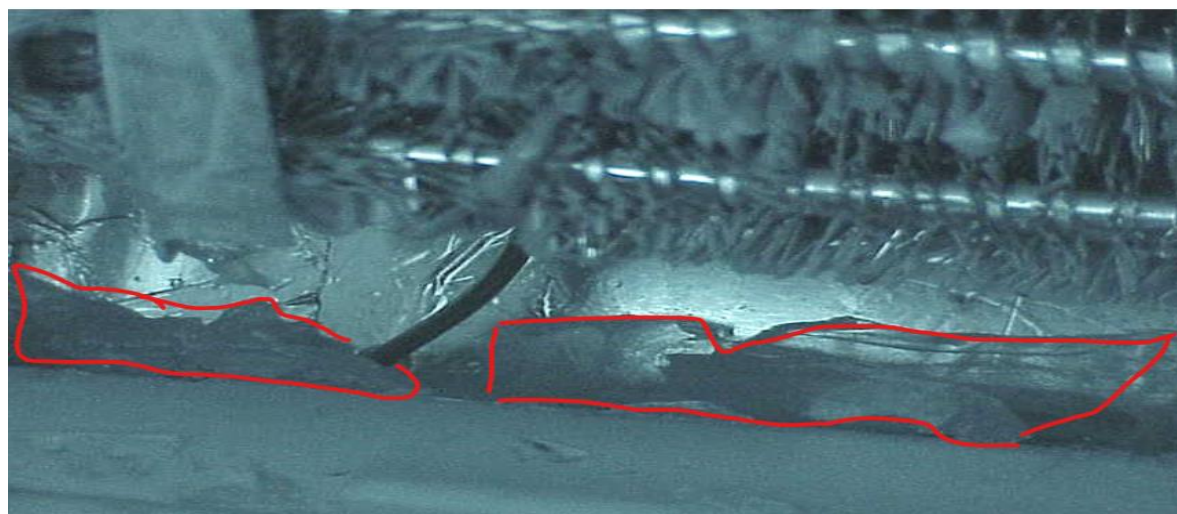


Figura 17. Acumulación de hielo en piso. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

En la figura 17 se puede observar claramente acumulación de hielo en el piso, en este caso el orificio de drenaje se encuentra precisamente en esa sección y confirmamos que dicho orificio se encuentra completamente obstruido por el hielo lo cual impide que el agua producto del proceso de deshielo sea drenada al exterior de igual forma este fenómeno coincide con los reportes de servicio.

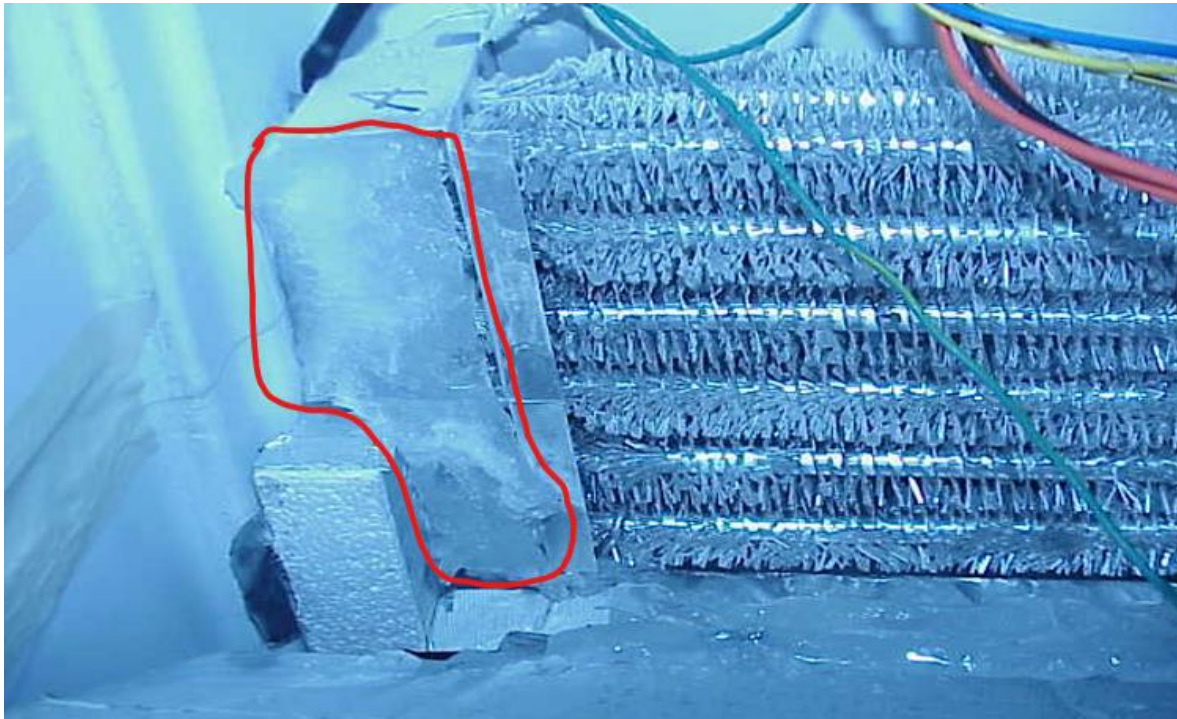


Figura 18. Acumulación de hielo en lateral del evaporador (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Como podemos apreciar en las fotografías anteriores el fenómeno de formación de hielo en el área del evaporador pudo ser reproducido aun y que los evaporadores se observan limpios con el paso del tiempo estos llegaran a escarcharse de la misma forma que se observó en los reportes de campo, ya que con el tubo dren obstruido por hielo aun y que el proceso de deshielo ocurra al menos una vez cada 24 horas la humedad capturada por el evaporador no podrá ser drenada fuera de las unidades y se seguirá acumulando hasta que llegue el momento que todo el evaporador este obstruido por hielo y esto tendrá como consecuencia una disminución en la eficiencia de remoción de calor, el ciclo de refrigeración será continuo lo cual incrementara el consumo de energía ya que este solo se detendrá cuando la unidad entre en proceso de deshielo, la formación de hielo en el evaporador y acumulador causara que las aspas del ventilador rocen con dicho hielo y se incrementara notablemente los nivel de ruido percibido por el cliente.

Posteriormente a la prueba los siguientes componentes fueron revisados, resistencia de deshielo, termostato, ventilador, tubo drenaje, con lo que respecta al flujo de aire el equipo reviso que fuera el correcto mediante mediciones con anemómetro, se revisaron la frecuencia de los deshielos y la duración de los mismo, así como el tiempo de escurrimiento para descartar que la causa del fenómeno observado fuera la falla de alguno de ellos, al no encontrar una causa evidente de falla se inició un análisis del modelo 3D para tratar de encontrar la causa raíz.

MODELO 3D Original

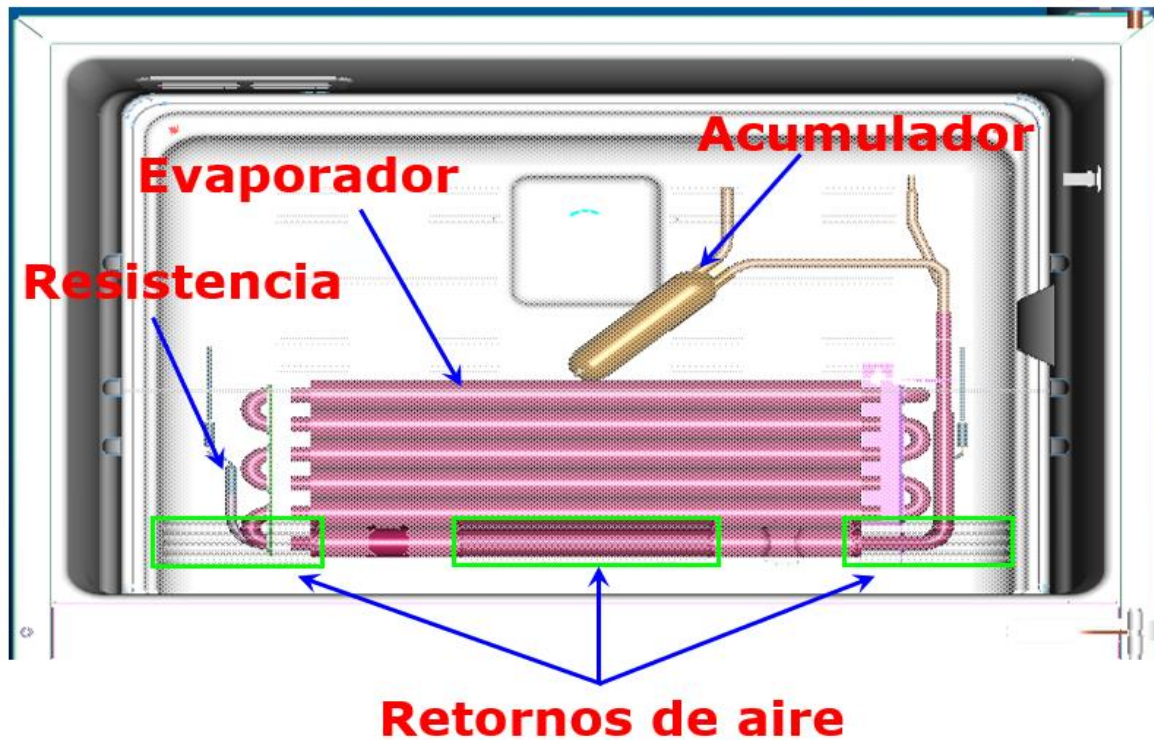


Figura 19. Ensamble original donde se puede observar el evaporador, acumulador, resistencia de deshielo y retornos de aire. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

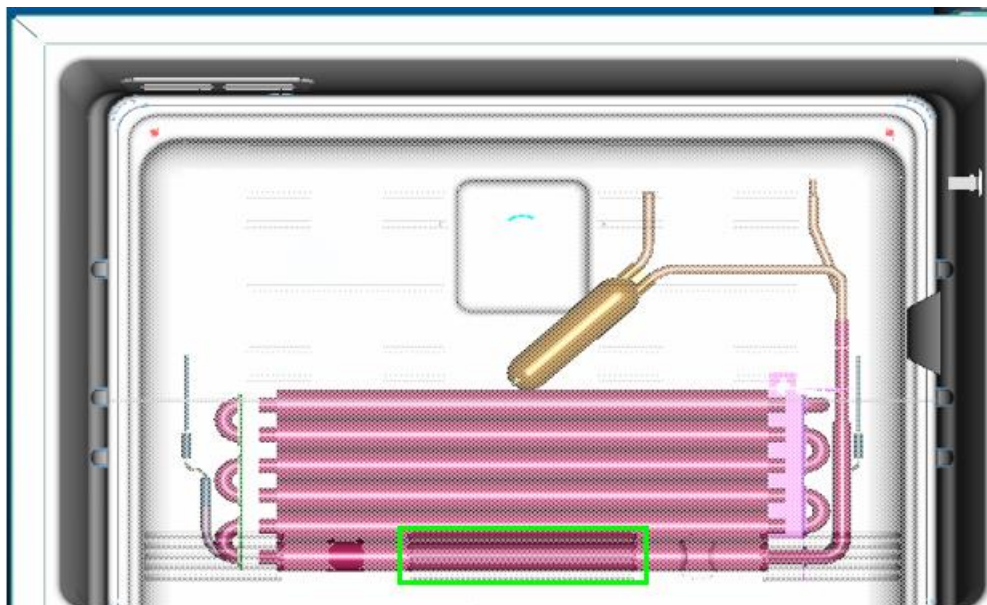


Figura 20. Ilustración que muestra en el recuadro verde el retorno central del área del congelador. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Al observar el retorno central de aire del área del congelador podemos darnos cuenta de que los primeros 2 tubos del evaporador obstruyen dicho flujo.

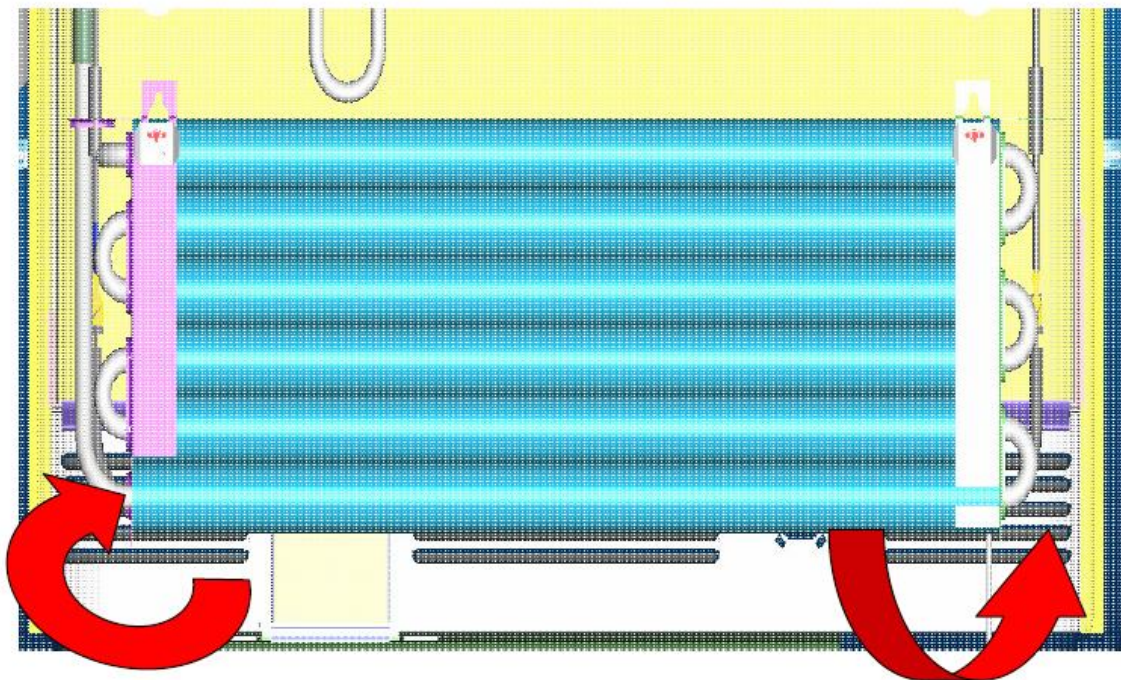


Figura 21. Ilustración donde se muestra los retornos de aire laterales de la cubierta evaporador en el área del congelador. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

En lo que respecta a los retornos laterales de la cubierta evaporador podemos observar que los laterales del evaporador es el área que menor resistencia opone al paso del aire, ocasionando que el aire no pase por el serpentín del evaporador ya que se crea una derivación, haciendo referencia a las figuras 15 y 18 podemos confirmar que también en dichas áreas se encontró evidencia de formación de hielo después de que las unidades fueron sometidas a la prueba extrema descrita anteriormente.

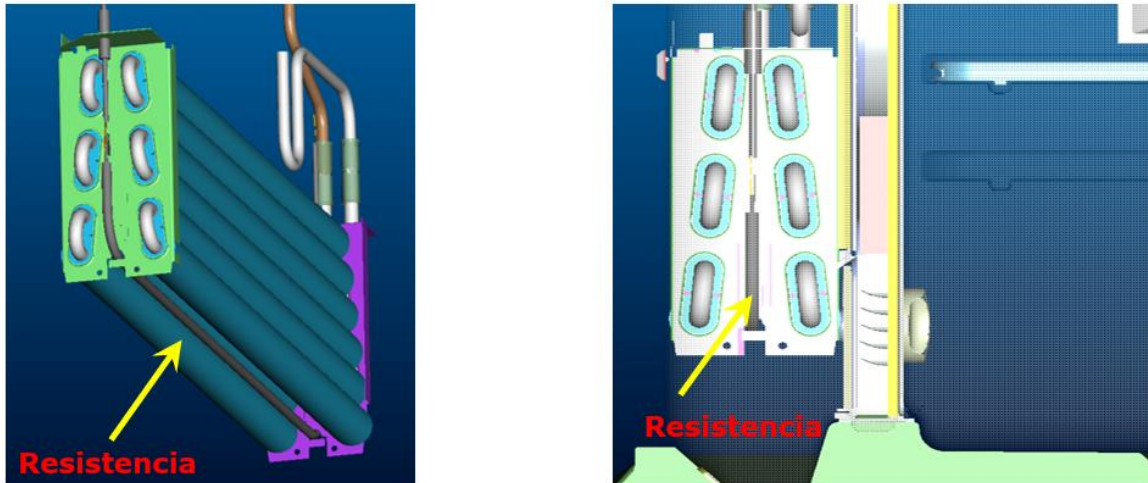


Figura 22. Ilustración donde se muestra la posición de la resistencia de deshielo. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Al realizar el análisis de la resistencia de deshielo nos percatamos que la posición no era la mas optima ya que se encuentra en medio de 2 tubos del evaporador, sabemos que el proceso de radiación se da a través del espacio mediante movimiento ondulatorio, pero un factor importante a considerar es la distancia que existe de los objetos con respecto a la fuente de calor, los objetos más cercanos a la fuente de calor absorberán mayor cantidad de calor que los que se encuentran mas alejados de dicha fuente.

Finalmente, después de realizar el análisis 3D de la configuración del área del evaporador de dichas unidades establecimos que las causas generadoras de las fallas de campo son las siguientes:

1. El retorno de aire central de la cubierta evaporador ubicado en el área del congelador se encuentran obstruido por los 2 primeros tubos del evaporador, sabemos que ese aire de retorno tiene una alta concentración de humedad y ya que la temperatura del evaporador es la más baja dentro del compartimiento toda esa humedad se depositará en estos dos primeros tubos con los que tiene contacto debido a la obstrucción, en lugar de distribuirse a lo largo de toda el área del evaporador que es lo que se espera.
2. La posición de la resistencia de deshielo en medio de los 2 primeros tubos del evaporador contribuye a que el calor generado por dicho elemento no se distribuya de manera uniforme, sabemos que el proceso de radiación se da a través del espacio mediante movimiento ondulatorio, pero un factor importante a considerar es la distancia que existe de los objetos con respecto a la fuente de calor, los objetos más cercanos a dicha fuente de calor absorberán mayor cantidad de calor que los que se encuentran más alejados de dicha fuente, ocasionando que algunas zonas del compartimiento no tengan el calor

necesario por consiguiente en dichas zonas la temperatura alcanzada no llega a estar por arriba de la temperatura de congelación del agua y esto trae como consecuencia que el hielo formado no sea derretido con la finalidad de drenar posteriormente dicha humedad, conforme el tiempo pasa dicha masa de hielo se va incrementando hasta llegar al punto de bloquear el paso del aire, reducir la eficiencia en la transferencia de calor del intercambiador, evitar el intercambio de flujo de aire entre ambos compartimentos y no existe forma de eliminar la humedad generada por medio del proceso de deshielo haciendo imposible que los alimentos almacenados sean conservados de manera adecuada.

3. Observamos que el espacio vacío que se tiene en ambos lados del evaporador a donde precisamente los retornos laterales están, es el área que menor resistencia opone al paso del aire, ocasionando que el aire no pase por el serpentín del evaporador ya que se crea un bypass, haciendo referencia a las figuras 15 y 18 podemos confirmar que también en dichas áreas se encontró evidencia de formación de hielo después de que las unidades fueron sometidas a la prueba extrema descrita anteriormente.

2.4 Propuesta de solución y análisis de resultados

Para evitar que el flujo de aire proveniente del retorno central del evaporador choque con los tubos del evaporador se realiza la propuesta de cambiar la posición del evaporador 5.08 cm por arriba de su posición original con la finalidad de que el flujo de aire de retorno no haga contacto inmediato con los tubos del evaporador y dicho aire pueda distribuirse uniformemente a través de toda el área del evaporador.

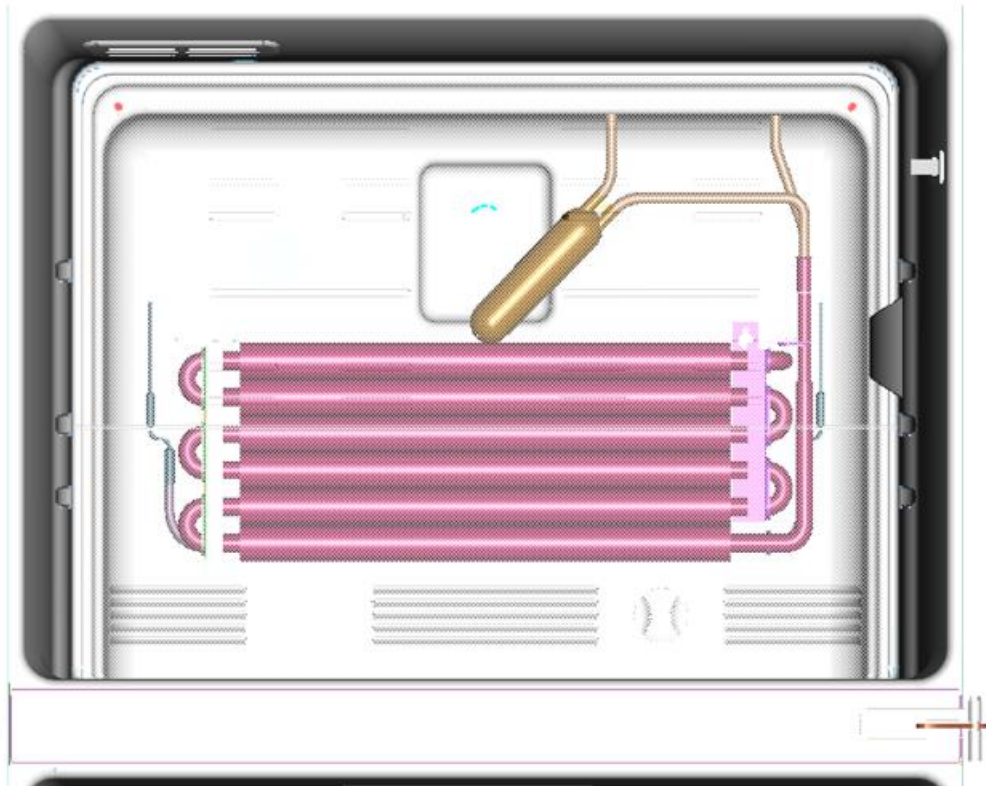


Figura 23. Ilustración donde se muestra la nueva posición del evaporador. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Al mover el evaporador de su posición original se generaron los siguientes problemas:

1. Acumulador interfiere con el motor ventilador.
2. Los apéndices de succión y capilar no caben en el espacio disponible.
3. El proceso de ensamble y soldadura se volvió complicado.
4. Se requiere una excesiva manipulación de los tubos lo cual esta generando como resultado restricciones en dichos tubos lo cual no es aceptable.
5. Finalmente, el ensamble de la cubierta evaporador se dificulta y dicha cubierta se abomba debido al acumulador lo cual afecta tanto funcionalmente como estéticamente el producto.

Para resolver los problemas arriba mencionados se rediseño el acumulador y el apéndice de succión, la propuesta que se observa en la figura 24 elimino todos los problemas arriba mencionados y genero las siguientes ventajas.

1. Eliminación de interferencia entre el motor ventilador y el acumulador lo cual reduce las llamadas de servicio.

2. Eliminación de un apéndice de cobre lo cual reduce costo del producto.
3. Eliminación de una operación de soldado lo cual reduce costo y mejora el tiempo de ciclo del proceso de ensamble.
4. Eliminación total de la posibilidad de obstrucción de las aspas del ventilador por hielo ya no existe contacto entre el acumulador y el motor ventilador lo cual contribuye a eliminar por completo la falla tipo “B”

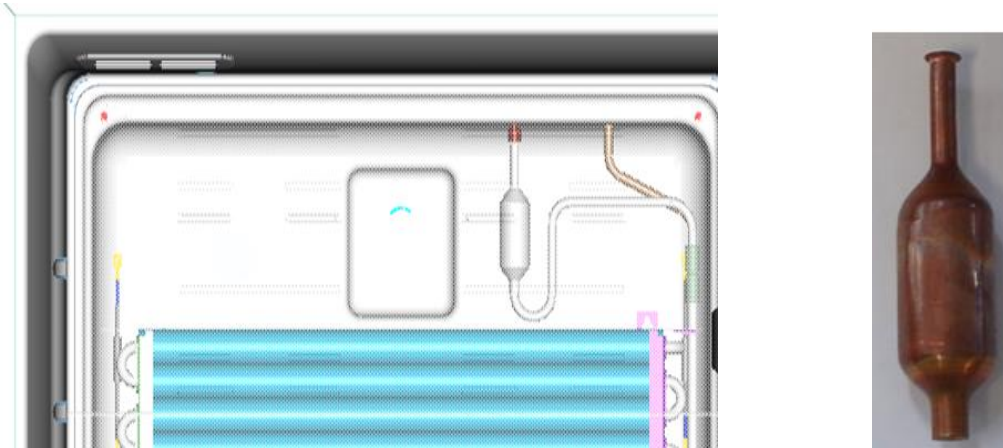


Figura 24. Ilustración donde se muestra el nuevo acumulador. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Con la finalidad de mejorar el proceso de deshielo del evaporador y áreas circundantes se realiza la propuesta de reubicar la resistencia de deshielo 2.5 centímetros por debajo de su posición original con la finalidad de que el calor generador se distribuya uniformemente en el compartimiento y permita que todas las áreas alcancen una temperatura arriba del punto de congelación y esto contribuya a la eliminación del hielo y escarcha permitiendo que dicha agua producto de el derretimiento del hielo pueda ser drenada a través del tubo de drenaje hacia el exterior de la unidad. Se propone adicionar dos soportes laterales que permiten ubicar la resistencia en la nueva posición propuesta, la figura 25 muestra los soportes laterales para la resistencia y la figura 26 muestra cómo se montaran dichos soportes laterales a los Brackets actuales del evaporador.

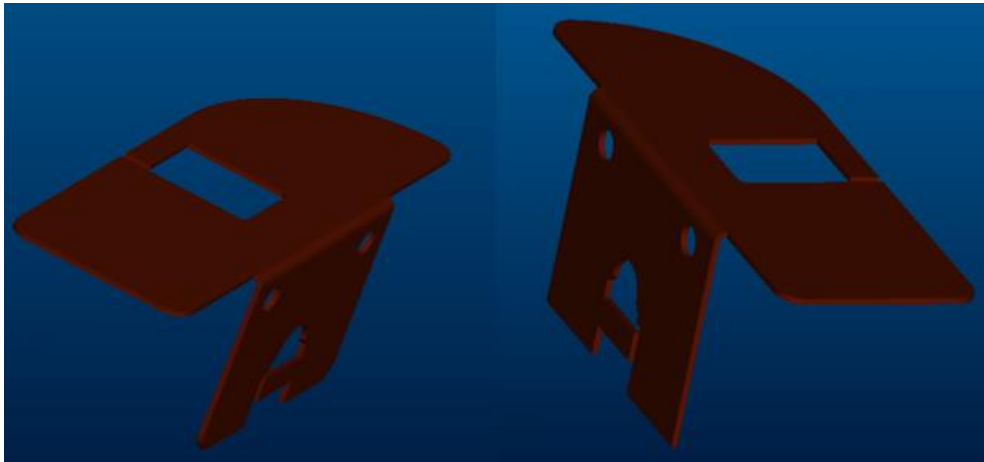


Figura 25. Ilustración donde se muestra soporte para resistencia de deshielo. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

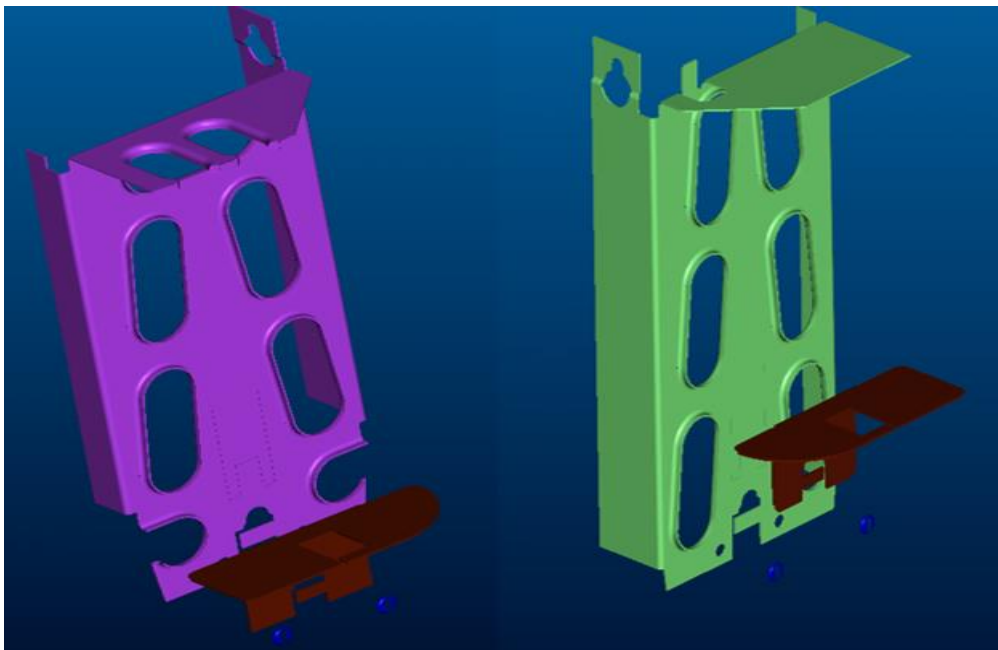


Figura 26. Ilustración donde se muestra ensamble de soporte para resistencia de deshielo en Brackets evaporador. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Para evitar que el flujo de aire proveniente de los retornos laterales de la cubierta evaporador siga la trayectoria que menor resistencia le opone se realiza la propuesta de sellar los laterales mediante el uso de unas almohadillas de material flexible para absorber cualquier variación en el proceso de espumado del gabinete o variación en el ensamble asegurando un sello entre los laterales de las paredes del compartimento y el evaporador y de esta manera forzar a que dicho aire de retorno pase por el evaporador como es la intención de diseño. Dichas almohadillas se montan sobre los soportes laterales de la resistencia de deshielo, como se muestra en la figura 27.

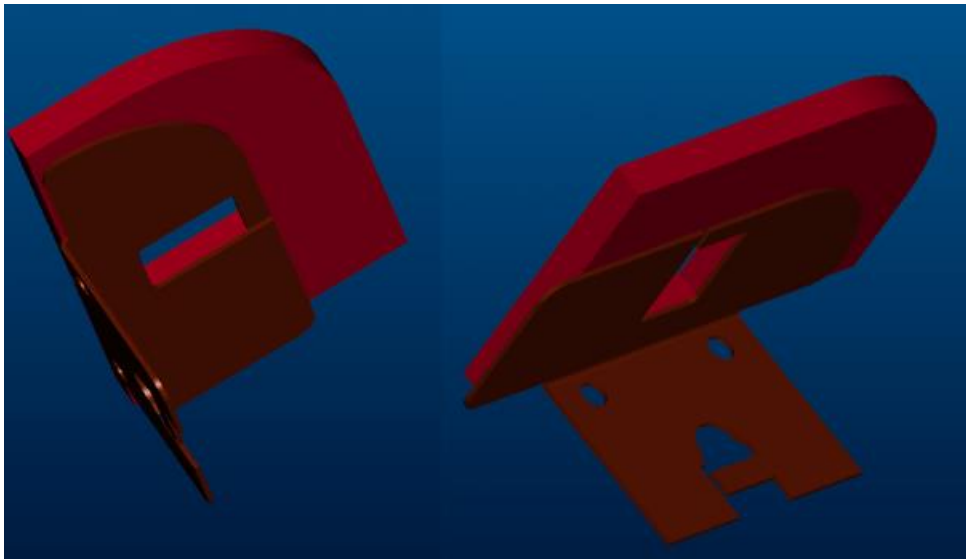
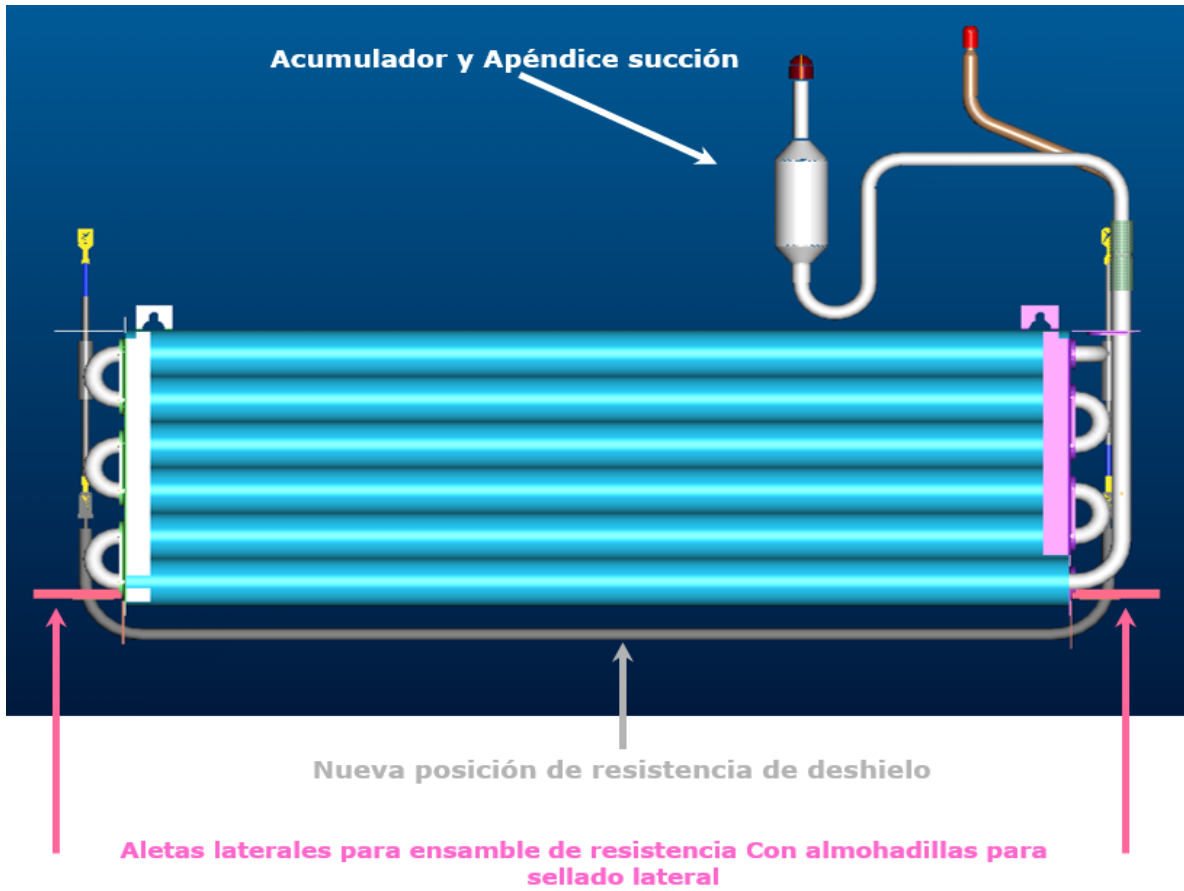


Figura 27. Ilustración donde se muestra las almohadillas sobre los soportes de la resistencia. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

A continuación, se muestra el concepto de diseño propuesto y la nueva posición del evaporador dentro del compartimento evaporador como solución al problema planteado en un principio para las fallas de campo tipo “ A “ y tipo “ B “, como se puede observar los retornos de aire en la cubierta evaporador están completamente libres de obstrucción, el nuevo acumulador y apéndice de succión no interfieren con el aspa del motor ventilador, la resistencia de deshielo se ubicó 2.54 cm por debajo del evaporador mediante el uso de los soportes laterales y los laterales del evaporador se sellaron con las almohadillas que se colocaron sobre los soportes laterales de la resistencia



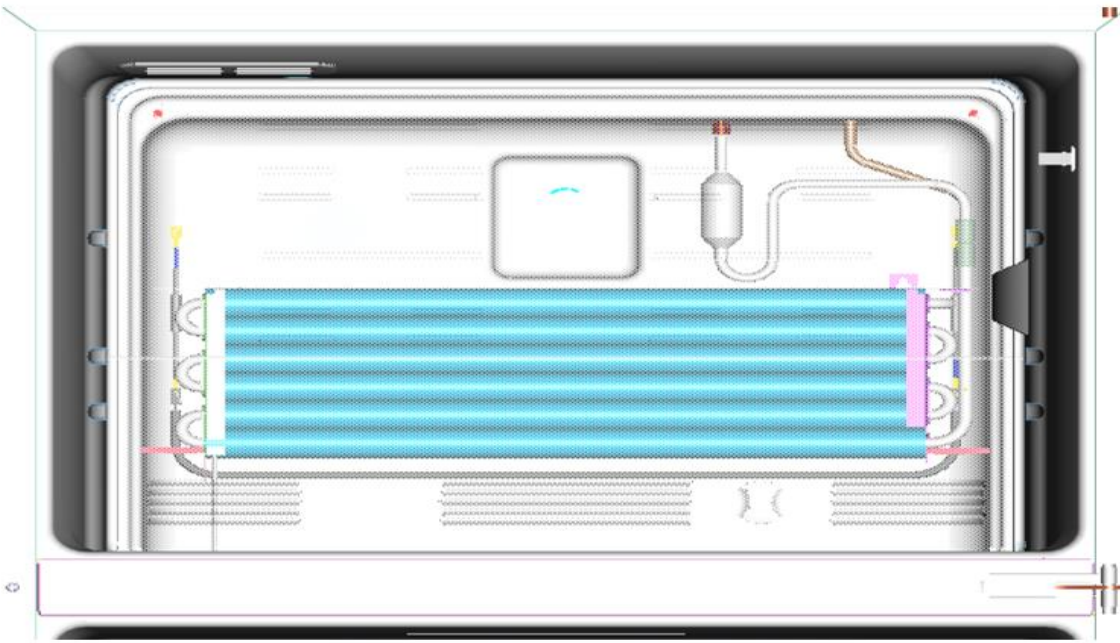


Figura 28. Ilustración donde se muestra el concepto propuesto para el ensamble evaporador y la nueva posición. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Una vez finalizada la propuesta de diseño se procedió a realizar el ensamble de 4 unidades con el concepto propuesto para confirmar que no se presentara ningún otro problema durante el proceso de ensamble de estos. Una vez que las unidades fueron ensambladas y confirmado que no se presentó ningún problema de ensamble, se procedió a someterlas a la prueba extrema descrita anteriormente, con la finalidad de verificar que los cambios propuestos eliminaran el problema de formación de hielo en el área del evaporador.

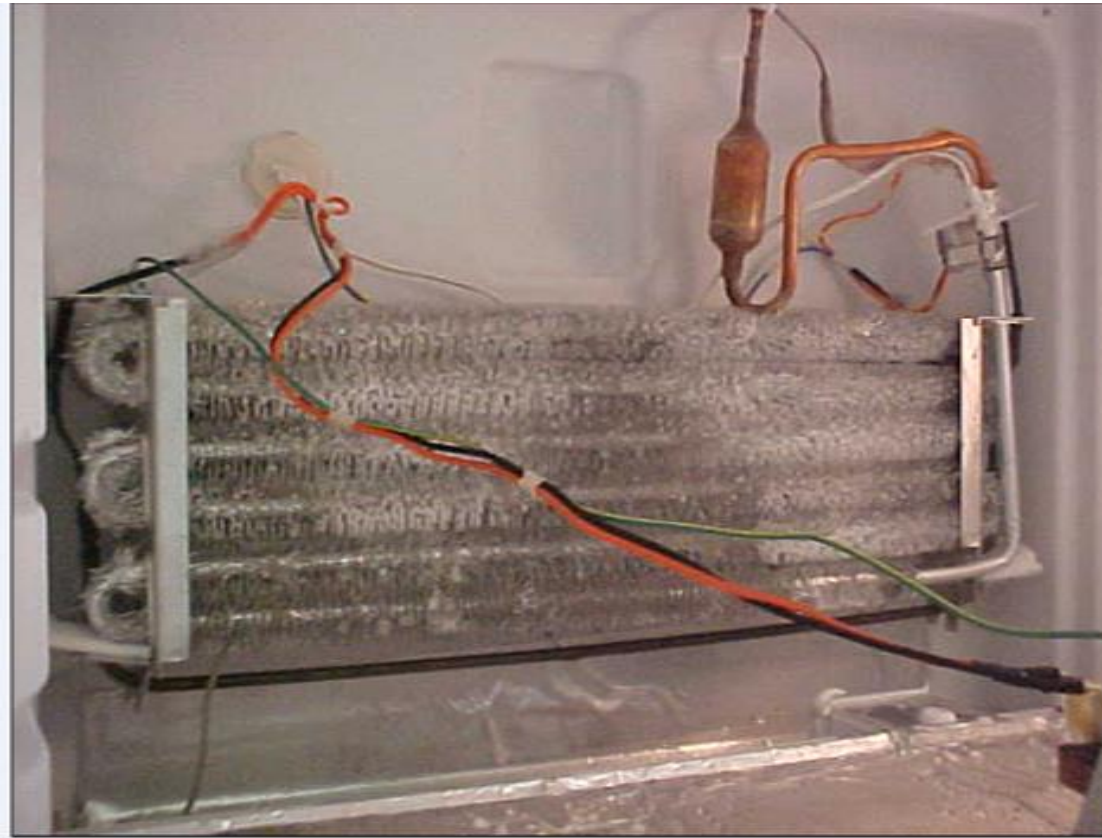


Figura 29. Ilustración donde se muestra el concepto propuesto para el ensamble evaporador y la nueva posición de este en una de las unidades ensambladas para prueba de laboratorio. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Como se mencionó anteriormente la prueba extrema tiene la finalidad de evaluar la capacidad del sistema de deshielo de mantener el compartimento del evaporador sin rastro de hielo después de 14 días sometido a condiciones extremas de humedad relativa.

En la figura 29 y 30 podemos observar que no existen rastros de hielo en la charola de deshielo (piso compartimento evaporador) ni en los tubos del evaporador, esta condición corrobora que el diseño propuesto soluciona el problema de formación de hielo en dichas áreas.

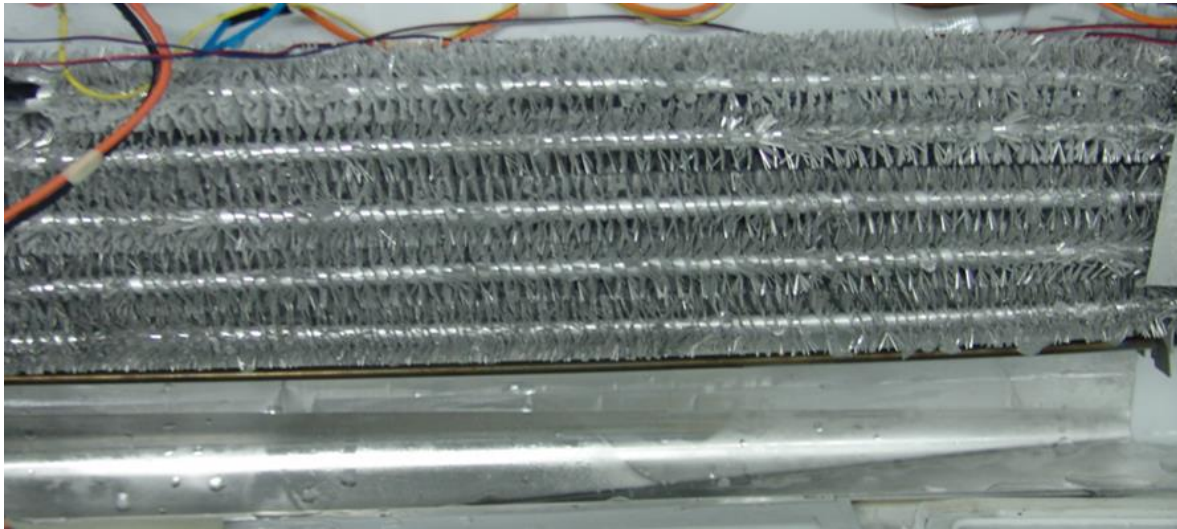


Figura 30. No se observa acumulación de hielo en serpentín evaporador ni en la charola de deshielo después de 14 días de prueba bajo condiciones extremas. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

En la figura 31 se observa que los laterales del evaporador se encuentran sin rastros de hielo por lo que podemos concluir que al sellar dichas áreas el aire es forzado a pasar por el área central del evaporador con lo cual se asegura que el intercambio de calor entre aire y refrigerante se lleve a cabo de la manera más eficiente posible lo cual trae como beneficio una mejor conservación de alimentos y una reducción en el consumo de energía.

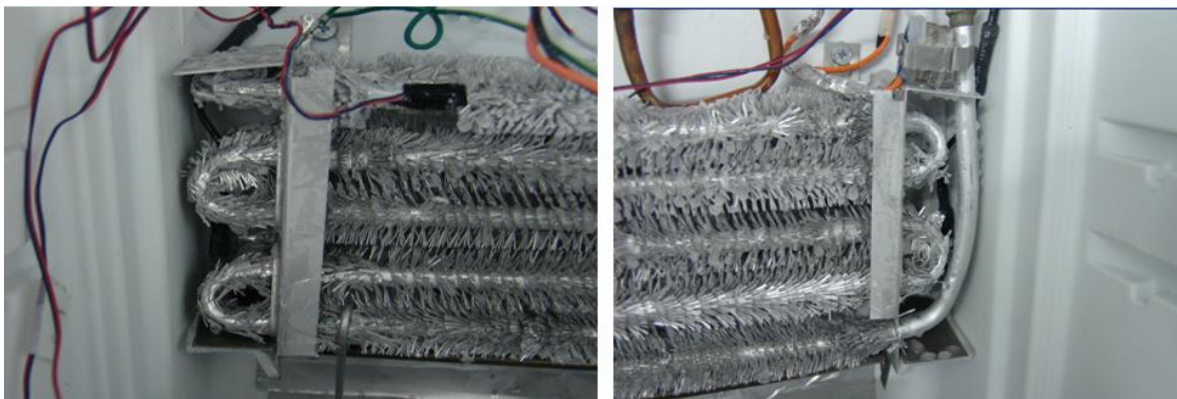


Figura 31. No se observa acumulación de hielo en laterales del evaporador después de 14 días de prueba bajo condiciones extremas. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

En la figura 32 se observan el tubo de drenaje libre de hielo o escarcha después de 14 días sometido a condiciones de alta humedad, lo cual nos confirma que los cambios propuestos solucionan el problema de raíz y que las 3 variables establecidas como la causa del problema son las correctas.

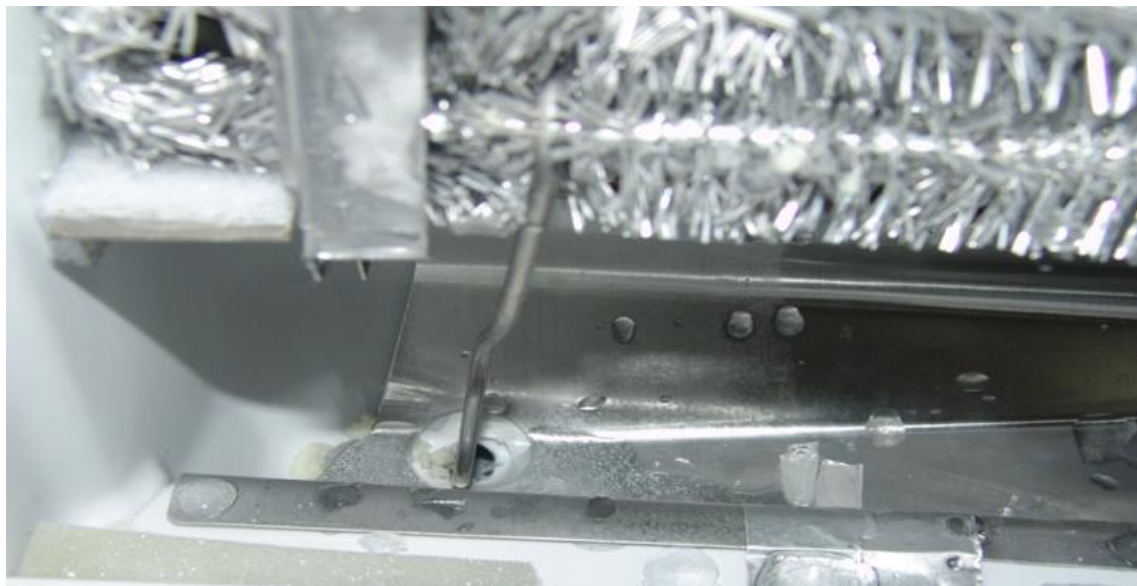


Figura 32. Tubo de drenaje sin bloqueo después de 14 días de prueba bajo condiciones extremas. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Finalmente, después de valorar los resultados de las unidades sometidas a las condiciones extremas de humedad durante un periodo de 14 días podemos aseverar que los cambios sugeridos con la propuesta de diseño resuelven de raíz las fallas conocidas como “A” y “B” reportadas por los consumidores.

La figura 33 muestra una de las unidades con el concepto propuesto después de la evaluación de 14 días bajo condiciones extremas de humedad, sin rastro alguno de escarcha o hielo en el área del evaporador.

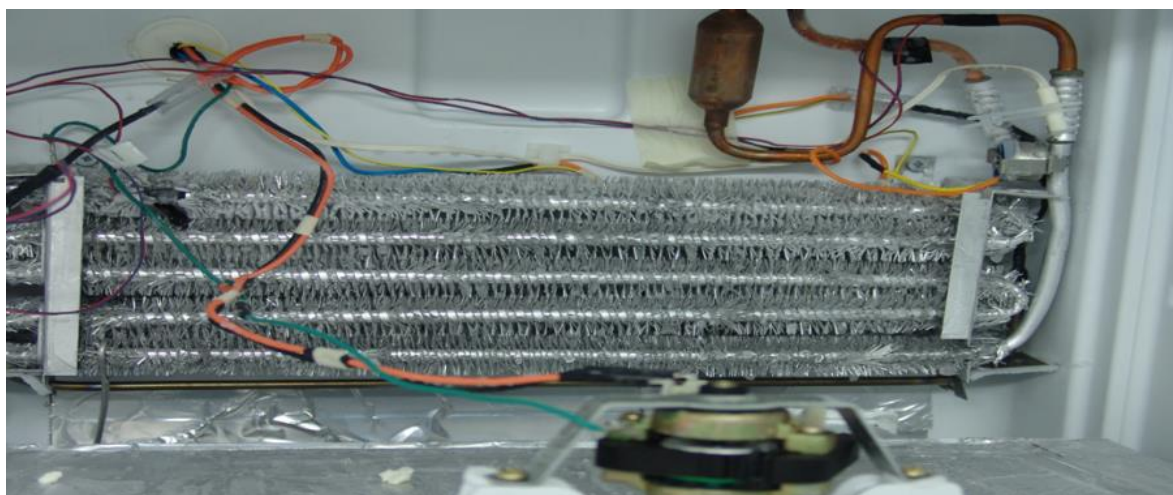


Figura 33. Concepto propuesto sin escarcha o hielo después de 14 días de prueba bajo condiciones extremas. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

2.5 Confirmación de la mejora o solución del problema

Con la finalidad de corroborar que la solución propuesta funcionara en el campo se seleccionaron las ciudades de Villahermosa, en Tabasco y la ciudad de Mérida en Yucatán por sus condiciones climatológicas las cuales se muestran en la figura 34 y 35 se fabricaron 8 unidades y se repartió el 50% en la ciudad de Villahermosa, Tabasco y el otro 50% en la ciudad de Mérida, Yucatán debido a las condiciones de humedad que dichas ciudades tienen.

TABLA CLIMÁTICA DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO VILLAHERMOSA 1991 - 2021

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 22.7 | 24 | 26.2 | 28.7 | 29.7 | 28.1 | 28.4 | 28.2 | 26.9 | 25.8 | 24.2 | 23.3 |
| Temperatura mín. (°C) | 19.6 | 20.5 | 21.9 | 24 | 25.6 | 25.1 | 25 | 25 | 24.4 | 23.3 | 21.5 | 20.3 |
| Temperatura máx. (°C) | 26.7 | 28.7 | 31.6 | 34.4 | 34.8 | 32.5 | 33 | 32.7 | 30.9 | 29.5 | 28 | 27.2 |
| Precipitación (mm) | 92 | 64 | 40 | 48 | 90 | 222 | 147 | 214 | 296 | 249 | 137 | 89 |
| Humedad(%) | 81% | 76% | 68% | 62% | 64% | 76% | 74% | 77% | 85% | 84% | 82% | 82% |
| Días lluviosos (días) | 8 | 6 | 5 | 5 | 9 | 15 | 14 | 17 | 19 | 16 | 11 | 9 |
| Horas de sol (horas) | 5.9 | 6.9 | 8.5 | 9.7 | 10.1 | 9.5 | 9.8 | 9.0 | 7.6 | 7.0 | 6.6 | 6.0 |

Figura 34. Tabla climática datos históricos 1991-2021 Villahermosa, Tabasco (<https://es.climate-data.org/americadel-norte/mexico>, n.d.)

TABLA CLIMÁTICA DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO MÉRIDA 1991 - 2021

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Temperatura media (°C) | 23 | 24.5 | 26.1 | 28.1 | 29.1 | 28.3 | 28.4 | 28.4 | 27.6 | 26.3 | 24.5 | 23.7 |
| Temperatura mín. (°C) | 19 | 20 | 21.1 | 22.9 | 24.4 | 24.6 | 24.3 | 24.5 | 24.2 | 23 | 20.9 | 19.9 |
| Temperatura máx. (°C) | 28.5 | 30.6 | 32.9 | 35.1 | 35.6 | 33.9 | 34.2 | 34.2 | 32.9 | 31 | 29.4 | 28.9 |
| Precipitación (mm) | 23 | 17 | 16 | 26 | 53 | 123 | 89 | 102 | 141 | 85 | 33 | 26 |
| Humedad(%) | 67% | 62% | 57% | 55% | 58% | 70% | 70% | 72% | 77% | 75% | 70% | 69% |
| Días lluviosos (días) | 3 | 2 | 3 | 4 | 6 | 13 | 12 | 13 | 14 | 10 | 4 | 3 |
| Horas de sol (horas) | 7.0 | 8.0 | 9.1 | 9.7 | 10.2 | 9.7 | 10.1 | 9.7 | 8.8 | 7.9 | 7.3 | 6.9 |

Figura

35. Tabla climática datos históricos 1991-2021 Mérida, Yucatán (<https://es.climate-data.org/americadelnorte/mexico>, n.d.)

Las figuras 36 y 37 muestran las condiciones en las que el evaporador de las 8 unidades colocadas en el campo, fueron encontradas después de 1 mes de haber sido puestas a funcionar, como se puede observar en ninguna unidad se encontró escarcha o hielo, los clientes se mostraron muy satisfechos con el funcionamiento de dichas unidades.

Visita de Campo FW 46 Villahermosa

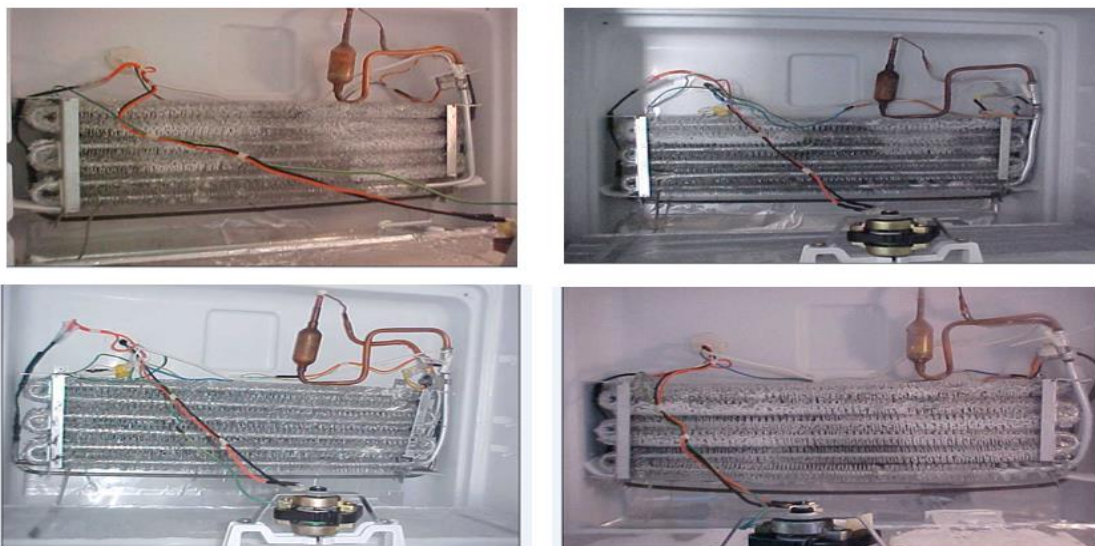


Figura 36. inspección de unidades en Villahermosa, Tabasco sin escarcha o hielo después de un mes de funcionamiento. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d.)

Visita de Campo FW 46 Mérida



Figura

37. inspección de unidades en Mérida, Yucatán sin escarcha o hielo después de un mes de funcionamiento. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d)

| Fecha | Instalados | Técnicos | | FEOS | | TOTAL |
|--------|------------|----------|--------|------|--------|-----------|
| | | CMI | Fallas | CMI | Fallas | CMI Total |
| Sep 05 | 79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oct 05 | 630 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Fecha | Instalados | Técnicos | | FEOS | | TOTAL |
|--------|------------|----------|--------|------|--------|-----------|
| | | CMI | Fallas | CMI | Fallas | CMI Total |
| Oct 05 | 589 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Figura 38. índice de llamadas de servicio de campo. (Controladora Mabe S.A de C.V., n.d)

La figuras 38 muestran los datos colectados en el sistema interno de la compañía para la recolección de llamadas de servicio, durante los meses de Septiembre y Octubre de 2005 se

pusieron en operación 1,298 unidades, estas unidades ya tenían implementada la mejora propuesta para resolver las fallas del tipo “ A” y “ B “ como se puede observar el número de llamadas de las unidades producidas en esos meses fue cero llamadas por parte de los clientes, con lo cual pudimos corroborar que la solución elimino por completo la falla del campo.

Conclusiones

Finalmente, después de varios meses de trabajo e investigación se pudieron establecer las causas raíz de los 2 tipos de fallas reportadas en campo, hacer una propuesta de solución al problema y corroborar con datos tanto de laboratorio como de campo que dicha falla fue eliminada. Considero importante destacar que para poder llegar a la solución del problema se utilizaron los pasos del método científico los cuales son la observación sistemática, planteo de hipótesis o teorías, medición, experimentación, análisis y comprobación de resultados, es importante resaltar que durante el tiempo que curse la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista en la Facultad de ingeniería de UNAM los profesores nos inculcaron la utilización de dicho método siempre que nos enfrentamos a un problema en la vida real, así mismo pude constatar la relación existente entre las materias impartidas en la institución y su utilización para la solución de problemas, en este caso específico utilice conceptos de las siguientes materias:

Termodinámica.

Transferencia de calor

Elementos de mecánica de fluidos

Dinámica de fluidos.

Aire acondicionado y refrigeración

Diseño y manufactura asistido por computadora

Así mismo mediante la implementación de dichas mejoras fue posible generar ahorros para la compañía ya que cada llamada de servicio tiene un costo equivalente a \$100.00 dólares americanos, otro beneficio incuantificable para la compañía es la protección del nombre de la misma, ya que eliminando las fallas los clientes que están completamente satisfechos con el funcionamiento de sus unidades será voceros de la confiabilidad de los productos y esto se lo comunicaran a familiares, amigos y conocidos lo cual puede traducirse en un incremento en ventas para la compañía.

El rediseño de los componentes también genero ahorros, ya que al eliminar un apéndice de succión se está disminuyendo el número de partes utilizadas por unidad y al eliminar el proceso de soldado de dicho apéndice el tiempo de fabricación de cada unidad es disminuido generando la posibilidad de producir más unidades en la misma cantidad de tiempo.

Bibliografía

Dossat, Roy J. Principios de refrigeración. Edición reimpresa. Editorial CECSA (1980)

Pita, Edward G. Principios y sistemas de refrigeración. Editorial Limusa (1992)

Incropera, Frank P. Fundamentals of heat & mass transfer. 3er ed. Wiley (1990)