

		INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO	VERSIÓN: 3.0 ELAB: 20/04/2018 U.REV: 23/5/2023
SUSTANTIVO FORMATO Código: FOR.DO31.04	MACROPROCESO: 01 DOCENCIA PROCESO: 03 TITULACIÓN 01 TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR / TITULACIÓN TRABAJO FINAL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR / TITULACIÓN - PROPUESTA TECNOLÓGICA		



# PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR – PROYECTO TÉCNICO

CARRERA: MECÁNICA INDUSTRIAL

**TEMA:** IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO CON CONGELADOR HORIZONTAL COMO PLATAFORMA EXPERIMENTAL PARA EL ESTUDIO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN R-600A EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS TÉRMICAS DEL INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO CENTRAL TÉCNICO

**Elaborado por:**

Huertas Andrango Alex Esteban

**Tutor:**

Ernesto Quishpe S. PhD.

**Fecha:** 07 / 01 / 2026

## MEMORIA TÉCNICA DEL PROYECTO TÉCNICO

### DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>1.1. Nombre del proyecto</b>
Implementación de un sistema de refrigeración doméstico con congelador horizontal como plataforma experimental para el estudio del ciclo de refrigeración R-600A en el Laboratorio de Máquinas Térmicas del Instituto Superior Universitario Central Técnico.
<b>1.2. Cobertura y localización</b>
El equipo de congelación doméstica R 600A, se encuentra en el Laboratorio de Máquinas Térmicas, perteneciente a la carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con condición de Universitario.
<b>1.3. Tipo de proyecto</b>
Implementación
<b>1.4. Estudiantes participantes</b>
Sr. Huertas Andrango Alex Esteban
<b>1.5. Docente tutor</b>
Ernesto Quishpe S. PhD.

## Índice de contenidos

2. Objetivo del proyecto .....	7
3. Fundamentación teórica.....	7
4. Descripción del proyecto .....	14
Implementación realizada.....	15
5. Cuadro resumen de costos del proyecto .....	23
6. Conclusiones y recomendaciones .....	23
7. Bibliografía.....	25
8. Anexos.....	27

## Índice de tablas

TABLA 1	Refrigerantes HFC – Ozon Action Kigali Fact Sheet.....	9
TABLA 2	Refrigerantes HFC – Ozon Action Kigali Fact Sheet.....	11
TABLA 3	Equipo para recarga de refrigerante.....	12
TABLA 4	Equipo para soldadura .....	13
TABLA 5	Ciclo de refrigeración .....	14
TABLA 6	Ciclo de refrigeración .....	16
TABLA 7	Análisis de riesgos en sistemas de refrigeración doméstica con R600a ...	22
TABLA 8	Detalle de los equipos que se adquirió en el proyecto.....	23

# Implementación de un sistema de refrigeración doméstico con congelador horizontal como plataforma experimental para el estudio del ciclo de refrigeración R-600A en el Laboratorio de Máquinas Térmicas del Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con condición de Universitario

## 1. Antecedentes

### Antecedentes y situación actual del tablero didáctico de refrigeración y aire acondicionado

**Ubicación:** Laboratorio de Máquinas Térmicas de la carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con condición de Universitario

**Tipo:** Equipo para entrenamiento de mantenimiento de refrigeración doméstica con refrigerante R600A.

#### **Estado:**

El laboratorio de máquinas térmicas requiere una planificación exhaustiva para la Implementación del proyecto técnico y la adquisición de equipos nuevos para realizar buenas prácticas de mantenimiento en refrigeración doméstica. Teniendo en consideración que el sector de la congelación (heladera) doméstica está experimentando una transformación tecnológica completa con la adopción masiva y estandarizada del R600a (isobutano) en el Ecuador. Este hidrocarburo (HC) es ahora el refrigerante dominante a nivel nacional en equipos nuevos, impulsado por su alta eficiencia energética y su impacto ambiental casi nulo (GWP de 3). Sin embargo, su alta inflamabilidad (Clasificación de Seguridad A3) (Soto, 2025), ha redefinido radicalmente las buenas prácticas, los protocolos de seguridad y el instrumental requerido para el servicio técnico.

El Laboratorio de Máquinas térmicas del ISU Central Técnico presenta actualmente una brecha crítica en su equipamiento didáctico. Si bien la asignatura de Máquinas Térmicas, provee una sólida formación teórica en termodinámica y ciclos de refrigeración, carece de equipo experimental moderna; específicamente, un refrigerador doméstico nuevo con refrigerante operativo de R600a, que esté acondicionado como un banco de pruebas. Esta ausencia de equipamiento dedicado impide que los estudiantes ejecuten y dominen las competencias prácticas fundamentales que exige el mercado laboral actual. La formación se ve limitada al no poder realizar de forma segura y repetitiva los siguientes procedimientos esenciales:

1. *Prácticas de Seguridad A3*: Manejo de la inflamabilidad, ventilación adecuada y uso de equipo anti-chispa.
2. *Servicio de Carga y Vaciado*: Ejecución del *vaciado* profundo con bombas de vacío certificadas y la *recarga de refrigerante*, la cual es crítica en R600a y debe realizarse estrictamente por peso (gramos) utilizando balanzas de precisión.
3. *Diagnóstico y Hermeticidad*: Realización de *pruebas de presión* y estanqueidad utilizando nitrógeno seco ( $N_2$ ) y la *verificación de fugas* con detectores específicos para hidrocarburos.
4. *Análisis Termodinámico Aplicado*: La *explicación práctica del ciclo de refrigeración* mediante la instalación de manómetros y termocuplas para medir presiones, sobrecalentamiento y subenfriamiento en tiempo real.
5. *Manejo de Instrumentos Modernos*: Familiarización con el *manejo de instrumentos* como vacuómetros digitales, sistemas de unión y soldadura.

## 2. Objetivo del proyecto

Implementar un sistema de refrigeración doméstico con congelador horizontal mediante la utilización de refrigerante R-600A, para el estudio y análisis de las variables del ciclo en el Laboratorio de Máquinas Térmicas del Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con condición de Universitario.

## 3. Fundamentación teórica

### Introducción

#### La Evolución Hacia la Refrigeración Sostenible

La historia de la refrigeración es una búsqueda constante de eficiencia y seguridad ambiental. El ciclo de compresión de vapor, pilar de esta tecnología, ha utilizado diversos fluidos de trabajo a lo largo de las décadas (Fernández, 2025).

#### Cronología de los Refrigerantes Domésticos

*La Primera Generación (Hasta 1930s):* Se usaban refrigerantes "naturales" como el amoníaco (R-717) o dióxido de azufre (R-764). Eran eficientes, pero altamente tóxicos e inflamables, limitando su uso doméstico seguro (Liébana Sendino, 2023).

*La Era de la Seguridad (1930s - 1990s):* Llega la "solución mágica" con los Clorofluorocarbonos (CFCs), principalmente el R-12 (Freón). Era un refrigerante milagroso: no tóxico, no inflamable y muy estable. Dominó el mercado mundial durante 50 años (Plazas Monroy, 2012).

*La Crisis del Ozono (1980 - 1990):* A partir del año 1980, se descubre científicamente que la estabilidad del R-12 era su mayor problema: al fugarse el refrigerante a la estratosfera, donde el cloro destruía la capa de ozono. El Protocolo de Montreal (1987) decreta su eliminación mundial (Parra, 2012).

*La Solución Transitoria (1990 - 2010):* La industria migra rápidamente a los Hidrofluorocarbonos (HFCs), como el R-134a. Este refrigerante resolvía el problema del ozono (Potencial de Agotamiento de Ozono, ODP = 0), pero trajo uno nuevo (Gómez, 2020).

*La Crisis Climática (2000 - 2025):* Se demuestra que el R-134a, aunque seguro para el ozono, es un gas de efecto invernadero extremadamente potente, con un Potencial de Calentamiento Global (GWP) de 1430 (1430 veces más potente que el CO<sub>2</sub>). El Protocolo de Kioto y la Enmienda de Kigali (2016) exigen su reducción (Pérez & Barrios, 2021).

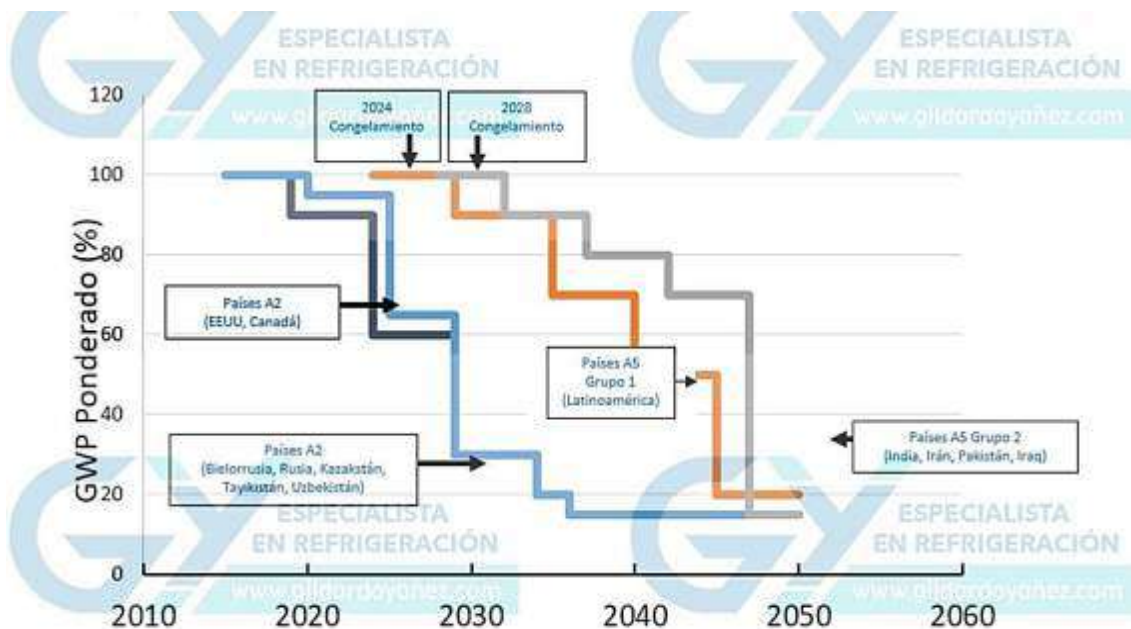
*El Retorno a lo Natural (2010 - Futuro):* La industria vuelve a los refrigerantes naturales, pero con mejor tecnología. Para la refrigeración doméstica, el R-600a (Isobutano) se convierte en el estándar global (Pérez, 2025).

El R-600a en Ecuador y el Mundo: A nivel mundial, Europa lideró la adopción del R-600a en los 90 (principalmente en Alemania) por su nulo impacto en el ozono (ODP=0) y su GWP insignificante (GWP=3). Además, demostró ser termodinámicamente superior, requiriendo menos energía (mayor eficiencia) y cargas de gas mucho menores (ej. 40g en lugar de 100g de R-134a) (Paredes Medina, 2025)

Ecuador, como signatario de los protocolos de Montreal y Kigali, y a través de normativas INEN de eficiencia energética, ha seguido esta tendencia global. Hoy, la totalidad de refrigeradores domésticos nuevos importados o ensamblados en el país utilizan R-600a.

Este cambio tecnológico total crea una brecha de competencias. Los técnicos formados en R-12 y R-134a (gases no inflamables) deben reaprender radicalmente sus métodos, ya que la característica principal del R-600a es su alta inflamabilidad (Clasificación A3). La implementación de un banco de pruebas en el Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con condición de Universitario. se vuelve, por tanto, indispensable para enseñar las nuevas buenas prácticas de forma segura y controlada.

TABLA 1 *Refrigerantes HFC – Ozon Action Kigali Fact Sheet*



Fuente: Calendario de reducción gradual de refrigerantes HFC - Ozon Action Kigali Fact Sheet

## Seguridad: La Prioridad Absoluta

El manejo del R-600a (Isobutano) se rige por un principio innegociable: es un gas inflamable. Pertenece a la clase de seguridad A3. Tratarlo con las mismas prácticas que el R-134a (A1, no inflamable) es la causa principal de accidentes graves en talleres (García Sánchez, 2025).

*Clasificación A3:* Refrigerante de baja toxicidad (A) pero alta inflamabilidad (3).

*Densidad:* El R-600a es más pesado que el aire. En caso de fuga, el gas no se disipa hacia arriba; se acumula a nivel del suelo, buscando puntos bajos y fuentes de ignición.

*Ventilación Extrema:* Es la regla de oro. El área de trabajo debe estar excelentemente ventilada, preferiblemente con extracción forzada a nivel del suelo.

## Herramientas y Equipos Específicos

Las herramientas para R-600a están diseñadas en función de su inflamabilidad y sus propiedades termodinámicas (cargas pequeñas) (Calleja-Anta, 2024).

*Bomba de Vacío:* Equipo vital para extraer aire y humedad del circuito.

*Balanza de Precisión:* Las cargas de R-600a son *críticas* y *diminutas* (ej. 30g a 70g). Una diferencia de 5 gramos afecta el rendimiento. Es obligatorio el uso de una balanza digital con precisión de 1 o 2 gramos. La carga por presión es un error técnico grave.

*Detector de Fugas:* Los detectores electrónicos de corona o halógenos (para R-134a) *no* funcionan. Se requiere un detector electrónico específico para Hidrocarburos (HC). El método más fiable y seguro sigue siendo la espuma de microburbujas (agua jabonosa) aplicada sobre un sistema presurizado con nitrógeno.

*Manómetros:* Aunque los manómetros convencionales miden la presión, se recomienda tener un juego dedicado a HC para evitar la contaminación cruzada de aceites (R-600a usa aceite mineral o alquilbenceno, R-134a usa POE).

TABLA 2 *Refrigerantes HFC – Ozon Action Kigali Fact Sheet*

Manifold	
Juego de mangueras	
Bomba de vacío	
Amperímetro	
Acoples	

Fuente: Accesorios de refrigeración \_ CRYO SYSTEM

### Procedimientos Clave de Sistem

Las buenas prácticas cambian radicalmente en tres áreas:

Verificación de Fugas y Presurización:

*Prohibido usar aire comprimido.* Mezclar aire (oxígeno) con residuos de R-600a y aceite crea una mezcla explosiva dentro del sistema. La presurización

para buscar fugas se hace *exclusivamente* con Nitrógeno ( $N_2$ ) seco (Álvarez Hernández, 2016).

*Vaciado (Evacuación):* Se realiza *después* de haber recuperado o ventilado de forma segura el refrigerante (nunca ventilar en interiores).

Se utiliza la bomba anti-chispa conectada a un vacuómetro digital. El objetivo es alcanzar un vacío profundo (por debajo de 500 micrones) para garantizar la total deshidratación del sistema.

### Recarga de Refrigerante

La carga técnica de refrigerante es un procedimiento de alta precisión que requiere una balanza para dosificar el peso exacto (según placa); el refrigerante se añade en fase líquida, pero de forma muy lenta para salvaguardar las válvulas del compresor.

TABLA 3 *Equipo para recarga de refrigerante.*



Fuente: Estudio de los parámetros de operación de un refrigerador doméstico que opera con refrigerantes R600a

## Soldadura (El Punto Más Peligroso)

Para soldar el sistema R-600a, es indispensable primero ventilar y recuperar completamente los vapores; luego, durante todo el proceso de soldadura, se debe mantener un barrido obligatorio de Nitrógeno ( $N_2$ ) a 2-3 PSI para desplazar el refrigerante inflamable y el oxígeno, evitando así cualquier ignición y la formación de contaminantes. Por lo tanto, soldar un sistema que ha contenido R-600a es el procedimiento de mayor riesgo y debe evitarse en lo posible (usando Lokring). Si es estrictamente necesario (ej. cambiar un compresor o un filtro de fábrica) (García Mena, 2024).

TABLA 4 *Equipo para soldadura*



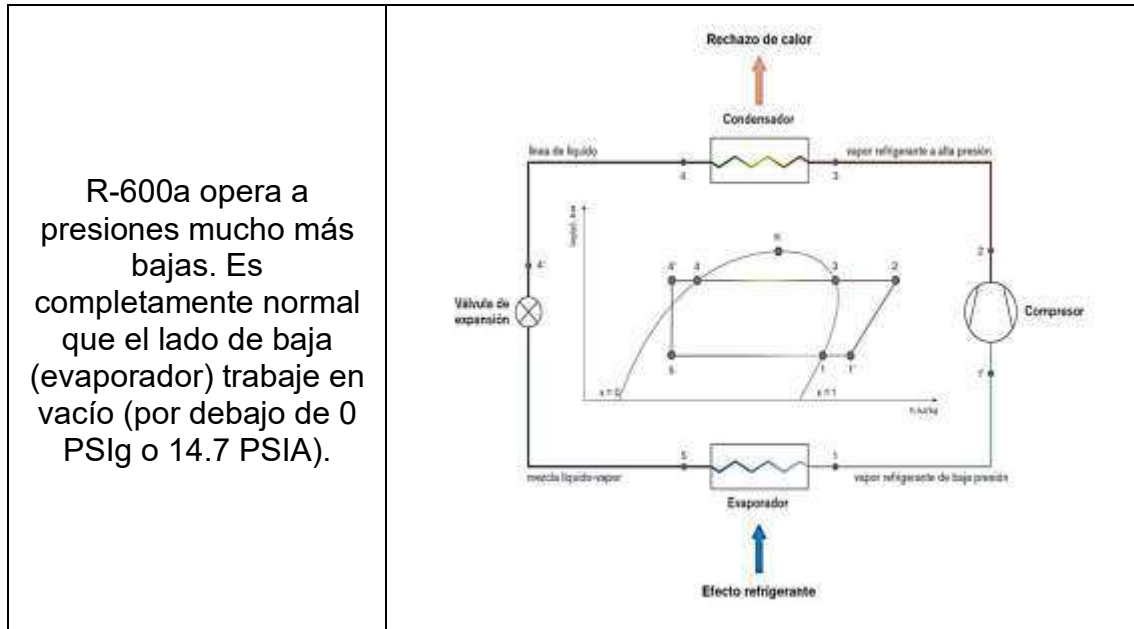
Fuente: Autor

## Manejo Adecuado del Ciclo Termodinámico (R-600a)

El R-600a tiene particularidades que los estudiantes deben dominar. *Presiones de Trabajo Bajas:* A diferencia del R-134a, el R-600a opera a presiones mucho más bajas. Es completamente normal que el lado de baja (evaporador) trabaje en vacío (por debajo de 0 PSIG o 14.7 PSIA). Un técnico no

habitado podría interpretar esto erróneamente como una "falta de gas" (Jumbo Narváez, 2021).

TABLA 5 *Ciclo de refrigeración*



Fuente: Jácome, E. (2018). Sistemas de refrigeración.

Dado que el sistema (Heladera doméstica) tiene una carga baja de refrigerante, el banco de pruebas permitirá a los estudiantes instalar instrumentación (manómetros y termocuplas) para calcular Sobrecalentamiento, Subenfriamiento, Relación de Compresión y COP, diagnosticando así la eficiencia real del ciclo de refrigeración.

#### 4. Descripción del proyecto

El proyecto se centra en el estudio y aplicación práctica del refrigerante R600a (isobutano) en sistemas de refrigeración y congelación doméstica, con énfasis en su manejo seguro durante las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo. El proyecto utiliza un congelador doméstico como

plataformas de aprendizaje, permitiendo analizar el funcionamiento del ciclo de refrigeración por compresión de vapor, identificar los componentes principales del sistema y comprender las particularidades operativas del R600a, tales como sus bajas presiones de trabajo, alta eficiencia energética y compatibilidad con aceites minerales.

También, el proyecto desarrolla y aplica procedimientos técnicos estandarizados para la recuperación, vacío, carga y detección de fugas del refrigerante R600a, considerando estrictamente las normas de seguridad asociadas a refrigerantes inflamables. A través de prácticas controladas en taller o laboratorio, se busca fortalecer las competencias técnicas de los estudiantes, reduciendo riesgos operativos y promoviendo buenas prácticas profesionales. De esta manera, el proyecto contribuye a la formación de personal calificado, al uso responsable de refrigerantes ecológicos y a la mejora del desempeño y confiabilidad de los equipos domésticos de refrigeración.

### **Implementación realizada**

Esta iniciativa de repotenciar el laboratorio de Máquinas térmicas con la adquisición de los equipos para realizar buenas prácticas de mantenimiento es fundamental para el laboratorio, ya que permitirá a los estudiantes realizar prácticas de mantenimiento, como; vaciado del refrigerante, recarga del refrigerante, realizar pruebas de vaciado, manejo de los equipos e instrumentos de medición y diagnóstico de fallas en sistemas de congelación doméstica de manera efectiva y segura. La adquisición de equipos nuevos, representa una

inversión importante en la formación de futuros profesionales de las carreras Mecánica Industrial, Seguridad y Mantenimiento.

### Datos del equipo congelador

Las características técnicas del congelador que se usara para futuras practicas se las presenta en la Tabla 6.

TABLA 6 *Ciclo de refrigeración*

Característica	Detalle Técnico
<b>Tipo de Producto</b>	Congelador Horizontal (Chest Freezer)
<b>Capacidad Bruta</b>	168 Litros
<b>Capacidad Neta</b>	Aprox. 145 - 150 Litros
<b>Sistema de Enfriamiento</b>	Escarcha (Direct Cooling)
<b>Funciones</b>	Dual (Congela y Enfría)
<b>Control de Temperatura</b>	Termostato ajustable mecánico
<b>Gas Refrigerante</b>	R600a (Ecológico)
<b>Voltaje / Frecuencia</b>	220V / 60Hz
<b>Consumo Energético</b>	Clase A / B (Varía según región, alta eficiencia)
<b>Material Interior</b>	Aluminio texturizado (mejora la conducción de frío)
<b>Dimensiones (Al x An x Prof)</b>	Aprox. 84.5 cm x 75.4 cm x 56 cm
<b>Peso Neto</b>	Aprox. 28 - 30 kg

Fuente: Autor

A continuación, se realiza un guía para el uso y manejo de equipos de refrigeración y congelación con refrigerante R-600a.

## **Diagnóstico inicial**

El diagnóstico inicial es una etapa crítica antes de cualquier intervención en equipos de refrigeración que operan con refrigerante R600a, ya que permite identificar el estado real del sistema y prevenir riesgos asociados a su inflamabilidad. A continuación, se detallan los pasos recomendados:

### **Identificación del equipo**

Verificar el tipo de equipo (refrigerador o congelador).

Registrar marca, modelo y número de serie.

Confirmar el año aproximado de fabricación.

### **Revisión de la placa técnica**

Localizar la placa del fabricante.

Confirmar que el refrigerante indicado sea R600a.

Verificar la cantidad de carga especificada (gramos).

Registrar tensión eléctrica, frecuencia y corriente nominal.

### **Inspección visual externa**

Revisar el estado del cable de alimentación y enchufe.

Verificar ausencia de chispas, conexiones flojas o daños visibles.

Comprobar condiciones de ventilación del área de trabajo.

### **Inspección visual interna del sistema**

Revisar tuberías en busca de corrosión, golpes o soldaduras defectuosas.

Inspeccionar el compresor (fugas de aceite, vibraciones, ruidos anormales).

Verificar el estado del condensador y evaporador (suciedad, obstrucciones).

### **Verificación eléctrica básica**

Medir continuidad del compresor (bobinados).

Comprobar el funcionamiento del relé/PTC y protector térmico.

Verificar correcto funcionamiento del termostato o control electrónico.

### **Evaluación operativa preliminar**

Conectar el equipo de forma segura y observar el arranque.

Escuchar ruidos anormales durante la operación.

Verificar si el equipo enfría, congela o presenta ciclos irregulares.

### **Determinación de la intervención requerida**

Definir si se trata de mantenimiento preventivo o correctivo.

Identificar posibles fugas, fallas eléctricas o restricciones.

Decidir si es necesario recuperar el refrigerante.

### **Procedimiento de mantenimiento con R600a**

El mantenimiento de sistemas de refrigeración doméstica que utilizan refrigerante R600a debe realizarse siguiendo procedimientos estrictos debido a

su alta inflamabilidad (clasificación A3). La siguiente guía práctica establece un método seguro, ordenado y técnicamente correcto para trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.

### **Preparación y seguridad del área de trabajo**

1. Desconectar el equipo de la red eléctrica antes de cualquier intervención.
2. Garantizar una adecuada ventilación natural del área de trabajo.
3. Eliminar toda fuente de ignición (chispas, llamas, equipos eléctricos no protegidos).
4. Utilizar Equipo de Protección Personal (EPP): guantes, gafas de seguridad y calzado dieléctrico.
5. Confirmar nuevamente que el refrigerante del sistema es R600a mediante la placa técnica.

### **Recuperación del refrigerante (si aplica)**

6. Conectar el manifold y las mangueras certificadas para refrigerantes inflamables.
7. Realizar recuperación pasiva del refrigerante hacia un cilindro adecuado.
8. Evitar el uso de recuperadoras eléctricas no certificadas para R600a.
9. Ventilar el área durante todo el proceso.
10. Etiquetar correctamente el cilindro con el tipo de refrigerante recuperado.

### **Intervención mecánica del sistema**

1. Reparar o sustituir el componente defectuoso (tuberías, evaporador, condensador, compresor).

2. Realizar soldadura fuerte utilizando gas apropiado y purga interna con nitrógeno.
3. Evitar acumulación de refrigerante en el sistema antes de soldar.
4. Sustituir siempre el filtro secador después de abrir el circuito frigorífico.

### **Prueba de estanqueidad**

1. Presurizar el sistema con nitrógeno seco.
2. Aplicar solución jabonosa en uniones y soldaduras.
3. Verificar ausencia total de burbujas.
4. Nunca utilizar oxígeno o aire comprimido para presurizar el sistema.

### **Proceso de vacío**

1. Conectar la bomba de vacío al sistema mediante el manifold.
2. Realizar vacío profundo hasta alcanzar valores inferiores a 500 micrones.
3. Mantener el vacío durante al menos 20–30 minutos.
4. Verificar estabilidad del vacío antes de la carga del refrigerante.

### **Carga del refrigerante R600a**

1. Verificar la cantidad exacta de carga indicada por el fabricante (en gramos).
2. Colocar el cilindro de R600a sobre una balanza digital.
3. Realizar la carga por peso con el equipo apagado.
4. Evitar sobrecarga, ya que puede generar fallas y riesgos de seguridad.
5. Cerrar válvulas y desconectar instrumentos al finalizar.

## **Verificación final del funcionamiento**

1. Conectar el equipo a la red eléctrica.
2. Verificar arranque normal del compresor.
3. Comprobar presiones de operación y temperaturas alcanzadas.
4. Revisar ausencia de ruidos, vibraciones o fugas.
5. Medir consumo eléctrico y comparar con valores nominales

## **Análisis de riesgos**

El análisis de riesgos en sistemas de refrigeración doméstica que utilizan refrigerante R600a (isobutano) es fundamental debido a su alta inflamabilidad, aunque su carga en equipos domésticos sea reducida. Este análisis permite identificar los peligros potenciales durante las actividades de diagnóstico, mantenimiento y reparación, evaluando las causas que los originan y estableciendo medidas preventivas que garanticen la seguridad del técnico, del equipo y del entorno de trabajo. Entre los principales riesgos se encuentran la inflamación del refrigerante por presencia de chispas o llamas, la sobre presurización del sistema por una carga incorrecta y el deterioro del compresor debido a la presencia de humedad o aire en el circuito.

Para mitigar estos riesgos, es indispensable aplicar procedimientos técnicos estandarizados, como la correcta ventilación del área, la eliminación de fuentes de ignición, el uso de herramientas certificadas y la carga exacta del refrigerante por peso. Asimismo, el análisis de riesgos promueve una cultura de seguridad preventiva, en la cual el técnico evalúa cada etapa del mantenimiento antes de ejecutarla, reduciendo la probabilidad de accidentes y fallas operativas. De esta manera, el manejo adecuado del R600a no solo asegura el funcionamiento

eficiente del sistema de refrigeración, sino que también protege la integridad del personal y contribuye a prácticas profesionales responsables y seguras. En la Tabla 7 se muestran los riesgos de uso del refrigerante R600a.

TABLA 7 *Análisis de riesgos en sistemas de refrigeración doméstica con R600a*

<b>Riesgo identificado</b>	<b>Causa principal</b>	<b>Consecuencia posible</b>	<b>Medida preventiva / control</b>
Inflamación del refrigerante	Presencia de chispas, llamas o equipos energizados	Incendio, quemaduras, daño al equipo	Desconectar el equipo, eliminar fuentes de ignición, ventilar el área
Explosión del sistema	Sobrecarga de refrigerante R600a	Daño estructural del sistema, riesgo al operador	Cargar el refrigerante únicamente por peso según placa técnica
Fuga de refrigerante	Soldaduras defectuosas o tuberías dañadas	Riesgo de inflamación y bajo rendimiento	Prueba de estanqueidad con nitrógeno y solución jabonosa
Asfixia en espacios cerrados	Acumulación de gas por mala ventilación	Riesgo para la salud del técnico	Trabajar en áreas ventiladas y evitar espacios confinados
Daño del compresor	Presencia de humedad o aire en el sistema	Falla prematura del compresor	Realizar vacío profundo (< 500 micrones)
Choque eléctrico	Manipulación con equipo e		

Fuente: Autor

### **Prácticas experimentales propuestas**

Las prácticas experimentales propuestas tienen como finalidad aplicar de manera práctica y controlada los conocimientos teóricos sobre el uso del refrigerante R600a en sistemas de refrigeración doméstica, permitiendo al estudiante o técnico desarrollar competencias reales en diagnóstico, mantenimiento y verificación del funcionamiento del equipo.

- Práctica 1: Identificación del R600a en refrigeradores domésticos.
- Práctica 2: Simulación de fuga y detección segura.
- Práctica 3: Proceso completo de vacío y carga.

- Práctica 4: Medición de consumo eléctrico antes y después del mantenimiento.

## 5. Cuadro resumen de costos del proyecto

TABLA 8 *Detalle de los equipos que se adquirió en el proyecto*

ítem	Descripción	Cant.	V. Unitario	V. Total
1	Congelador horizontal (heladera) domestico de dos puertas (refrigerador y congelador)	1	1	260.00
2	Base metálica movable	1	50	50.00
3	Transporte	1	30	30.00
4	Digital amperímetro digital (Clam Meter)	2	70	140.00
			<b>TOTAL</b>	<b>480,00</b>

Fuente: Autor

## 6. Conclusiones y recomendaciones

La implementación del congelador horizontal (heladera) con R-600a es una necesidad importante para la actualización tecnológica del Laboratorio de Máquinas Térmicas para la formación académica y la realidad industrial, alineando al Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con condición de Universitario. con los estándares globales de eficiencia energética y protección ambiental que este refrigerante representa. Esto se traducirá en una formación más integra permitiendo para los futuros profesionales de la carrera de Mecánica Industrial, quienes contarán con las prácticas y conocimientos necesarios para desenvolverse en el campo laboral.

Este equipo es la herramienta fundamental para complementar la base teórica del ciclo de refrigeración con la práctica real. Permitiendo a los estudiantes validar los principios termodinámicos (sobrecalentamiento, subenfriamiento, presiones de trabajo en vacío) mediante la medición directa, transformando el conocimiento teórico en una experiencia tangible y verificable.

El equipo se convierte en un equipo fundamental para el desarrollo de competencias prácticas en el manejo seguro de instrumentación moderna y equipos de servicio, garantizando que los estudiantes dominen los procedimientos de vaciado, carga y diagnóstico exigidos por la tecnología de refrigeración/congelación con R600a, cumpliendo con las normativas locales y nacionales en materia de seguridad y medio ambiente.

Se recomienda trabajar utilizando gafas y guantes para protegerse del contacto directo con el refrigerante líquido, utilice un área con excelente ventilación, asegurándose de que no haya ninguna fuente de ignición (chispas) cerca del área de mantenimiento.

## 7. Bibliografía

- Álvarez Hernández, R. J. (2016). Sistema de extracción de gases refrigerantes en equipos de aire acondicionado. *Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología*.
- Andrés, C. S., & Santiago, S. S. (2019). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO BASCULANTE PARA FUNDIR ALUMINIO. *UTC*.
- Calleja-Anta, D. (2024). Alternative refrigerant mixtures to Isobutane (R-600a). *Energy efficiency enhancement and flammability reduction*.
- Fernández, S. E. (2025). Diseño y evaluación de sistemas de refrigeración industrial sostenibles: aplicación de economía circular y tecnologías de control. *El repositori digital del Tecnocampus*.
- García Mena, J. P. (2024). Implementación de un módulo de refrigeración para la carga y descarga de refrigerantes naturales para el laboratorio de tecnología industrial de la Esfot: módulo para la carga y descarga del refrigerante natural isobutano r600a. *bibdigital.epn.edu.ec*.
- García Sánchez, S. (2025). Análisis de alternativas para bombas de calor de alta temperatura en el sector industrial. *Universidad de Oviedo*.
- Gómez, D. E. (2020). SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE REFRIGERANTES. *Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Jumbo Narváez, J. C. (2021). Repotenciación del Módulo para determinación de parámetros termodinámicos de un sistema de refrigeración por compresión de vapor con refrigerante R134a. *Universidad Técnica de Cotopaxi*.
- Liébana Sendino, V. (2023). Evaluación comparativa de un nuevo gas refrigerante patentado frente a cuatro convencionales en condiciones reales de operación domésticas e industriales. *Universidad de Valladolid*.
- Paredes Medina, P. A. (2025). Desarrollo de una aplicación para la enseñanza y aprendizaje de Máquinas Térmicas. *Universidad Nacional de Chimborazo*.
- Parra, V. J. (2012). Cooperación en la crisis del ozono: una revisión de la literatura. *Revista Ingenio*.
- Pérez, & Barrios, R. (2021). Análisis comparativo de las características técnicas de refrigerantes y sus efectos sobre el medioambiente. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*.
- Pérez, B. P. (2025). Análisis energético del ciclo de compresión de vapor con eyector utilizando refrigerantes naturales. *Universidad de Sevilla*.
- Plazas Monroy, J. P. (2012). Los refrigerantes y el medio ambiente. *Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Soto, O. J. (2025). Análisis de alternativas sostenibles al refrigerante R134a en aplicaciones domésticas: estudio termodinámico de mezclas de propano e isobutano como alternativa al refrigerante R134a en sistemas de refrigeración domésticos. *Escuela Politécnica Nacional*.

**REALIZADO  
POR:**

Huertas Andrango Alex Esteban	
<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>

**REVISADO  
POR:**

Ernesto Quishpe S. PhD. <b>DOCENTE TUTOR</b>	
<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>

## 8. Anexos

### ANEXO 1: FACTURAS



## ANEXO 1: MANUAL DEL FABRICANTE



# MANUAL

## CHEST FREEZER CONGELADORES

MODELO NO: SD-168Q  
SD-210Q  
SD-268Q  
SD-308Q  
SD-480Q

## Transporte y colocación

- Al transportar el congelador de un lugar para otro, la inclinación del electrodoméstico no debe exceder los 45°, para prevenir daños al compresor y/o al sistema.
- Antes de utilizar, se debe remover todo el empaque. La cara posterior del electrodoméstico debe quedar a 20 cm. de la pared, los lados posteriores deben estar por lo menos a 20 cm. de cualquier objeto.
- El congelador debe ser colocado en un lugar con suficiente ventilación. No debe ser utilizado bajo la luz directa del sol. Debe mantenerse alejado de canillas de agua, fuentes de calor y de cualquier material inflamable y/o corrosivo.

## Fuente de Poder y prueba de funcionamiento

- La capacidad específica del alambre es de 7A (amperios). El espesor del alambre debe ser de 0.82mm<sup>2</sup>. Se permiten líneas sencillas o compuestas. Se debe instalar un fusible de 2.5 A de corriente eléctrica especificada. (Se debe remplazar el cable de alimentación por otro igual de 7 A y 0.82mm<sup>2</sup> cuando este se dañe)
- Se utiliza una fuente de energía monofásica de 60 Hz, con un rango de voltaje de 98-132V. Si el voltaje es inestable, se debe instalar un estabilizador de corriente con una capacidad superior a 1000W.
- Evite encender y apagar el electrodoméstico con demasiada frecuencia. Una vez apagado, espere cinco minutos antes de volverlo a encender.
- Cuando el congelador vaya a estar en desuso por mucho tiempo, desconecte la energía y limpie el electrodoméstico. Por favor examine el circuito antes de volver a conectar el electrodoméstico para ver si está en excelente condiciones.

## Operación de la perilla de control de temperatura.

- La temperatura dentro del compartimiento puede ser controlada con la perilla de control de temperatura.
- La perilla debe ser mantenida en posición vertical para poder ajustar la temperatura. FREEZING MAX/HÍ es la posición de enfriamiento más fuerte y es recomendada para congelamiento rápido. No se debe mantener la perilla en esta

posición por tiempo prolongado.

## **Almacenamiento de alimentos**

- Debe haber suficiente espacio libre entre los alimentos almacenados en el compartimiento y entre los alimentos y la superficie interior del mismo, para poder mantener un óptima circulación de aire frío para poder congelar uniformemente. No coloque ninguna bebida enlatada ni embotellada cuyo punto de congelación esté por encima de la temperatura cuando la temperatura en el compartimiento esté bajo cero.
- Aquellos alimentos que deben estar libres de humedad o que pierden agua fácilmente, deben estar almacenados en bolsa o recipientes herméticos antes de colocarlos en el congelador para evitar malos olores y la formación de escarcha.
- Se prohíbe el almacenamiento de gases volátiles y/o combustibles así como de líquidos alcalinos fuertes, líquidos ácidos fuertes, gasolina etc.

## **Mantenimiento**

- El congelador debe ser limpiado periódicamente. Al limpiar, apague la energía, retire los alimentos del compartimiento y limpie el interior con agua y detergente neutro.
- Al limpiar no utilice agua hirviendo, ácidos, diluyentes químicos, gasolina, aceite, ni ningún tipo de removedores de polvo.
- Seque después de limpiar.
- Utilice agua jabonosa al limpiar el empaque de la puerta. Aplique un poco de talco sobre el empaque cuando esté seco para prolongar la vida útil de este.
- Utilice agua jabonosa o un poco de detergente para limpiar la superficie externa. Tenga cuidado de mantener la fuente de energía y los cables de conexión fuera del contacto con el agua, para evitar fugas de energía o cortocircuitos.
- Aquellos que no sean técnicos de servicio, deben evitar desmontar y reparar el electrodoméstico por cuenta propia, para evitar agravar el problema que presente. Se prohíbe la reparación de elementos eléctricos tales como el compresor y el control de temperatura por parte de personal no calificado.

## Descongelación

- Para mayor eficacia en el proceso de congelación, descongele cada vez que la escarcha en el compartimiento alcance los 4 a 5 mm de espesor.
- Al descongelar, apague la energía, retire los alimentos congelados, abra la puerta para dejar entrar el calor. Utilice un trapo suave para absorber el agua y para hacer la limpieza.
- No utilice herramientas de metal con punta tales como cuchillos ni brochas de acero para remover la escarcha durante el proceso de descongelación para evitar el rompimiento del evaporador.

## Guía de solución de problemas.

Problema	Posible causa	Solución
El indicador está apagado	El cable no está conectado al tomacorriente	Conecte de nuevo
El compresor no funciona.	No hay energía	Conecte el cable al tomacorriente.
El indicador está encendido pero el compresor no funciona y emite zumbidos	El voltaje de alimentación es menor a 98V	Coloque un regulador de energía de más de 1000W totales.
El compresor para un rato después de comenzar, y luego vuelve a empezar. Hace esto repetidamente	El voltaje de alimentación es mayor a 132V	
El compresor trabaja normalmente, pero la temperatura en el compartimiento baja lentamente	La puerta se abre con frecuencia	Reduzca las veces en que abre la puerta.
	Los alimentos dentro del congelador son demasiados y están colocados in apropiadamente.	Coloque apropiadamente los alimentos. Deje espacio entre ellos para la circulación de aire frío.
	La escarcha es demasiado gruesa.	Retire los alimentos y descongele.
	La superficie del condensador está demasiado sucia.	Pare el funcionamiento del aparato limpie el condensador.
	La puerta no cierra bien.	Ajuste el empaque de la puerta.
El ruido de funcionamiento es demasiado fuerte	El congelador está colocado de manera inestable.	Coloque el congelador en terreno plano y estable.
	El empate del congelador está suelto.	Ajuste el empate.
	Las tuberías están haciendo contacto unas con otras.	Separe las tuberías

### **Las siguientes no son fallas de funcionamiento:**

- Se oye un ruido de agua corriendo que viene del material refrigerante de las tuberías y suena cuando el congelador está en funcionamiento o después de que pare por un momento.
- La temperatura de la superficie del congelador puede llegar a alcanzar los 70° ó 80° cuando está en funcionamiento.
- La parte trasera del congelador irradia calor.
- En temporada de lluvia, la superficie exterior del congelador puede tener rocío, el cual no causa ningún efecto negativo en el funcionamiento normal del electrodoméstico. Simplemente limpie con un trapo húmedo.