

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**Refrigeradora de bajo costo, tercera fase: módulo estrategia  
de producción**

Trabajo de graduación presentado por Jorge Josué Ibarra Pérez para  
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica  
Industrial

Guatemala  
2025







UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



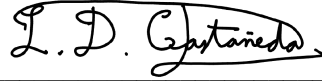
**Refrigeradora de bajo costo, tercera fase: módulo estrategia  
de producción**

Trabajo de graduación presentado por Jorge Josué Ibarra Pérez para  
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica  
Industrial

Guatemala  
2025



Vo.Bo. Asesor



Ing. Luis Diego Castañeda Fernández

Vo.Bo. Terna Examinadora



MBA Gustavo Adolfo Barrera Noriega



Ing. Luis Diego Castañeda Fernández



Ing. Cesar Alberto Rosales Gómez

Fecha de aprobación de examen de graduación: Guatemala, 19 de junio 2025.



---

# Índice

---

Lista de figuras.....	vii
Lista de cuadros .....	ix
Resumen .....	x
1. Introducción .....	1
2. Justificación .....	3
3. Objetivos .....	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos .....	5
4. Marco teórico .....	7
4.1. Refrigeradores de uso doméstico .....	7
4.2. Refrigerantes comunes para equipos domésticos .....	8
4.2.1. Refrigerantes HCFC .....	9
4.2.2. Refrigerantes HFC .....	9
4.2.3. Refrigerantes CO2.....	10
4.2.4. Medidas de seguridad .....	10
4.3. Ciclo de refrigeración .....	11
4.3.1. Compresor .....	12
4.3.2. Condensador .....	13
4.3.3. Tubo capilar o válvula de expansión.....	13
4.3.4. Evaporador .....	14
4.3.5. Termostato .....	14
4.4. Proceso de fabricación de refrigeradores .....	15
4.4.1. Materiales .....	15
4.4.2. Dobladora de lámina.....	16
4.4.3. Soldadura.....	17
4.4.4. Espuma de poliuretano .....	19
4.4.5. Estructura interior .....	19
4.5. Líneas de producción .....	20
4.5.1. Organización en las líneas de producción .....	20

4.5.2. Ventajas y limitaciones en líneas de producción .....	21
4.5.3. Diagramas de flujo de procesos .....	21
5. Metodología .....	22
5.1. Requisitos .....	24
5.2. Caracterización de la demanda .....	25
5.3. Estandarización de materias primas (BOM y MRP) .....	26
5.4. Estandarización de procesos de fabricación (DOP) .....	28
5.5. Definición de estaciones de trabajo y personal .....	31
5.6. Maquinaria requerida .....	35
5.7. Diseño de línea de producción (layout y simulaciones).....	51
5.8. Estimación de precio de venta .....	52
5.9. Análisis financiero.....	54
5.10. Elaboración de manual de uso correcto .....	54
5.11. Cálculos .....	55
5.11.1. Caracterización de la demanda.....	55
5.11.2. Costos por materia prima .....	56
5.11.3. Costos asociados a la fabricación .....	56
5.11.4. Inversión inicial .....	67
5.11.5. Estimación de precio de venta .....	69
5.11.6. Análisis financiero .....	70
6. Resultados .....	72
7. Discusión de resultados.....	81
8. Conclusiones .....	83
9. Recomendaciones.....	84
10. Bibliografía .....	85
11. Anexos.....	90

---

# Lista de figuras

---

1. Refrigeradora doméstica antigua.....	8
2. Presentación comercial de refrigerante R-134a.....	11
3. Diagrama de ciclo de refrigeración.....	12
4. Compresor en sistema de refrigeración .....	12
5. Condensador en sistema de refrigeración .....	13
6. Válvula de expansión.....	13
7. Evaporador .....	14
8. Termostato .....	14
9. Recubrimiento de Zinc en acero galvanizado .....	16
10. Dobladora de lámina CNC .....	17
11. Soldadura TIG .....	18
12. Soldadura MIG .....	18
13. Presentación comercial de espuma de poliuretano .....	19
14. Formación al vacío .....	20
15. Bill of materials .....	27
16. Ejemplo MRP para 2 meses de operación (un material) .....	28
17. DOP (Método actual) .....	29
18. Carta de ensamble estación No. 1 .....	34
19. Hoja de ruta para estación No. 1 .....	35
20. Sierra Ingletadora Galaxia.....	36
21. Cortadora de plasma ELITE Cut 40s.....	36
22. Compresor vertical de 80 L .....	37
23. Lima plana de 12 pulgadas.....	37
24. Dobladora de lámina BBT .....	38
25. Dobladora de acrílico .....	38
26. Equipo de soldadura.....	39
27. Antorcha de tungsteno Tig Lift WP26V.....	39
28. Electrodo de tungsteno de 1/16”.....	40
29. Cilindro de argón de 220 pies cúbicos para soldadura TIG .....	40
30. Kit de soldadura autógena KAYO .....	41
31. Cilindro de acetileno de 220 pies cúbicos para soldadura oxiacetilénica .....	41
32. Cilindros de oxígeno de 220 pies cúbicos para soldadura oxiacetilénica .....	42
33. Lentes transparentes de seguridad .....	42
34. Careta electrónica para soldar .....	43
35. Lentes de soldadura .....	43
36. Gabacha de cuero para soldador.....	44
37. Guantes de cuero para soldador .....	44
38. Polainas de cuero para soldador .....	45
39. Mangas de cuero para soldador .....	45

40. Chispero para soldadura .....	46
41. Martillo picador para soldadura .....	46
42. Cepillo de alambre.....	47
43. Bomba de vacío BVV .....	47
44. Set de manómetros y mangueras para refrigeración.....	48
45. Doblador de tubo Super Ego .....	48
46. Mesa de trabajo .....	49
47. Prensa de banco .....	49
48. Juego de herramientas de 154 piezas.....	50
49. Montacargas de combustión .....	50
50. Layout bodega .....	51
51. Simulación Simio .....	51
52. Layout final.....	52
53. Bill of Materials (BOM) .....	74
54. Diagrama de operaciones (DOP).....	75
55. Layout final de línea de producción.....	77
56. Manual de uso correcto .....	79

---

## Lista de cuadros

---

1. Propiedades principales del refrigerante R-134a.....	9
2. Propiedades principales del refrigerante de CO2 .....	10
3. Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304 .....	15
4. Propiedades mecánicas del acero inoxidable ASTM A653 .....	16
5. Definición de códigos .....	24
6. Requisitos .....	24
7. Costos de fabricación, ciclo térmico .....	26
8. Costos de fabricación, materiales de construcción .....	27
9. Maquinaria requerida.....	35
10. Operarios y salarios por estación.....	57
11. Detalle de consumo eléctrico por maquinaria .....	59
12. Parámetros de soldadura TIG .....	60
13. Parámetros de soldadura oxiacetilénica .....	61
14. Consumo promedio de material de aporte por tipo de soldadura .....	63
15. Detalle para inversión inicial .....	67
16. Costos de fabricación, ciclo térmico .....	73
17. Costos de fabricación, materiales de construcción .....	73
18. Utilizaciones por estación .....	78
19. Cumplimiento de requisitos.....	80

---

# Resumen

---

En Guatemala aproximadamente el 24% de la población se encuentra en un nivel de pobreza extrema donde no se cumplen con las necesidades básicas (Instituto Nacional de Estadística, 2022), tomando esto en cuenta, es factible asumir que la posesión de refrigeradores eléctricos de uso doméstico es limitada o inexistente entre este grupo de personas. La falta de un espacio refrigerado para almacenar alimentos puede llevar a la disminución de la vida útil de la comida y a problemas de salud. La imposibilidad de refrigerar alimentos, a la que se enfrenta una sustancial parte de la población, crea la necesidad de mejorar los diseños de refrigeradores existentes enfocándose en el bajo consumo eléctrico.

El objetivo de este proyecto es el de crear una estrategia de producción detallada, contando con lo necesario para garantizar la manufactura de refrigeradores de bajo costo. El propósito de dicho producto es el de satisfacer la necesidad de refrigeración para la población que no cuenta con acceso a una refrigeradora doméstica.

Como resultado se obtendrá el plan de producción donde se detallarán las materias primas a utilizar, los tiempos de producción, la maquinaria a utilizar, el presupuesto para la implementación, entre otros. La estrategia de producción será diseñada para producir refrigeradores de la forma más eficiente posible, buscando disminuir los desechos y desperdicios de material en la medida de lo posible. El modelo de refrigeradora a fabricar será la tercera iteración de refrigeradoras de bajo consumo eléctrico diseñados en la Universidad del Valle de Guatemala, la nueva refrigeradora busca ser una versión más eficiente que el prototipo anterior (ECOFRIGO18), además de ser accesible, funcional (capaz de mantener temperaturas entre 0 y 5 °C) y atractiva estéticamente.



---

## Introducción

---

La refrigeradora doméstica es un dispositivo que aumenta la calidad de vida de las personas brindando un mayor tiempo de vida a diversos alimentos, bebidas, medicamentos y demás. En este proyecto se abarca la necesidad de refrigeración que existe en Guatemala, especialmente la falta de acceso a este recurso por familias de escasos recursos. A raíz de esta necesidad surge la idea de la refrigeradora de bajo costo.

Para realizar este proyecto se toman en cuenta los costos asociados a la implementación de una línea de producción, así como los procesos de estandarización de procesos y costos de fabricación. Como punto de partida se toma el módulo anterior de este proyecto titulado Refrigeradora de bajo costo, tercera fase: módulo de diseño, fabricación, análisis y prueba de prototipo realizado por la Universidad del Valle de Guatemala (Soto, 2024).

Implementando el proceso de fabricación descrito se diseñó una línea de producción capaz de satisfacer la demanda de refrigeradoras considerando costos de materia prima, mano de obra y operación, aparte se determinó el presupuesto necesario para montar y operar dicha línea de producción por los primeros 6 meses.

Como cualquier proceso de diseño este siempre presentará puntos de mejora, los cuales se toman en cuenta al momento de rediseñar, a modo de tener como resultado una refrigeradora operacional con la mejor calidad de construcción y el menor precio posible.



---

### Justificación

---

La refrigeración de alimentos actualmente es un gran problema en Guatemala, según la información del Censo llevado a cabo en 2018, el 48 por ciento de la población nacional no cuenta con refrigeradoras en sus hogares (INE, 2018). La falta de equipos de refrigeración domésticos en la población de escasos recursos se da principalmente por los costos de dichos equipos. El no tener acceso a un refrigerador es problemático ya que guardar alimentos en la refrigeradora sirve el propósito de extender su tiempo de vida, al no tener acceso a esta herramienta la comida que se puede almacenar se limita y esta puede caducar con mayor facilidad llevando a desperdicios, gastos extras e incluso a problemas de salud.

Al crear un producto accesible se busca encontrar una solución óptima que permita a las familias de bajos recursos tener acceso a usar un refrigerador para poder almacenar sus alimentos y mantenerlos frescos, sin embargo, este no contará con espacio de congelador por lo que el almacenamiento de comidas congeladas seguirá siendo un inconveniente. Brindar acceso a un refrigerador ayudará a estas personas a que puedan almacenar sus alimentos en las condiciones requeridas, prolongar el tiempo de vida, disminuir el riesgo de contaminación por comida en mal estado y, por ende, suplir las necesidades básicas de almacenamiento y refrigeración.

Con este refrigerador se busca una alternativa económica que permita disminuir el porcentaje de personas que son incapaces de satisfacer sus necesidades de refrigeración, esta nueva refrigeradora fue diseñada a partir de los prototipos diseñados previamente en la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) de los cuales se extrajo mucha información de importancia para el diseño. Una de las ventajas en cuanto a la viabilidad de este proyecto es que el proceso de fabricación del refrigerador es relativamente sencillo gracias a diferentes factores, como el hecho de que la mayoría de los materiales requeridos para la fabricación se pueden obtener localmente, tiene un tiempo corto de fabricación y la geometría es simple.



---

# Objetivos

---

### 3.1. Objetivo general

Establecer un plan de producción detallado capaz de satisfacer la demanda de refrigeradores de bajo costo y determinar el presupuesto necesario para montar la línea de producción.

### 3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la demanda para el refrigerador de bajo costo basándose en el posible mercado objetivo.
2. Determinar los materiales necesarios para la fabricación y generar el *Bill of materials* (BOM).
3. Establecer un método estándar de fabricación con un diagrama de operaciones (DOP).
4. Diseñar la línea de producción capaz de producir refrigeradores a un precio de venta (por familia) menor a Q 1,800.00, siendo este el costo del prototipo ECOFRIGO 18 fabricado anteriormente en la Universidad del Valle de Guatemala.
5. Elaborar un manual de uso correcto para el refrigerador.



---

## Marco teórico

---

### 4.1. Refrigeradores de uso doméstico

A nivel mundial la refrigeración es un área muy importante en cuanto a la calidad de vida humana, sin esta nos sería muy difícil y costoso el almacenamiento adecuado de los alimentos y medicamentos consumidos. En estados Unidos existe la entidad conocida como *U.S. Food and Drug administration* (FDA), la cual nos informa acerca del buen manejo y almacenamiento de alimentos y/o medicamentos. En el caso en que estas normas de refrigeración y almacenamiento no se sigan, la principal consecuencia es que la salud se vea afectada contrayendo alguna enfermedad entre las más comunes se encuentran: E. Coli y Salmonella (FDA, 2021).

Las temperaturas de almacenamiento para alimentos correcta deben ser menor a 40 °F (4 °C), cuando se habla de alimentos congelados esta disminuye a 0 °F (-18 °C) (FDA, 2021). En Guatemala la institución encargada de esto es el Ministerio de Agricultura y Ganadería, esta institución nos indica que los parámetros de funcionamiento ideales para la refrigeración de alimentos de origen animal y vegetal es entre 4.4 °C y 7.0 °C (MAGA, 2011).

En cuanto a la refrigeración, Guatemala se dedica principalmente a la venta e instalación de dicho equipo, sin embargo, Guatemala tiene la desventaja de que no existen muchas empresas dedicadas al diseño de dichos equipos y por ende las partes y/o repuestos encontrados serán escasos ya que la mayoría serán específicos a los equipos vendidos localmente.

La necesidad de refrigeración doméstica surge en el siglo 19, ya que las personas comenzaban a vivir más alejados de grandes ciudades y fuentes directas de alimentos, esto significaba que no podían obtener carne fresca a diario y mantener carne para más días era una mala idea ya que esta se descomponía rápidamente. Las primeras instancias de refrigeración se datan al Profesor y Físico escocés William Cullen quien demostró principios de refrigeración que se daban al expandir un líquido y volverlo un gas instantáneamente, la disminución abrupta de presión causa que este tenga un cambio de fase a un gas a una muy baja temperatura. Este principio es la base sobre la cuál la existe la refrigeración actual (Whirlpool, 2022).

Después de varios intentos y mejoras por inventores alemanes, estadounidenses, entre otros, en 1913 el inventor estadounidense Fred W. Wolf inventó el primer refrigerador eléctrico para uso doméstico, el cuál era un refrigerador sobre un compartimiento para hielo. En 1918 la producción

comercial de refrigeradores comenzó cuando William C. Durant introdujo el primer refrigerador con su propio compresor incorporado. Los primeros refrigeradores tenían un precio entre USD 500 y USD 1000 dependiendo de capacidades y tamaños, marcas, etc. Ajustando el precio a la inflación, el equivalente hoy en día sería un refrigerador con un precio alrededor de USD 6,575 y USD 13,150 (Whirlpool, 2022).

Figura 1: Refrigeradora doméstica antigua



Fuente: Whirlpool, 2022.

## 4.2. Refrigerantes comunes para equipos domésticos

Cuando se habla de los sistemas de refrigeración domésticos, se sabe que estos funcionan con un refrigerante como fluido de trabajo, la ASHRAE define los refrigerantes como: “sustancias utilizadas en refrigeración que absorben el calor de un área y lo expulsan a otra, generalmente a través de un proceso de cambio de fase”. Adicional a esto los refrigerantes pueden ampliar sus funciones al agregar otras sustancias o al crear mezclas con otros refrigerantes en diversas proporciones, estas funciones pueden ser lubricar o incluso limpiar el sistema internamente (ASHRAE, 2019)

### 4.2.1. Refrigerantes HCFC

En el pasado los hidroclorofluorocarbonos (refrigerantes HCFC) fueron los más utilizados a nivel comercial e industrial, uno de los refrigerantes HCFC más conocidos es el R-22 el cual ha sido utilizado en muchas industrias como acondicionamiento de aire, almacenamiento en frío, equipos de refrigeración, refrigeración industrial, entre otros. Los refrigerantes HCFC se dejaron de utilizar debido su alto potencial de agotamiento de la capa de ozono, de hecho, se busca eliminar por completo todos los refrigerantes de tipo HCFC para el año 2030 (ONU, 1987).

### 4.2.2. Refrigerantes HFC

En respuesta a los refrigerantes HCFC, se comenzó a utilizar refrigerantes HFC ya que estos no agotan la capa de ozono, sin embargo, los HFC son refrigerantes con altos efectos invernaderos y por ende afectan gravemente al cambio climático y por lo tanto se busca que no sean la alternativa por defecto. Entre los refrigerantes HFC más comunes se encuentran el R-134a, R-404a y R-410a. Actualmente el R-134a sigue siendo el refrigerante más utilizado comercialmente. Genetron 134a es una de las presentaciones del refrigerante R-134a que se pueden comprar en Guatemala por medio de la empresa Unirefri. Del fabricante Honeywell se obtiene la siguiente información y especificaciones importantes (Honeywell, 2022).

Cuadro 1: Propiedades principales del refrigerante R-134a

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Nombre químico	Tetrafluoretano
Notación química	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F
Peso molecular	102
GWP (Potencial de calentamiento global)	1,430
ODP (Potencial de destrucción de la capa de ozono)	0
Punto de ebullición @ 1 bar (°C)	-26
Temperatura crítica (°C)	101
Presión crítica (bar)	41
Clasificación de seguridad, ASHRAE Estándar 34-2004	A1

Fuente: Honeywell, 2022.

### 4.2.3. Refrigerantes CO2

Los refrigerantes de CO2 son una tecnología relativamente nueva con el objetivo de reemplazar los refrigerantes HFC. A pesar de que los refrigerantes HFC no dañan la capa de ozono, es decir tienen un potencial de destrucción de la capa de ozono (ODP) de 0, su defecto es que tienen un alto potencial de calentamiento global (GWP), siendo este de 1,430 lo cual significa que liberan gases de efecto invernadero al ambiente en grandes proporciones. Los refrigerantes de CO2 como el R744 además de tener un ODP de 0, tienen un GWP de 1 significando esto que el daño que causa al medio ambiente en su uso prolongado insignificante comparado con los HFC (AGAS, 2022).

Cuadro 2: Propiedades principales del refrigerante de CO2

Propiedad	Valor
Nombre químico	Dioxido de Carbono
Notación química	CO2
Peso molecular	44
GWP (Potencial de calentamiento global)	1
ODP (Potencial de destrucción de la capa de ozono)	0
Punto de ebullición @ 1 bar (°C)	-57
Temperatura crítica (°C)	31
Presión crítica (bar)	74
Clasificación de seguridad, ASHRAE Estándar 34-2004	A1

Fuente: AGAS, 2022.

### 4.2.4. Medidas de seguridad

Al tratarse de un refrigerante es imperativo que se trate con la atención y preparación necesaria, a pesar de que este refrigerante no sea tóxico para la capa de ozono, este puede llegar a perjudicar la salud humana si no se trata de la manera correcta, por esta razón Gas Servei brinda las siguientes medidas de seguridad: (Gas Servei, 2018)

- **En caso de contacto con la piel:** Descongelar las zonas afectadas con agua, quitar la ropa contaminada. Lavar con abundante agua caliente y en caso de ampollas acudir al médico.
- **En caso de contacto con los ojos:** Enjuagar inmediatamente con solución lavaojos o con agua clara, mantener los párpados separados por 10 minutos como mínimos, acudir al médico inmediatamente.
- **En caso de ingestión:** No provocar el vómito. En el supuesto que el paciente esté consiente, lavar la boca con agua y dar de beber 200 – 300 ml de agua. Acudir al médico inmediatamente.

- **En caso de inhalación:** Apartar al paciente del lugar de exposición, sacarlo al aire libre y mantenerlo abrigado y en reposo. Administrar oxígeno si es necesario. Administrar respiración artificial si fuera necesario. En la eventualidad de paro cardíaco, aplicar masaje cardíaco externo. Acudir al médico inmediatamente.

Figura 2: Presentación comercial de refrigerante R-134a

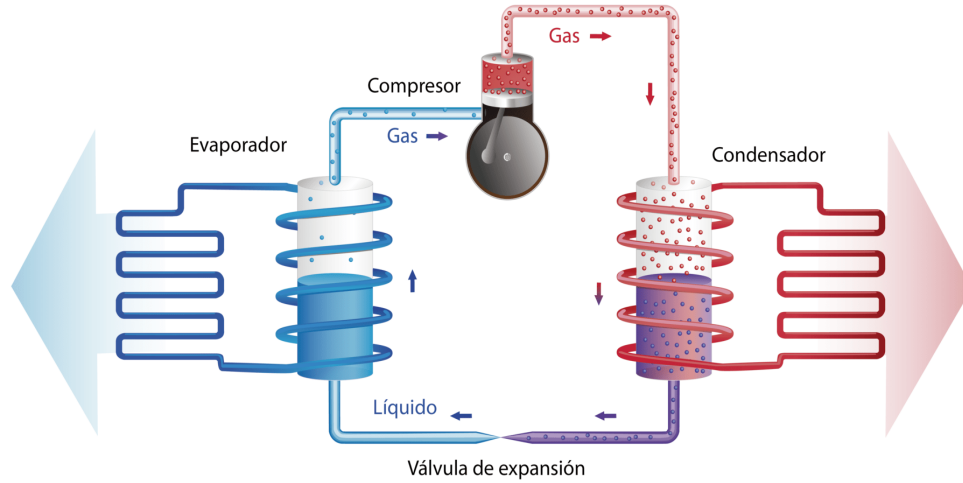


Fuente: Honeywell, 2022.

### 4.3. Ciclo de refrigeración

Para poder almacenar correctamente los alimentos, es decir evitar la propagación de bacterias dañinas, alargar el tiempo de vida y mantener los alimentos frescos es imperativo contar con un ciclo de refrigeración. El ciclo de refrigeración es básicamente el ciclo de potencia de gas ideal pero el flujo es invertido a modo de trasladar el calor del interior al exterior (Danfoss, 2022).

Figura 3: Diagrama de ciclo de refrigeración



Fuente: Danfoss, 2022.

#### 4.3.1. Compresor

Este es el encargado de hacer circular el refrigerante a través del resto de componentes, para lograr esto añade presión y por consecuencia calor al refrigerante para iniciar el ciclo (Danfoss, 2022).

Figura 4: Compresor en sistema de refrigeración

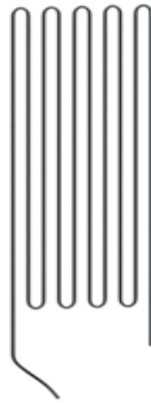


Fuente: Danfoss, 2022.

### 4.3.2. Condensador

Es un componente de gran tamaño que sirve como intercambiador de calor, por lo general se encuentra en la parte posterior de las refrigeradoras. Su función es enfriar y condensar el refrigerante, es decir este es el punto donde el calor del interior es expulsado al ambiente (Danfoss, 2022).

Figura 5: Condensador en sistema de refrigeración



Fuente: Danfoss, 2022.

### 4.3.3. Tubo capilar o válvula de expansión

Es una pieza fina tubular que también se conoce como válvula de expansión por su funcionalidad. El objetivo de esta válvula es expandir el refrigerante que pase a modo de reducir su presión de manera casi instantánea transformándolo en una mezcla a baja temperatura capaz de absorber el calor en el evaporador (Danfoss, 2022).

Figura 6: Válvula de expansión

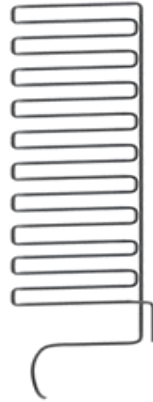


Fuente: Danfoss, 2022.

#### 4.3.4. Evaporador

El evaporador se diferencia del condensador en que el evaporador se encuentra en la parte interna de la refrigeradora, pero de igual manera se comporta como un intercambiador de calor, la diferencia es que no está expulsando el calor al ambiente, sino que está absorbiendo el calor del volumen refrigerado (Danfoss, 2022).

Figura 7: Evaporador



Fuente: Danfoss, 2022.

#### 4.3.5. Termostato

El último componente en el sistema de refrigeración es el termostato, este es el encargado de regular la temperatura y la operación del ciclo, es decir, cuando el sensor detecta que se logró la temperatura deseada en el interior, apaga el compresor parando así el ciclo. En el caso contrario cuando la temperatura aumenta por encima del límite mínimo establecido, el termostato enciende el compresor y pone el ciclo en marcha hasta reducir la temperatura a la deseada nuevamente (Danfoss, 2022).

Figura 8: Termostato



Fuente: Danfoss, 2022.

## 4.4. Proceso de fabricación de refrigeradores

Las refrigeradoras suelen ser máquinas simples, por lo general cuentan únicamente con una estructura interna y externa y un ciclo de refrigeración. Cuando se habla de la estructura externa, se habla de las cubiertas superficiales, estas sirven como base para el refrigerador ya que limitan los tamaños y características de este. La parte interior de la refrigeradora suele ser de plástico, por lo general se utiliza un proceso de termo vacío para crear estas piezas. Para asegurar que el frío se mantenga y que el refrigerador se encuentre insulated se utiliza espuma de poliuretano para sellar y llenar el espacio entre la estructura exterior e interior (Carlton, 2016).

### 4.4.1. Materiales

En la refrigeración existen dos materiales que se utilizan comúnmente para la cobertura exterior, el acero inoxidable y el acero galvanizado, ambos de estos materiales se utilizan ya que son resistentes a la corrosión y cumplen con los estándares NSF 51 y 61 los cuales brindan las características que hacen a un metal seguro para trabajar en la industria alimenticia (NSF International Standard, 1997).

Entre los aceros inoxidables, los más utilizados para la manufactura de refrigeradoras y/o electrodomésticos se encuentran los aceros inoxidables 304, 316 y 430. El más comúnmente utilizado es el 304. Entre las principales ventajas de utilizar este acero se encuentra la alta resistencia a la corrosión, buena maquinabilidad, buena soldabilidad, fácil limpieza, resistencia al impacto (Keller, 2019).

Cuadro 3: Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Nombre	AISI 304
% de carbono	0.08%
Estructura	Austenítico
Módulo de Young (GPa)	193
Resistencia última a la tensión (MPa)	505
Resistencia a la fluencia (MPa)	215
Razón de Poisson	0.29
Maquinabilidad	Muy buena
Soldabilidad	Muy buena

Fuente: Carbone Stainless, 2027.

El acero galvanizado es una alternativa más económica que el acero inoxidable ya que para alcanzar las mismas propiedades se utiliza un acero al carbón estándar y se le aplica una capa de zinc para agregar resistencia a la corrosión. Uno de los aceros galvanizados más comunes en cuanto a la refrigeración es el ASTM A653M, el cual tiene un recubrimiento de zinc grado G40 (Keller, 2019). Del fabricante Acesco se pueden obtener las siguientes propiedades para el acero galvanizado:

Cuadro 4: Propiedades mecánicas del acero inoxidable ASTM A653

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
Nombre	ASTM A653
% de carbono	0.02%
Recubrimiento mínimo (Grado G40) (g/m <sup>2</sup> )	120
Módulo de Young (GPa)	215
Resistencia última a la tensión (MPa)	310
Resistencia a la fluencia (MPa)	205
Razón de Poisson	0.29
Maquinabilidad	Muy buena
Soldabilidad	Muy buena

Fuente: Acesco, 2019.

Figura 9: Recubrimiento de Zinc en acero galvanizado



Fuente: Acesco, 2019.

#### 4.4.2. Dobladora de lámina

Como primer proceso en la manufactura se tiene el doblado del acero inoxidable para obtener la estructura frontal, como se mencionó anteriormente, para esto se necesita una dobladora de metal, la cual es una máquina diseñada para plegar láminas de diferentes materiales metálicos. Estas máquinas están construidas con resistentes placas de metal por lo que puede ser sometida a trabajos pesados como doblar láminas de alto calibre. Usualmente cuentan con ajustes para modificar el tipo de doblado en el cuerpo superior (Aeromaquinados, 2021).

Cuando se habla de dobladoras de metal existen tres tipos de dobladoras comúnmente utilizados. La dobladora de láminas eléctrica trabaja con láminas de calibres bajos, principalmente en trabajos de chapado, la principal ventaja es que, a diferencia de las dobladoras manuales, además de ser más eficiente, trabaja con precisión y uniformidad (Aeromaquinados, 2021).

Las dobladoras hidráulicas son en esencia dobladoras eléctricas, con la principal diferencia que utilizan una bomba hidráulica y por ende pueden lograr fuerzas muy elevadas y trabajar materiales de altos calibres con una gran precisión, incluso mejor que las dobladoras eléctricas, otras ventajas de este tipo de dobladora es que son más rápidas y tienen menor desgaste y una mayor eficiencia, sin embargo, estas suelen requerir mucho tiempo y dinero en mantenimiento y reparaciones (Aeromaquinados, 2021).

Por último, las dobladoras de láminas CNC son la generación más moderna de dobladoras, estas son accionadas por medio de control numérico, estas ofrecen la mayor precisión y variedad en cuanto a diseños y acabados (Aeromaquinados, 2021).

Figura 10: Dobladora de lámina CNC



Fuente: Aeromaquinados, 2021.

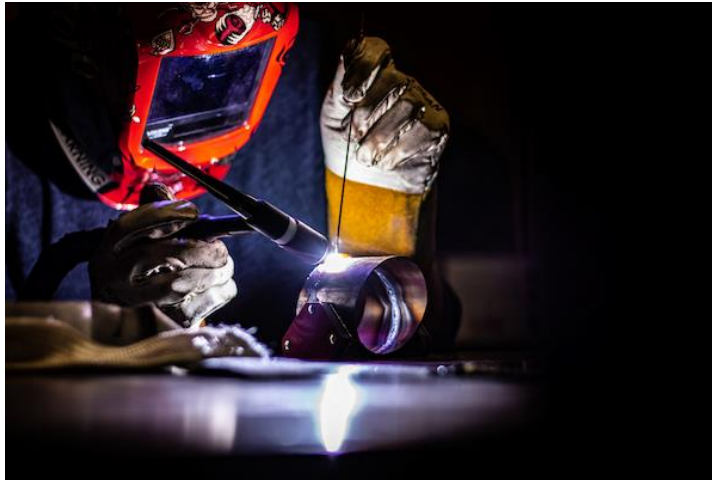
#### 4.4.3. Soldadura

En la manufactura de refrigeradoras, luego de tener las láminas metálicas dobladas a la forma deseada se utiliza la soldadura para sellar dicha lámina y poder completar la estructura exterior de la refrigeradora (Carlton, 2016).

Soldar acero inoxidable es una práctica común, sin embargo, esta es una práctica delicada ya que depende mucho de la experiencia del soldador y la preparación del material. Al soldar acero inoxidable existe la posibilidad que el material se quemé ya que retiene muy bien el calor, se recomienda utilizar prensas de latón o cobre para disipar el calor y prevenir sobrecalentamiento en el material, en casos extremos se puede llegar a oxidar la pieza. Cuando se trabaja acero inoxidable se puede soldar con diferentes métodos entre los más conocidos y recomendados está la soldadura TIG y MIG (American Torch Tip, 2022).

Las mayores diferencias entre la soldadura MIG y TIG es el tiempo, el acabado y la dificultad. La soldadura TIG es la más tardada ya que se debe soldar gota por gota, pero garantiza el mejor acabado, el más limpio y con menores riesgos de corrosión. Por otro lado, la soldadura MIG es una alternativa que reduce costos significativamente si el acabado final no es el enfoque principal, este tipo de soldadura es rápida, eficiente y sencilla (American Torch Tip, 2022).

Figura 11: Soldadura TIG



Fuente: American Torch Tip, 2022.

Figura 12: Soldadura MIG



Fuente: Young, 2020.

Si se habla de soldar acero galvanizado el proceso se complica un poco, al tener la capa protectora de zinc se debe llevar a cabo la remoción de dicha capa antes de soldar, de no ser removida al soldarse se emitirán gases verdes-amarillos que pueden llegar a ser tóxicos si se expone por un tiempo prolongado. Cuando se trata el acero galvanizado, es imperativo remover el zinc, soldar ya

sea con TIG o MIG dependiendo del acabado deseado y luego se puede volver a galvanizar de manera sencilla o pintar con pintura anticorrosiva evitando que la corrosión se exponga al material (Young, 2020).

#### 4.4.4. Espuma de poliuretano

La espuma de poliuretano se utiliza por diversas razones, entre estas: es un excelente aislante, es estructuralmente fuerte gracias a la rigidez de la espuma, no es tóxico, es liviana (ayuda a disminuir costos de transporte), su buena adhesividad ayuda a que la estructura quede completamente sellada y es un material económico en comparación a la solución previa, fibra de vidrio (Carlton, 2016).

Figura 13: Presentación comercial de espuma de poliuretano

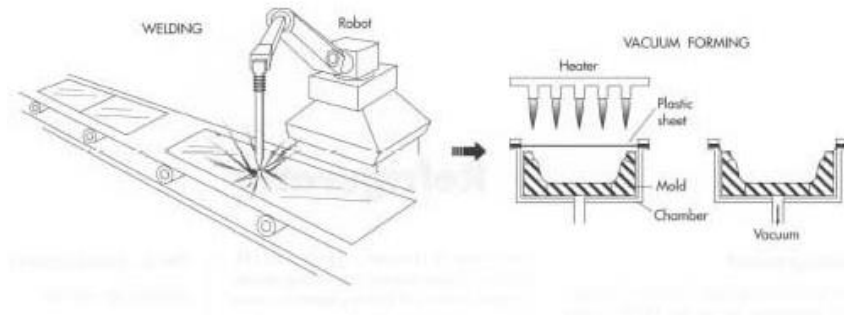


Fuente: DAP, 2022.

#### 4.4.5. Estructura interior

Para el interior de la refrigeradora, en algunas ocasiones las gavetas están fabricadas del mismo acero inoxidable que la estructura exterior, sin embargo, la mayoría de los proveedores ha cambiado al uso de plástico. Para formar la estructura interna en el plástico se utiliza un proceso llamado formación al vacío, donde una lámina de plástico es sujeta por sus esquinas y después de ser calentada, es absorbida por el vacío para ajustarse perfectamente al molde (Carlton, 2016).

Figura 14: Formación al vacío



Fuente: Carlton, 2016.

## 4.5. Líneas de producción

Una línea de producción se refiere comúnmente a un camino organizado para el ensamblaje de un producto, en la mayoría de los casos el producto que se ensambla va atravesando diversas estaciones por medio de una cinta transportadora, en cada estación se suelen encontrar al menos dos personas capacitadas para la utilización de equipo o el ensamble requerido. Al llegar a la última estación el producto suele separarse para realizar un control de calidad (Palmer, 2022).

El primer caso conocido de uso de una línea de producción para producción en masa fue en 1913 gracias a Henry Ford, quien adaptó el concepto para reducir el tiempo de ensamblaje de un automóvil. Con los años las líneas de producción se han vuelto inteligentes y casi independientes, lo cual indica reducciones en tiempo y costos (Palmer, 2022).

Cuando se crea una línea de producción, se debe tener claro que el proceso es diferente para cada producto que se desea fabricar. En términos generales la estrategia de producción se reduce a un medio de comunicación entre los encargados de obtener la materia prima y los encargados de ensamblar el producto. Para lograr una estrategia de producción se debe contar con una secuencia de actividades específicas a seguir y que lleven a un producto final, aparte de esto se necesitan los tiempos promedios de cada actividad, listado de materiales y la asignación de roles y responsabilidades (Chastek & McGregor, 2002).

### 4.5.1. Organización en las líneas de producción

En las fábricas donde se cuenta con una línea de producción es importante tener una buena organización ya que el flujo de trabajo y el rendimiento dependerá de esto además de influir en la moral y el ambiente laboral. Por lo general al momento de diseñar una fábrica se busca tener la mayor cantidad de procesos en el menor espacio posible, esto no es un buen objetivo ya que se debe tener espacio para circular y moverse, de lo contrario llenar el espacio de maquinaria será contraproducente. En cuanto a la organización de estaciones siempre se recomienda tenerlas en un orden lógico para que puedan seguir el proceso de producción sin tener que estar moviéndose de esquina a esquina y a

manera de eliminar tiempos muertos. El uso de bandas transportadoras puede aumentar la eficiencia de los ensambles, pero de ser mal diseñada, esta puede llegar a causar problemas y no ser de utilidad. En resumen, se debe buscar colocar las estaciones una tras la otra a modo de agilizar el movimiento entre estaciones y minimizar dichos tiempos. Es igual de importante tener suficiente espacio para agilizar el movimiento entre operarios y sus respectivas estaciones (Yon-Chun et al., 2016).

#### 4.5.2. Ventajas y limitaciones en líneas de producción

Las líneas de producción ofrecen como principal ventaja el hecho de ser esenciales cuando se trata de una producción continua para alto volumen y bajo costo. En las fábricas convencionales uno de los mayores costos se da por el tiempo no activo que existe entre operaciones, sin embargo, al implementar las líneas de ensamble estos tiempos muertos se reducen exponencialmente y pueden llegar a ser casi nulos. En las fábricas convencionales se puede tener grandes inventarios de materia prima, esto las pone en riesgo de pérdidas o daños a dicho material, en su lugar las líneas de producción mueven cada parte más rápido y sin mayor demora por lo que se obtiene una producción más estable, al tener menor inventario de materia prima se puede obtener un retorno de capital más rápido. Por último, se puede considerar el uso efectivo de mano de obra, ya que cada operario se encarga únicamente de realizar una o dos operaciones por lo que se vuelven expertos en dichas operaciones en un corto periodo de tiempo, en contraste se tienen los largos tiempos de aprendizaje que se dan en las fábricas convencionales donde cada operario debe aprender a realizar todas las operaciones para obtener el producto deseado (Muther, 1944).

En cuanto a las limitaciones de las líneas de producción, estas se encuentran principalmente cuando se busca tener un pequeño volumen de producción ya que muchas veces los costos de reabastecimiento y mantenimiento pueden llegar a superar los costos de producción, esto eleva demasiado los costos totales y no logra alcanzar un margen para generar utilidades (Muther, 1944).

#### 4.5.3. Diagramas de flujo de procesos

Cuando se habla de procesos de manufactura se puede complicar ya que es probable que haya operaciones que se llevan a cabo simultáneamente, operaciones que dependan unas de otras, operaciones con condicionantes muy específicas, entre otras. Por estas complicaciones es que es necesario llevar el control del proceso con diagramas de flujo. Al analizar este tipo de proceso complejo, los diagramas sirven para poder tener una secuencia lógica del orden de las operaciones de la manera más visual y simple posible, la implementación de este tipo de diagramas ayuda a mejorar la estructura de los procesos, así como a encontrar posibles tiempos muertos y puntos de mejora.

Para llevar a cabo este tipo de diagramas es necesario que muestren los elementos básicos, en estos diagramas las actividades suelen presentarse en forma de rectángulos, los flujos se representan con flechas (que unen las actividades), los inventarios se representan con triángulos invertidos y por último los puntos de decisión se representan con un rombo (Chase & Jacobs, 2014).

---

# Metodología

---

La estrategia de producción comprende todos los parámetros que se consideran para la operación de la planta. La fabricación de refrigeradoras bajo consumo eléctrico tiene como objetivo satisfacer las necesidades de refrigeración de alimentos para las personas de escasos recursos en Guatemala, para lograr crear dicha estrategia es imperativo seguir las siguientes 7 fases:

1. Investigación de antecedentes e información relevante.
2. Caracterización de la demanda.
3. Estandarización de materias primas.
4. Estandarización de procesos de fabricación.
5. Diseño de línea de producción.
6. Elaboración de manual de uso correcto.
7. Análisis financiero

### **Fase 1: Investigación de antecedentes e información relevante**

La búsqueda de antecedentes tiene como objetivo buscar cualquier información que sea relevante a la fabricación del prototipo y la elaboración de la estrategia de producción, esta puede ser en cuanto a la estandarización de procesos, preparación de presupuestos, manejo de fábricas, etc. Entre las fuentes a investigar se tomarán en cuenta los dos prototipos de refrigeradoras económicas previamente fabricados en UVG, así como los diversos recursos físicos que se encuentran en la biblioteca UVG.

### **Fase 2: Caracterización de la demanda**

Para caracterizar la posible demanda es necesario establecer un mercado objetivo, en este caso se tiene definido que la refrigeradora comunal de bajo consumo eléctrico está orientada a satisfacer las necesidades de las personas que viven en condiciones de escasos recursos y que tienen necesidades de refrigeración. Para encontrar este mercado objetivo se utilizará información del Censo Nacional 2018 como punto de partida.

### **Fase 3: Estandarización de materias primas.**

En esta fase se toma en cuenta todo lo que conlleva la manufactura, es imperativo establecer en que proporciones se utilizará cada material y con esto establecer un estándar para la fabricación por medio de un *Bill of Materials* (BOM).

### **Fase 4: Estandarización de procesos de fabricación**

Se busca llevar a cabo la estandarización de la manufactura, para esto se realizará un DOP donde se tengan a detalle los diferentes procesos que se realizan para manufacturar una refrigeradora, con este diagrama se procede a realizar las cartas de ensamble para los operarios en cada estación de trabajo.

### **Fase 5: Diseño de línea de producción.**

Teniendo los procesos de manufactura estandarizados, se procede a llevar a cabo simulaciones en el software Simio, donde se puede modelar la fábrica y realizar simulaciones probabilísticas a modo de conocer si la configuración y los tiempos aprobados son capaces de satisfacer la demanda mensual de producción.

### **Fase 6: Elaboración de manual de uso correcto**

Una vez se tengan las fases anteriores listas, se procederá a realizar un manual para garantizar la seguridad de los usuarios mediante el uso correcto y responsable del refrigerador. Para realizar dicho manual se debe utilizar el prototipo y especificar todos los procesos que se deben llevar a cabo para su utilización y la forma correcta de llevarlos a cabo.

### **Fase 7: Análisis financiero**

Al tener listos los parámetros de fabricación, así como los manuales de seguridad, únicamente queda pendiente realizar un análisis financiero para la operación de la fábrica por los primeros 5 años, para llevar a cabo este análisis financiero se debe tomar en cuenta detalles de la inversión inicial como el alquiler o compra del terreno/bodega, compra de maquinaria, instalación, etc. Así como detalles de operación como salarios, compra de materias primas, costos de operación, etc.

## 5.1. Requisitos

Cuadro 5: Definición de códigos

<b>ID</b>	<b>Significado</b>
Sec	Requisitos de seguridad
Func	Requisitos de funcionamiento
Cost	Requisitos de costo

Cuadro 6: Requisitos

<b>Código</b>	<b>Requisito</b>
Sec_01	Se debe considerar todo el equipo de protección personal necesario para cada estación.
Sec_02	Los materiales utilizados en la refrigeradora deben ser resistentes a la corrosión y no tóxicos.
Func_01	Se debe contar con al menos 3 inspectores monitoreando las actividades de los operarios.
Func_02	La línea de producción debe ser capaz producir al menos 100 refrigeradores mensualmente.
Func_03	La línea de producción debe ser capaz de adaptarse a un aumento o disminución en la demanda de hasta un 25%.
Func_04	Se debe mantener la utilización por estación menor al 80%
Cost_01	La inversión inicial establecida debe poder recuperarse en un plazo menor a 5 años.
Cost_02	El precio de venta debe ser menor a los Q 1,800.00.
Cost_03	La línea de producción y el precio de venta establecido deben generar utilidades por al menos el 15% de los costos de operación

## 5.2. Caracterización de la demanda

Para poder llevar a cabo la estrategia de producción y montar una fábrica, primero es necesario estimar el mercado objetivo, en base a esto se puede detallar el tamaño de la operación y muchos otros parámetros que serán necesarios más adelante para la operación. Para determinar el tamaño del mercado objetivo de las refrigeradoras, se acudió a los datos recabados por el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala (INE), específicamente al Censo poblacional de 2018, con esta información se procede a realizar diversos análisis a modo de determinar toda la información que se desea conocer acerca del mercado.

Los datos del Censo permiten observar la cantidad de familias que cuentan con acceso a diversos recursos como la energía eléctrica, la cual es indispensable para la operación de una refrigeradora. Por esta razón el acceso a energía eléctrica se consideró un factor de gran importancia al momento de definir el mercado disponible. Para el análisis se partió del supuesto que existen 3,275,931 hogares en Guatemala (INE, 2018), luego se procede a remover los hogares donde no se cuenta con acceso a energía eléctrica y los hogares que actualmente poseen acceso a una refrigeradora, esto nos deja con 1,587,060 hogares como mercado objetivo (INE, 2018).

Existen otros factores relacionados con el diseño del refrigerador que se vuelven importantes para la definición del mercado. En este caso el refrigerador de bajo consumo está diseñado para ser utilizado por tres familias, lo cual disminuye la cantidad de refrigeradores que se pueden vender ya que el mercado objetivo disminuye a 443,449 hogares.

Considerando los diversos factores y estableciendo que la demanda se comportará de forma constante, se busca satisfacer esta demanda en un largo tiempo ya que, si se satisface la necesidad de refrigeración en un corto tiempo, por ejemplo, 5 años, la producción debería ser de 112,592 refrigeradores anuales. Fabricar esta cantidad de refrigeradores presenta desventajas, en primer lugar, se debe tener la capacidad de producir tal cantidad de unidades elevando los costos iniciales por compra de maquinaria, renta, material, entre otros. Como segundo punto se debe contratar una mayor cantidad de operarios para el funcionamiento de la planta, aumentando los costos de operación. Como tercer punto se tiene el espacio requerido, el cual debería ser mucho mayor debido al extra de maquinaria y personal. El mayor punto en contra de satisfacer la demanda nacional en un periodo tan corto de tiempo es que se elimina el mercado, al eliminar el mercado se debe concluir con la operación y cerrar la planta.

Para evitar eliminar el mercado y poder operar por un tiempo indefinido y a modo de tener un mejor proceso de fabricación con mayor atención al detalle y acabados se tomó una demanda plana relativamente baja con un valor arbitrario de 100 unidades mensuales (1,200 anuales o 5 diarias). Producir esta cantidad de refrigeradores al mes nos permite satisfacer el 50% del mercado en 235 años. Es decir, se garantiza que exista una demanda constante para que la planta pueda operar por tiempo indefinido.

El no satisfacer al 100% del mercado es una decisión estratégica ya que al mantener un libre mercado se genera competencia, al generar competencia se espera que exista competitividad en costos, tecnologías y eficiencias haciendo que tanto nuestro producto como el de la competencia mejore en calidad y disminuya en costo.

### 5.3. Estandarización de materias primas (BOM y MRP)

Para poder llevar las refrigeradoras a la fabricación es necesario estandarizar las diversas materias primas que se utilizaran en la operación diaria, esto con el objetivo de establecer los montos que se solicitaran mensualmente a los proveedores para no quedarnos sin suficiente material o por el contrario para no tener bodegas llenas y que no se puedan almacenar otros materiales.

Para poder estandarizar la materia prima se hace uso del *Bill of materials* (BOM), este es una herramienta que nos indica las proporciones de las diferentes materias primas que se necesitan para poder manufacturar un producto. El BOM nos indica la cantidad de cada pieza o componente necesario para llegar a un producto terminado, en este caso la refrigeradora cuenta con dos partes principales, la estructura y el sistema de refrigeración. Para realizar el BOM se partió del diseño de Refrigeradora de bajo costo del Ing. Sergio soto, específicamente de los Cuadros 7 y 8 titulados: Costos de fabricación, ciclo térmico y Costos de fabricación, materiales de construcción respectivamente, de estos Cuadros se obtienen las cantidades de materiales requeridos para la fabricación del ciclo térmico y de la estructura, obteniendo finalmente el ensamble completo de la refrigeradora (Soto, 2024).

Cuadro 7: Costos de fabricación, ciclo térmico

Producto	Precio Unitario (Q.)	Cantidad	Subtotal (Q.)
Compresor (Embraco FFU80HAK)	815.00	1	815.00
Evaporador (cobre flexible 1/4 in x 50 ft)	180.00	1	180.00
Condensador (1/4 HP)	310.00	1	310.00
Tubo capilar (0.042 in x 100 ft)	165.00	0.143	23.60
Válvulas de carga	5.00	2	10.00
Varillas de plata	2.30	3	6.90
Termostato	55.00	1	55.00
Cable TSJ 3x14 (1 metro)	14.20	2	28.40
Cable calibre 14 (1 metro)	2.58	4.5	11.61
Ventiladores	40.00	2	80.00
<b>Total</b>			<b>1,520.51</b>

Fuente: Soto, 2024.

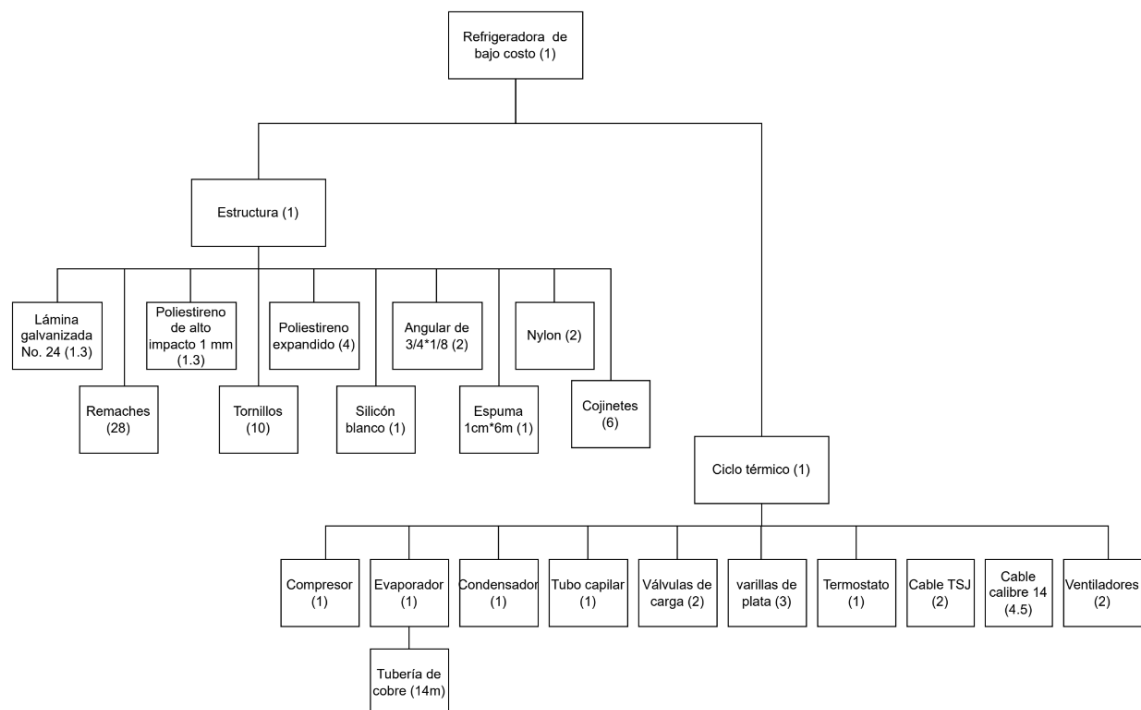
Cuadro 8: Costos de fabricación, materiales de construcción

Producto	Precio Unitario (Q.)	Cantidad	Subtotal (Q.)
Lámina galvanizada (No. 24)	150.00	1.3	199.50
Poliestireno de alto impacto (1 mm)	110.00	1.3	146.30
Poliestireno expandido (2 in)	30.00	4	120.00
Perfil angular (3/4 x 1/8)	67.25	2	134.50
Nylon	9.00	2	18.00
Remaches	0.25	28	7.00
Tornillos	1.00	10	10.00
Silicón blanco	41.00	1	41.00
Tira de espuma (1 cm x 6 m)	45.00	1	45.00
Cojinetes	6.00	6	36.00
<b>Total</b>			<b>757.30</b>

Fuente: Soto, 2024.

Conociendo los materiales necesarios y los costos de cada uno de estos se procede a crear el BOM poniendo cada material del Cuadro 7 bajo el rubro de “Ciclo térmico” y los del Cuadro 8 en “Estructura”. La suma de los costos de ambas partes da un total de Q 2,277.81 por un refrigerador completo.

Figura 15: *Bill of materials*



Teniendo las proporciones de materias primas definidas se procedió a establecer el *Materials Requirement Plan* (MRP) donde se indica la demanda mensual de refrigeradores y sobre esta se determina la demanda para cada componente conociendo la cantidad que se necesita de cada uno, además de ser una herramienta que ayuda a definir los pedidos mensuales a proveedores, también ayuda a definir cuando se acabará un material en específico, la cantidad que se requiere y el tiempo de anticipación con el que estos deben hacer los pedidos para tener siempre la materia prima disponible para la producción.

En el MRP se tienen como datos importantes: el nombre de la pieza o material, la cantidad utilizada para la fabricación de una unidad, el tamaño de los lotes (si aplica), tiempos de entrega, inventario inicial, inventario de seguridad y precio. La ventaja de utilizar un MRP para definir los pedidos de materia prima es que este se encuentra formulado para adaptarse a una demanda, así que en el caso de que se aproxime un aumento en la demanda, únicamente es necesario cambiar este dato para el mes donde se verá el aumento y el MRP se encarga de darnos las cantidades requeridas de cada material o componente. El MRP se puede encontrar de manera completa en la sección anexos.

Figura 16: Ejemplo MRP para 2 meses de operación (un material)

			1	2
<b>Refrigeradoras</b>			100	100
<b>Angular (6 metros)</b>	2	Necesidades brutas	200	200
Cantidad	N/A	Entradas programadas		
Tiempo de entrega	1	Saldo disponible proyectado		
Inventario Inicial (Unidades)	200	Necesidades netas		200
Inventario de seguridad	50	Entradas de pedidos planificados		200
		Expedición de pedidos planificados	200	200

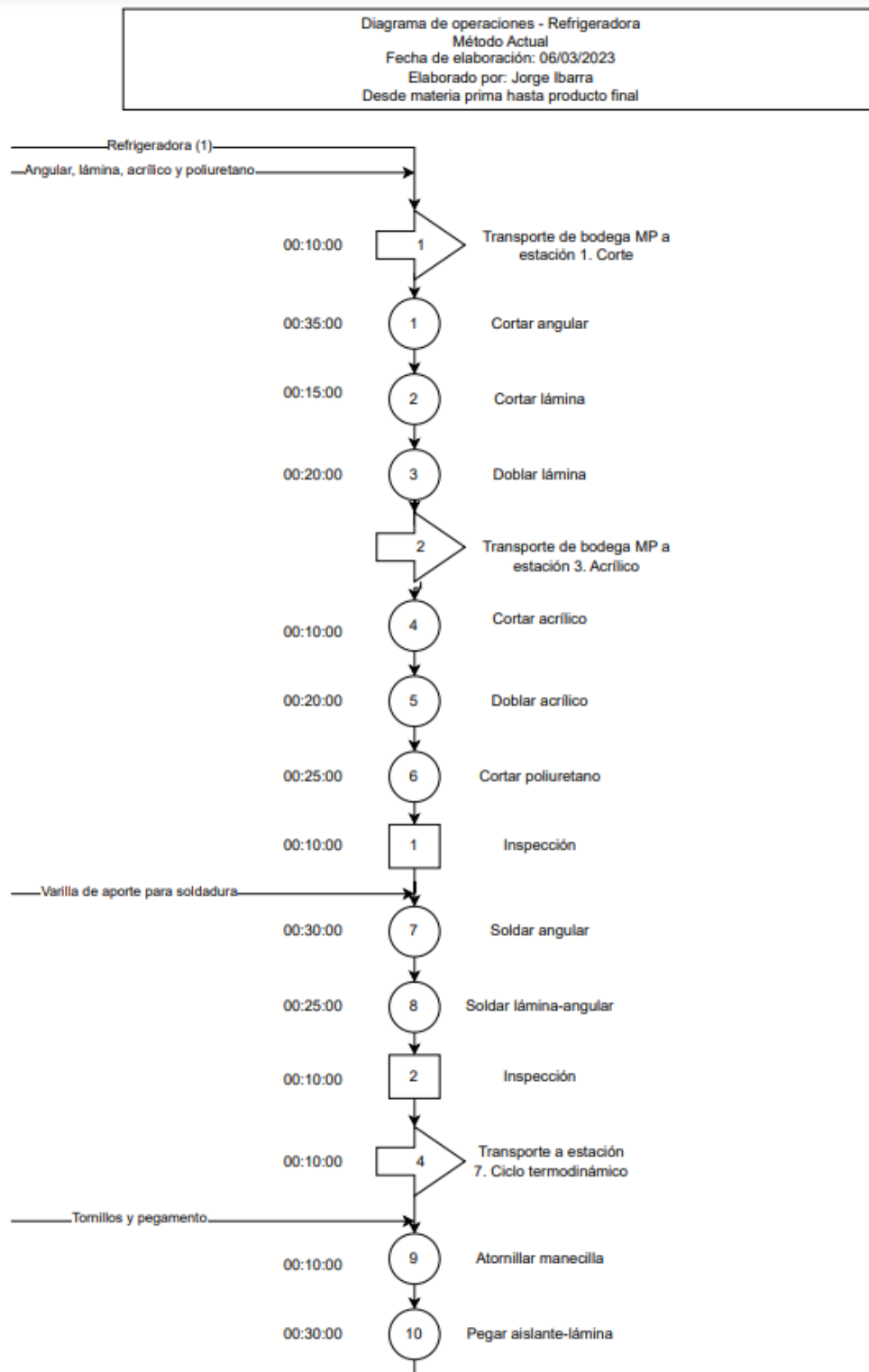
## 5.4. Estandarización de procesos de fabricación (DOP)

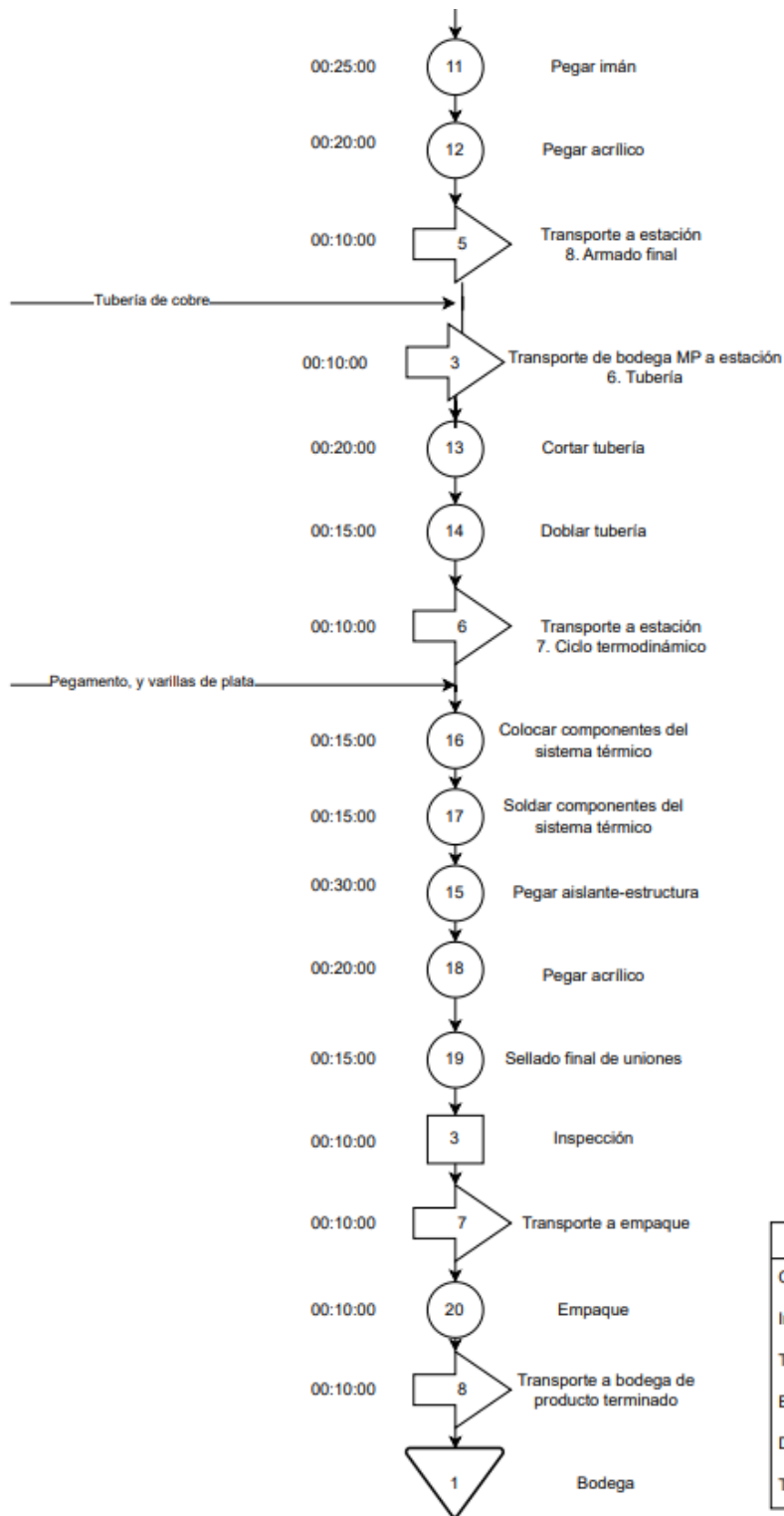
Para estandarizar los procesos de fabricación, primero se debe conocer y entender el proceso para esto se hace uso de un diagrama de operaciones (DOP) donde se especifica cada operación necesaria para llegar a un producto final, además del tiempo que toma cada operación. El DOP es ideal para tener una idea general del proceso, detectar cuellos de botella, procesos redundantes o innecesarios, etc.

Para crear el DOP se toma en cuenta cada una de las actividades/operaciones que se requieren para obtener una refrigeradora de bajo costo como producto final. Se debe hacer una lista de operaciones y colocarlas en orden cronológico a modo de obtener una secuencia lineal.

Además de las operaciones se consideró la adición de 3 inspecciones a lo largo del proceso para mejorar la calidad del acabado final y garantizar el correcto funcionamiento de todos los componentes.

Figura 17: DOP (Método actual)





	Cantidad	Tiempo
Operaciones	19	06:35:00
Inspecciones	3	00:30:00
Transporte	8	01:20:00
Entrada de bienes	5	00:00:00
Decisiones	0	00:00:00
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>08:35:00</b>

## 5.5. Definición de estaciones de trabajo y personal

Una vez se tiene claro el proceso de fabricación y el DOP, se procede a hacer la separación por estaciones, para esto se toma como criterio la similitud de operaciones, se busca que las operaciones compartan maquinaria o sean procesos similares para agruparlos por estaciones y seguir un flujo continuo sin tener que estar llevando partes de una estación a otra y de regreso, se busca que las piezas sigan las estaciones en orden secuencial para mantener el orden. La definición de estaciones queda de la siguiente manera:

**Estación 1 (Corte):** La estación está encargada de los cortes de la estructura general y exterior de la refrigeradora. En esta estación se llevan a cabo dos tipos de corte por lo que se requieren dos operarios.

El primer corte es para la estructura general y se realizarán en angulares de 6 metros de longitud con las siguientes características 3/4 in x 3/4 in x 1/8 in. Los cortes de dichos angulares se realizan de forma estandarizada siguiendo un patrón de corte para la reducción de desperdicios. Para este corte se utiliza una sierra circular o Ingletadora.

El segundo método de corte es para la estructura exterior de la refrigeradora, para esto se cortará la lámina de acero galvanizado calibre No. 24 la cual tiene una longitud de 4x8 pies. En este caso se emplea una plancha completa y la mitad de otra para completar el exterior de una refrigeradora. Para realizar estos cortes se utilizará una cortadora de plasma.

**Estación 2 (Doblado):** En esta estación se realizan dobleces para la lámina previamente cortada. Para cada una de las láminas se presenta su propio plano de dobleces los cuales constituyen toda la parte externa del refrigerador. Para la estación de doblado, se debe utilizar la dobladora manual de lámina, esta es una máquina que puede ser operada por un solo operario.

**Estación 3 (Aislante):** En esta estación se realizan los cortes y dobleces de la plancha de acrílico, la cual constituye la estructura interna de la refrigeradora.

Para esto se utilizará una plancha de acrílico de 4x8 pies con un grosor de 0.51 mm, la cual se utilizará en su totalidad. Para esto se requiere cortar 6 piezas en total, cada una con su plano respectivo. En esta estación se utilizan únicamente cuchillas para realizar los cortes.

Dos piezas de las extraídas anteriormente llevan un proceso adicional de doblado, el cual se realizará en una dobladora de acrílico, la cual permitirá calentar el material para realizar dichos dobleces.

Por último, se realizan los cortes para el poliestireno que se utilizará como aislante térmico. Para esto se utilizará una plancha de 4x8 pies y 2 pulgadas de espesor.

Se procede a pegar toda la estructura para obtener el producto final interior. Para esta estación, únicamente se requiere de un operario para utilizar la dobladora de acrílico.

**Estación 4 (Estructura):** En esta estación se soldaron los angulares para obtener la estructura general. La soldadura se realizará por medio de soldadura de arco eléctrico. Adicional a esto se soldó la lámina previamente doblada al marco de angulares.

En cuanto a la soldadura para la manufactura de las refrigeradoras, esta se da de dos tipos, TIG y de arco eléctrico. La soldadura de arco eléctrico se utiliza para la estructura interna, mientras que la soldadura TIG se utiliza para soldar las láminas de acero galvanizado a la estructura interna. Para esta estación se requiere de dos operarios: un soldador en la tarea de soldadura de arco eléctrico (estructura) y el otro soldador se encargará de la soldadura TIG (soldar lámina a estructura).

**Estación 5 (Puerta):** En esta estación se realizan los agujeros a la lámina de la puerta, estos agujeros son utilizados para la incorporación de la manija y los soportes de la bisagra. Adicional se pega el aislante a cada una de las láminas y se sella con la plancha de poliestireno de alto impacto.

Para la estación de la puerta se contará únicamente con un operario que se encargará de todos los subensambles de la puerta. Un único operario es justificable porque todos los procesos del armado de la puerta son rápidos y sencillos.

**Estación 6 (Tubería):** Esta estación es la encargada del corte y doblado del evaporador personalizado que se utilizará en la refrigeradora. Para esto se emplearon 12 metros de tubería de cobre.

Para esta estación se cuenta con un único operario encargado de ambos cortes y dobleces, sin embargo, a medida que la demanda aumenta, se puede asignar un operario para ambos cortes y otro operario que se dedique específicamente a doblar el tubo para crear el evaporador.

**Estación 7 (Ciclo termodinámico):** En la estación se cortará el resto de tubería para el ciclo termodinámico por emplear, adicional a esto se realizan las conexiones eléctricas del compresor con el termostato. El trabajo en la estación de ciclo térmico es relativamente simple ya que solo se deben conectar los diversos componentes entre sí. Para esta estación se cuenta con un único operario.

**Estación 8 (Ensamble final):** En el ensamble final se realiza la unión de todas las piezas. Inicialmente se unirá la estructura general al aislante de cada una de sus paredes para un aislamiento total.

Se procede a unir el interior hecho de poliestireno de alto impacto con el evaporador para facilitar la incorporación del resto del ciclo térmico. Se une el interior a la estructura general y se ensamblan los diferentes componentes del ciclo térmico.

Se procede a sellar todas las uniones que hay entre la lámina y el interior para evitar pérdidas de eficiencia en nuestro ciclo. Por último, se realiza el montaje de puertas para completar nuestro producto

Para la estación de ensamble final se podrá contar con dos operarios ya que muchas veces se necesita de dos personas para sostener y fijar piezas a la vez garantizando la calidad durante todo el ensamble.

Además de los dos operarios en esta estación se tendrá un supervisor fijo quien es el encargado de realizar pruebas finales a las refrigeradoras una vez terminen su ensamble, entre estas pruebas debe verificar la carga del refrigerante, verificar que no existan fugas y será el encargado de las pruebas de operación antes del empaque final.

**Empaque:** Esta estación se encarga de la correcta protección del producto. Para esta protección se emplean soportes de poliestireno en las esquinas de nuestro producto, así como una caja de cartón que será el empaque final. Para la estación de empaque se tendrá a dos operarios, quienes se encargarán de dejar el producto terminado directamente en sus respectivas cajas de presentación.

**Montacargas:** Se tendrá un operario cuya única responsabilidad será el traslado de materias primas y productos en proceso o terminados. Este operario es la única persona autorizada para mover las refrigeradoras como materias primas.

**Supervisores:** En cuanto a los supervisores del taller se contará con tres de ellos, pero tendrán diferentes responsabilidades. El primer supervisor será el encargado de taller, es decir él es el encargado de la supervisión de la maquinaria, sus respectivos mantenimientos, posibles fallas, etc. El segundo supervisor se encargará más a fondo de la producción, es decir él se encargará de que la producción esté en los niveles requeridos, que los operarios hagan su trabajo correctamente, de presentar los estándares para los procesos y las capacitaciones a nuevos operarios. El tercer supervisor será el encargado de hacer pruebas a las refrigeradoras, entre estas debe verificar la carga del refrigerante, verificar que no existan fugas y será el encargado de las pruebas de operación antes del empaque final.

**Salarios:** Al ser un proyecto enfocado a la ayuda social se busca mantener los costos de operación lo más bajos posibles, por lo que los salarios para los operarios se tomarán como el salario mínimo brindado por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, el cual es de Q 3,723.05 para el sector no agrícola en la circunscripción CE-1 que comprende el departamento de Guatemala (Ministerio de trabajo de Guatemala, 2025). En cuanto a los supervisores se espera que estos sean personal más calificado y capaz de mantener el control, seguridad y calidad en todo momento por lo que su compensación es mayor, siendo esta de Q 5,000.00 lo cual representa un 34.30% por encima del salario base.

Una vez definidas las estaciones se debe estandarizar el método por el cual se realiza cada operación, para esto es necesario que se realicen las cartas de ensamble para cada estación, estas sirven para indicar al operario las prácticas correctas de la estación. En estas cartas de ensamble se presentan los pasos, dimensiones y especificaciones a seguir para llevar a cabo todas las operaciones que se deben realizar, se construyó una carta de ensamble para cada estación.

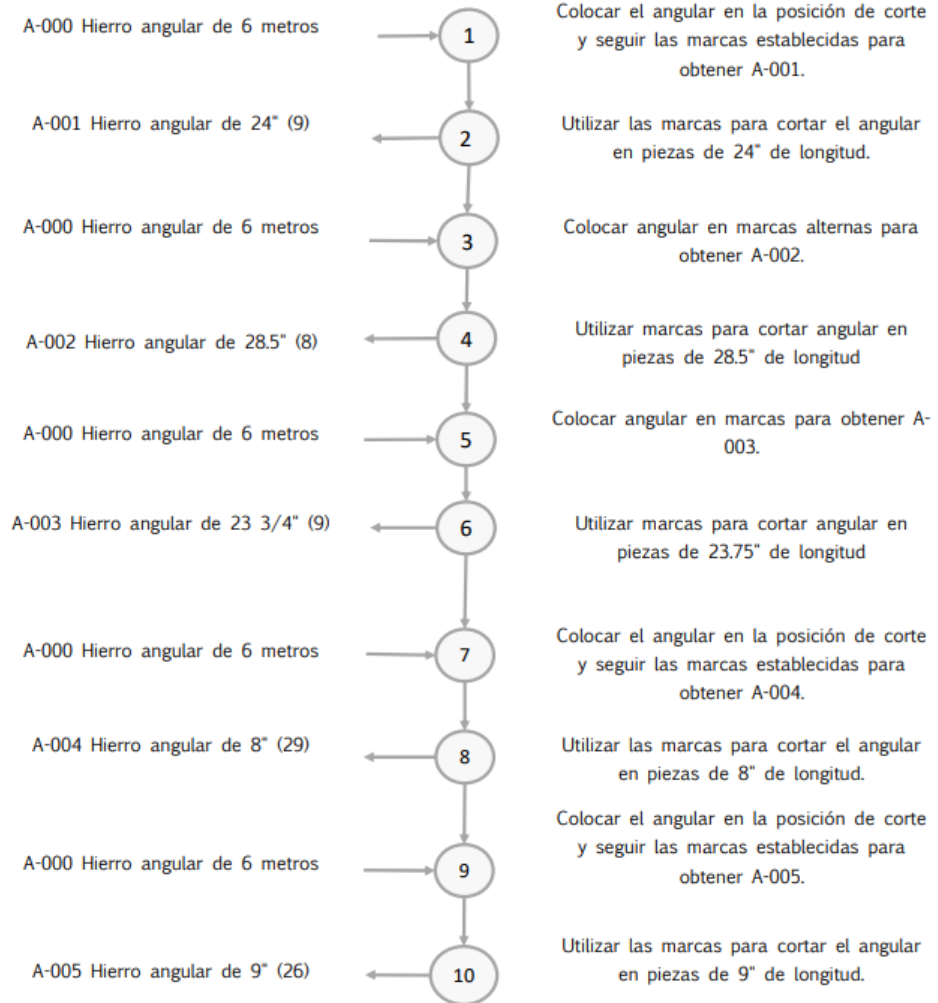
Figura 18: Carta de ensamble estación No. 1

**Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico**

**Carta de ensamble**

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	PT-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

Proceso:	Corte de lámina y angulares	Fecha:	06/03/2023
Estación de trabajo:	1	Área de corte	
Producto:	Piezas para estructura	Revisión:	0
Cod.:	Esta-001	Fecha de revisión:	06/03/2023



Además de esto fue necesario generar hojas de ruta donde se indica que proceso se hace en cada estación a manera resumida, la maquinaria o herramientas utilizados y su duración. Las hojas de ruta son similares a las cartas de ensamble, pero difieren en que las cartas de ensamble se enfocan más en instrucciones detalladas para la ejecución de tareas, mientras que las hojas de ruta se enfocan más en la planificación estratégica y a largo plazo, es decir, sirven para tener una idea o dirección general del proceso de manufactura.

Figura 19: Hoja de ruta para estación No. 1

**Universidad Del Valle de Guatemala**

**Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico**

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Elaboración de estructura general  
 Producto: Estructura general  
 Cod.: EF-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión: 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Angulares y láminas cortadas	No. de pieza
Tamaño del lote de compra	Uso	Área de corte	Fecha de entrega
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	1	Fecha de suministro
Peso	No. de sub-ensamble		Suministrado por

No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Cortar A-000 siguiendo marcas	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
2	Utilizar marcas para cortar piezas de 24"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora
3	Colocar A-000 en marcas alternas (1)	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
4	Utilizar marcas para cortar piezas de 28.5"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora
5	Colocar A-000 en marcas alternas (2)	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
6	Utilizar marcas para cortar piezas de 23 3/4"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora
7	Colocar A-000 en marcas alternas (3)	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
8	Utilizar marcas para cortar piezas de 8"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora
9	Colocar A-000 en marcas alternas (4)	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
10	Utilizar marcas para cortar piezas de 9"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora

## 5.6. Maquinaria requerida

Por último, se procede a listar la maquinaria requerida basándose en lo descrito anteriormente en la definición de estaciones de trabajo. La maquinaria requerida para la operación cuenta con:

Cuadro 9: Maquinaria requerida

Estación	Maquinaria	Cantidad
1 (Corte)	Sierra circular (Ingletadora)	1
1 (Corte)	Cortadora de plasma	1
1 (Corte)	Compresor de aire	1
2 (Doblado)	Dobladora de lámina	1
3 (Aislante)	Dobladora de acrílico	1
4 (Estructura)	Equipo de soldadura de arco eléctrico	1
4 (Estructura)	Equipo de soldadura TIG	1
6 (Tubería)	Dobladora de tubo	1
7 (Ciclo termodinámico)	Equipo de soldadura oxiacetilénica	1
8 (Ensamble final)	Bomba de vacío	1
8 (Ensamble final)	Manómetros y mangueras para refrigeración	1
Montacargas	Montacargas	1

Para la selección de la maquinaria requerida se optó por buscar en el mercado local a modo de evitar tiempos de entrega y costos extra por impuestos de importación. Por esta razón se decidió buscar todo lo necesario en negocios locales como Cemaco, EPA, Novex, etc.

Para la selección de la sierra circular o ingletadora se buscó la opción de menor precio para minimizar la inversión inicial al momento de montar la planta, por esta razón se escogió la Sierra Ingletadora de la marca Galaxia de 1,800 watts, esta tiene un precio de Q 1,850.00 al público en el sitio web de NOVEX Guatemala. (Novex, 2024).

Figura 20: Sierra Ingletadora Galaxia



Fuente: Novex, 2024.

Para la selección de la cortadora de plasma se tomó una aproximación similar y se encontró la opción de marca ELITE, específicamente el modelo ELITE CUT 40s capaz de realizar cortes en material de hasta 10 mm de espesor, esta opción se encontró en NOVEX Guatemala y cuenta con tecnología Auto-Volt que permite una reducción en hasta 30% del consumo eléctrico, este equipo tiene un precio de mercado de Q7,995.00 (Novex, 2024).

Figura 21: Cortadora de plasma ELITE Cut 40s



Fuente: Novex, 2024.

Para llevar a cabo el corte de plasma se requiere de aire comprimido por lo que es necesario seleccionar un compresor de aire. Para la selección de este componente se buscó que el equipo cumpliera con los requerimientos indicados en la ficha técnica de la cortadora de plasma. En la ficha técnica en los parámetros de corte nos indica que para cortar láminas de hasta 1.00 mm de espesor se requiere de 3 a 5 CFM de aire comprimido de 60 a 90 PSI. Con esto en mente se seleccionó el compresor vertical de 80 L de la marca Trupper, el cual tiene una capacidad máxima de 5 CFM a 90 PSI. El equipo se encontró en el sitio web de Cemaco por un precio de Q 2,829.00 (Cemaco, 2025)

Figura 22: Compresor vertical de 80 L



Fuente: Cemaco, 2025.

Después de realizar los cortes se necesita remover las posibles rebabas del corte para garantizar un buen acabado. Para remover la rebaba se necesita de limas planas, las cuales se cotizaron en Novex Guatemala a un precio de Q 70.00 por unidad (Novex, 2025).

Figura 23: Lima plana de 12 pulgadas



Fuente: Novex, 2025.

La dobladora de lámina requerida se encontró en Macro City Guatemala, quienes se dedican a la venta de herramientas, maquinaria y equipo de computación. La dobladora seleccionada es de la marca Black Bull Tools (BBT) y tiene un precio de Q39,899.00 en su sitio web (Macro City, 2024).

Figura 24: Dobladora de lámina BBT



Fuente: Macro City, 2024.

Dobladora de acrílico se seleccionó del catálogo de Novo Color Guatemala, esta tiene una capacidad para trabajar con piezas de hasta 125 cms de ancho y tiene un precio de Q1,450.00 (Novo Color Guatemala, 2024).

Figura 25: Dobladora de acrílico



Fuente: Novo Color Guatemala, 2024.

El equipo de soldadura de arco eléctrico se tomó del catálogo de Cemaco Guatemala, el equipo escogido fue la soldadora inversora bi-voltaje 200 A 127 V/220 V de la marca Truper. La mayor ventaja de este equipo de soldadura es que, además de soldadura de arco, tiene opción para trabajar soldadura de tipo TIG al adquirir la antorcha de tungsteno por aparte. El precio del equipo de soldadura es de Q2,199.00 (Cemaco, 2024).

Figura 26: Equipo de soldadura



Fuente: Cemaco, 2024.

Para completar el equipo de soldadura TIG únicamente es necesario comprar la antorcha y el electrodo de tungsteno, ya que la unidad seleccionada tiene capacidad para ambos tipos de soldadura. La antorcha fue escogida del sitio web de la ferretería MEFCO de Guatemala, la antorcha seleccionada es la Antorcha Tig Lift WP26V la cual tiene un precio de venta de Q895.00 (MEFCO, 2024).

Figura 27: Antorcha de tungsteno Tig Lift WP26V



Fuente: MEFCO, 2024.

El electrodo de tungsteno también se seleccionó del sitio web de la ferretería MEFCO, el electrodo seleccionado es el Electrodo de tungsteno rojo de 1/16" por un precio de Q180.00 por 10 unidades (MEFCO, 2025).

Figura 28: Electrodo de tungsteno de 1/16"



Fuente: MEFCO, 2025.

Para llevar a cabo la soldadura TIG es necesario también considerar la compra de los gases requeridos (Argón 100%), para esto se cotizaron los precios en Productos del Aire. Para la renta de los tanques de 220 ft<sup>3</sup> se tiene un costo único por la carga de Q1,040.00 (Productos del Aire, 2025).

Figura 29: Cilindro de argón de 220 pies cúbicos para soldadura TIG



Fuente: Productos del Aire, 2025.

El último equipo de soldadura necesario es el de soldadura autógena u oxiacetilénica, este se encontró en Novex en un kit de soldadura autógena de la marca KAYO con un precio de Q2,075.00 (Novex, 2024).

Figura 30: Kit de soldadura autógena KAYO



Fuente: Novex, 2024.

Para llevar a cabo la soldadura autógena también es necesario considerar la compra de los gases requeridos (oxígeno y acetileno), para esto se cotizaron los precios en Productos del Aire. Los tanques que manejan tienen una capacidad de 220 ft<sup>3</sup> el costo por una carga de gas es de Q445.00 sin importar si es oxígeno o acetileno (Productos del Aire, 2024).

Figura 31: Cilindro de acetileno de 220 pies cúbicos para soldadura oxiacetilénica



Fuente: Productos del Aire, 2024.

Figura 32: Cilindros de oxígeno de 220 pies cúbicos para soldadura oxiacetilénica



Fuente: Productos del Aire, 2024.

Es indispensable que todos los operarios cuenten con el equipo de seguridad requerido, es por esto que se debe contemplar la compra de diversos equipos de protección personal empezando por lentes transparentes de protección para los 17 operarios, estos lentes se encontraron en Novex a un precio de Q 15.00 por unidad (Novex, 2025).

Figura 33: Lentes transparentes de seguridad



Fuente: Novex, 2025.

Además de los lentes transparentes se necesitan caretas para soldar, estas se necesitan de dos tipos, para los operarios que trabajan en soldadura de arco y TIG se necesitan caretas electrónicas. En Novex Guatemala se cotizaron las caretas a Q 370.00 por unidad (Novex, 2025). Para los operarios que trabajan corte de plasma y soldadura oxiacetilénica se requieren lentes de soldadura, estos también se cotizaron en Novex Guatemala a un precio por unidad de Q 13.00 (Novex, 2025).

Figura 34: Careta electrónica para soldar



Fuente: Novex, 2025.

Figura 35: Lentes de soldadura



Fuente: Novex, 2025.

Además de equipos de protección visual se requiere otro tipo de protección para la soldadura. Para no correr riesgos por quemaduras se cotizó equipo de protección en Novex Guatemala y Sigo Guatemala. Las gabachas de cuero tienen un precio de Q 120.00 por unidad (Novex, 2025). Los guantes de cuero tienen un precio por par de Q 29.00 (Novex, 2025). Las polainas tienen un precio de Q 82.00 (Sigo Guatemala, 2025) y por último las mangas de cuero se cotizaron por Q 60.00 el par (Sigo Guatemala, 2025).

Figura 36: Gabacha de cuero para soldador



Fuente: Novex, 2025.

Figura 37: Guantes de cuero para soldador



Fuente: Novex, 2025.

Figura 38: Polainas de cuero para soldador



Fuente: Novex, 2025.

Figura 39: Mangas de cuero para soldador



Fuente: Novex, 2025.

Para llevar a cabo la soldadura oxiacetilénica se debe considerar la compra de un chispero para prender la antorcha. El chispero se cotizó en La Casa del Soldador por Q 15.00 (La Casa del Soldador, 2025).

Figura 40: Chispero para soldadura



Fuente: La Casa del Soldador, 2025.

Para la tarea de soldadura también se requieren martillos picadores para soldadura y cepillos de alambre, ambas herramientas se cotizaron en La Casa del Soldador por un precio de Q 35.00 y Q 18.00 respectivamente (La Casa del Soldador, 2025).

Figura 41: Martillo picador para soldadura



Fuente: La Casa del Soldador, 2025.

Figura 42: Cepillo de alambre



Fuente: La Casa del Soldador, 2025.

Luego del ensamble final se debe utilizar una bomba de vacío y un juego de manómetros y mangueras para refrigeración, esto para poder llevar a cabo las pruebas de fugas, la carga del refrigerante y las pruebas de operación. La bomba de vacío de la marca BVV se cotizó en Resitek Guatemala y tiene un precio de Q 2,695.00 (Resitek, 2025).

Figura 43: Bomba de vacío BVV



Fuente: Resitek, 2025.

El juego de manómetros y mangueras para refrigeración para llevar a cabo el llenado de refrigerante y las pruebas de funcionamiento se encontró en Novex por un precio de Q305.00 (Novex, 2025).

Figura 44: Set de manómetros y mangueras para refrigeración



Fuente: Novex, 2025.

La dobladora de tubo será utilizada para doblar tubería de cobre para fabricar los evaporadores, en el sitio web de Lewonski Guatemala se encontró una dobladora de tubo de la marca Super Ego que indica que es especial para dobles de tuberías de cobre, latón y aluminio, esta tiene un precio de Q292.50 (Lewonski, 2024).

Figura 45: Doblador de tubo Super Ego



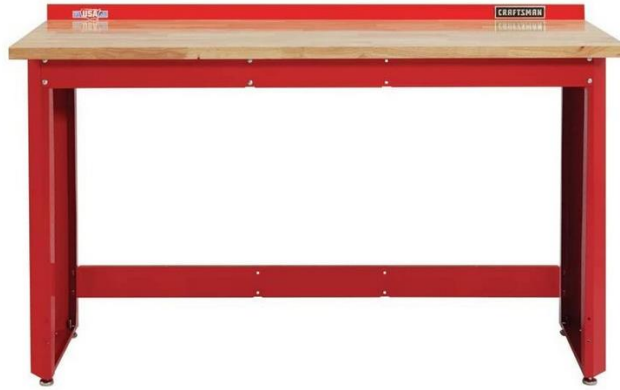
**SUPER-EGO**

 Made in Spain

Fuente: Lewonski, 2024.

Además de la maquinaria aún se debe realizar la compra de mesas de trabajo. Considerando una mesa de trabajo para cada operario se cotizaron mesas de trabajo en Novex Guatemala por un precio de Q 2,670.00 por unidad (Novex, 2025). Además, se cotizaron prensas para poner en cada mesa, estas se cotizaron de igual manera en Novex a un precio de Q 665.00 por unidad (Novex, 2025).

Figura 46: Mesa de trabajo



Fuente: Novex, 2025.

Figura 47: Prensa de banco



Fuente: Novex, 2025.

Además de mesas de trabajo y prensas, es ideal considerar la compra de herramientas básicas para el taller, en Novex Guatemala se cotizó un juego de 154 herramientas a un precio de Q 1850.00 (Novex, 2025).

Figura 48: Juego de herramientas de 154 piezas



Fuente: Novex, 2025.

Para obtener un montacargas se cotizó la renta de un equipo de combustión (Diesel) en Montacargas de Guatemala, para rentar una unidad se puede hacer por medio de contratos anuales donde se tiene un costo mensual de renta de Q12,000.00, en este precio se incluyen todos los servicios necesarios y la capacitación para un operario (Montacargas de Guatemala, 2024).

Figura 49: Montacargas de combustión

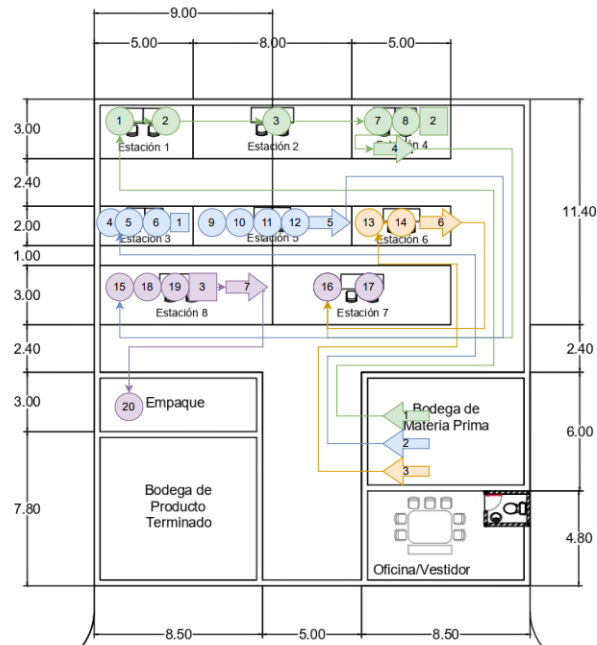


Fuentes: Montacargas de Guatemala, 2024.



Teniendo las utilidades de la planta por estación, se procede a identificar cuellos de botella y tiempos perdidos para poder reducir o eliminarlos por completo. Llevando a cabo algunas simulaciones se obtuvo el layout final de la planta, donde se tienen las mayores eficiencias y los menores tiempos perdidos por estación.

Figura 52: Layout final



Por último, teniendo el layout final se procede a realizar una última simulación con los valores más cercanos a la operación real y se obtienen los resultados de utilización por estación.

## 5.8. Estimación de precio de venta

Para definir el precio de venta del producto se debe partir de los diversos costos asociados a la fabricación, entre estos costos se incluyen los salarios de los operarios, compra de materia prima, rentas, gas para soldadura, consumo eléctrico, entre otros. Conociendo los costos totales, se busca que estos sean cubiertos en su totalidad por la venta de las refrigeradoras, para esto se debe conocer cada costo a detalle:

Los salarios de los operarios y supervisores los cuales se encuentran a detalle en el Cuadro 10. Como costos por mano de obra en un mes se tiene un valor de Q 67,122.70. El siguiente costo por considerar es el costo de renta de la bodega, esta se seleccionó por el espacio, en el layout realizado se cuenta con un espacio de 542 mts<sup>2</sup> por lo que se buscó en la página web Mapa Inmueble una bodega con un tamaño similar y se encontró una en Bárcenas, Villa Nueva que cuenta con 580 mts<sup>2</sup> dejando un excedente de 38 mts<sup>2</sup>, sabiendo que se cuenta con el espacio requerido se selecciona esta bodega la cual tiene un valor de renta mensual de Q24,200.00 (Mapa Inmueble, 2024).

En otro rubro de renta se tiene el costo asociado a la renta mensual del montacargas, esta se cotizó con un precio de Q 12,000.00 mensuales.

En cuanto a la soldadura TIG se tienen costos asociados a la compra de gas (argón) el cual tiene un valor de Q 1,040.00 por la carga de gas, sabiendo que el consumo de gas mensual es de 3 tanques se tienen cargos mensuales totales por Q 3,120.00. Para la soldadura oxiacetilénica se tienen costos por compra de oxígeno y acetileno. Conociendo que el precio de carga para ambos gases es de Q445.00 y que mensualmente se consume un tanque de acetileno y uno de oxígeno, se tienen costos por compra de gases de: Q 445.00 por acetileno y Q 445.00 por oxígeno (Productos del Aire, 2025).

Otro de los costos mensuales asociados a la soldadura es la compra de material de aporte, para este proyecto se utilizarán tres diferentes materiales de aporte, para la soldadura TIG, de arco eléctrico y oxiacetilénica. Para la soldadura oxiacetilénica no se debe considerar ningún costo adicional por compra de material de aporte, ya que este costo si se consideró dentro de la materia prima necesaria para el ensamble cómo se detalla en el Cuadro 7 Costos de fabricación, ciclo térmico. Para la soldadura TIG hay un costo asociado a la compra de varillas ER309L por Q 8,680.00 (MEFCO, 2025). Y un costo por la compra de electrodos de tungsteno por Q 180.00 (MEFCO, 2025). El costo asociado a la soldadura de arco eléctrico es por compra de electrodo 6013 por un total de Q 2,964.00 (La casa del soldador, 2025).

Uno de los costos más elevados que existe en el proceso es el de la compra de materia prima, tomando en cuenta los costos especificados en los Cuadros 7 y 8 se tiene un costo total de Q2,277.81 por unidad, tomando en cuenta que la demanda es de 100 unidades mensuales se obtiene un costo total de Q 227,781.00 mensuales.

Por último, se tienen los costos por consumo eléctrico asociados a la maquinaria, estos costos representan un valor de Q3,151.64 para un mes de operación normal. Adicional a los costos asociados a la fabricación, se incluyen los costos por compra de maquinaria, la diferencia con este costo es que es un monto fijo y no recurrente. Se busca la compra de maquinaria sea cubierta dentro del precio de venta de nuestro producto, pero incluir este costo en su totalidad elevaría el precio muchísimo, por lo tanto, se optó por dividir el monto total de compra de maquinaria (Q 114,086.50) en los 12 meses del año a modo de recuperar por completo esta inversión en ese periodo. Luego de un año de operación, cuando se haya recuperado la inversión por compra de maquinaria, este excedente de dinero considerado en el precio de venta (Q 9,507.21) se destinará a un fondo para mantenimiento, reparación y reposición de maquinaria para poder usarse conforme se necesite.

Todos los costos mencionados representan el total de egresos mensuales, con esto se procede a encontrar un precio de venta. Primero se obtiene el costo unitario tomando el valor total de los egresos mensuales y se divide en el total de unidades a producir al mes (100), esto nos da el costo de fabricación total de Q 3,595.97 por unidad.

Para definir el precio de venta final, se debe considerar que el objetivo de este refrigerador es solucionar las necesidades de refrigeración para las personas de escasos recursos, por esto no se puede esperar tener utilidades altas. Fijando como estrategia obtener un margen del 15% sobre el precio se obtiene un precio de venta estimado de Q 4,235.00.

## 5.9. Análisis financiero

Para realizar el análisis financiero se tomaron en cuenta todos los costos monetarios asociados a la operación, estos son los mismos costos totales que se consideraron para la estimación del precio de venta. Con este dato se realizó una proyección anual tanto para los egresos (costos totales) e ingresos (ventas).

Después de un año de operación vendiendo 100 unidades mensualmente al precio establecido de Q 4,235.00 se obtienen ingresos de Q 5,082,000.00 y egresos de Q 4,315,158.61, esto nos deja con una utilidad anual de Q 766,841.39.

Conociendo la utilidad tras un año de operación se puede encontrar el tiempo que tomará recuperar la inversión inicial. Se busca que cómo máximo la inversión se recupere en su totalidad luego de 5 años de operación. La inversión inicial tiene un total de Q 2,271,665.81 donde se considera la compra de maquinaria, y los costos totales de operación para los primeros 6 meses (rentas, materia prima, mano de obra, entre otros.). Conociendo estos valores se puede determinar que tomaría 2.96 años de operación para recuperar en su totalidad la inversión inicial.

## 5.10. Elaboración de manual de uso correcto

Para la elaboración del manual de uso correcto se buscó crear una guía básica con algunas recomendaciones de uso, advertencias y especificaciones técnicas. La idea es que este documento sea de utilidad para todo público, por lo que se prioriza que se mantenga simple y que no se sobrecargue con información no valiosa.

En cuanto al uso del refrigerador es sumamente sencillo, el diseño garantiza una operación automática. Para poner el refrigerador en funcionamiento únicamente se debe conectar el único cable que tiene la refrigeradora y seleccionar la temperatura que se desea en la perilla del panel de control. Luego de eso la refrigeradora se regula automáticamente.

Para elaborar el manual se tomaron los siguientes puntos clave:

- **Medidas de seguridad:** Uso adecuado, advertencias sobre riesgos, precauciones para prevenir accidentes, consejos sobre niños y mascotas.
- **Instalación y ubicación:** Lugar recomendado para colocarla (ventilación, nivelación, distancia de paredes, entre otros.), Conexión eléctrica correcta (voltaje, toma de tierra), consideraciones climáticas (lugares húmedos, exposición al sol).
- **Funcionamiento y controles:** Explicación de botones y perillas, configuración de temperatura ideal.
- **Limpieza y mantenimiento:** Método recomendado para limpiar el interior y exterior del refrigerador.
- **Solución de problemas comunes:** Qué hacer si no enfría correctamente, cómo actuar ante ruidos extraños, entre otros.
- **Especificaciones técnicas:** Dimensiones, capacidad (espacio refrigerado), consumo de energía, tipo de refrigerante.

## 5.11. Cálculos

### 5.11.1. Caracterización de la demanda

La demanda para nuestro producto se obtiene de encontrar el mercado objetivo y definir cuanto de este mercado se desea satisfacer. El mercado objetivo en este caso son las familias guatemaltecas con acceso a electricidad, pero sin acceso a una refrigeradora en su hogar, para encontrar este dato se toman los datos del Censo Poblacional de 2018 realizado por el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala (INE, 2018)

Primero se deben descontar los hogares que actualmente no cuentan con acceso a electricidad ya que no podrán hacer uso de nuestro refrigerador y por lo tanto no entran dentro del mercado objetivo. Según los datos del Censo 2018 existen 3,275,931 hogares en el país, de estos el 88.14% cuentan con acceso a electricidad, ese 88.14% representa 2,887,406 hogares, de los cuales únicamente 1,587,060 cuentan con refrigeradores (INE, 2018).

$$\textit{Total de hogares con electricidad} = 2,887,406$$

$$\textit{Hogares con refrigeradoras} = 1,587,060$$

Para encontrar el mercado objetivo se realiza una diferencia entre el número total de hogares con electricidad en el país y los hogares donde ya se cuenta con refrigeradoras.

$$\textit{(mercado objetivo)} = \textit{Total de hogares con electricidad} - \textit{Hogares con refrigeradoras}$$

$$\textit{Hogares con acceso a electricidad y sin refrigeradoras (mercado objetivo)} = 1,300,346$$

Como siguiente punto se debe tomar en cuenta que este refrigerador está diseñado para ser utilizado de forma comunitaria por hasta 3 familias, por lo que se debe ajustar el mercado objetivo:

$$\textit{Mercado refrigeradores comunales} = \frac{\textit{Mercado objetivo}}{3 \textit{ familias por refrigerador}}$$

$$\textit{Mercado refrigeradores comunales} = 433,449$$

Conociendo el mercado existente, pero desconociendo la viabilidad y aceptación del producto, como estrategia se optó por comenzar los primeros 5 años de operación produciendo 100 unidades mensuales o 1,200 anuales. Luego de estos 5 años se debe hacer un ajuste al nivel de producción en base a la aceptación del producto.

### 5.11.2. Costos por materia prima

Para definir los costos por la materia prima utilizada, se toma la información de los Cuadros 7 y 8 de donde se obtiene que los costos para las dos partes principales de la refrigeradora son:

$$\text{Costo Ciclo Térmico} = Q 1,520.51$$

$$\text{Costo Estructura} = Q 757.30$$

Para obtener el costo total por materias primas para la fabricación de una refrigeradora se suman los costos de ambas partes y se obtiene:

$$\text{Costo unitario por materia prima} = \text{Costo Ciclo Térmico} + \text{Costo Estructura}$$

$$\text{Costo unitario por materia prima} = Q 2,277.81$$

Para conocer el costo de materia prima mensual solo se debe multiplicar el Costo unitario por materia prima por la cantidad de unidades a producir, al haber modelado la demanda como un valor constante se sabe que se espera una producción de 100 unidades mensuales por lo que los costos de materia prima son:

$$\text{Costo mensual por materia prima} = \text{Costo unitario por materia prima} * 100 \text{ unidades}$$

$$\text{Costo mensual por materia prima} = Q 227,781.00$$

### 5.11.3. Costos asociados a la fabricación

En cuanto a los costos asociados a la fabricación, se consideran todos aquellos que hacen posible la obtención de un producto terminado, en este caso se consideran los costos por materia prima, los costos por mano de obra (salarios) y los costos de consumo eléctrico de la maquinaria, así como la renta de la bodega, montacargas, cilindros de gas, material de aporte, entre otros.

Los costos por materia prima se calcularon anteriormente basado en los Cuadros 7 y 8, de ellos se obtienen los precios por componente y un costo total por refrigeradora, para obtener el valor mensual se debe multiplicar por la demanda de 100 unidades y con esto se obtiene que el que el costo total por materia prima mensual es de Q227,781.00.

Para encontrar los costos mensuales por salarios se construyó una tabla donde se encuentra el detalle de la cantidad de operarios por estación o puesto y su respectivo salario. Al sumar el total de los salarios se obtienen costos por Q 67,122.70 mensuales.

Cuadro 10: Operarios y salarios por estación

<b>Estación</b>	<b>Operarios</b>	<b>Salarios (Q)</b>	<b>Total (Q)</b>
1 (Corte)	2	3,723.05	7,446.10
2 (Doblado)	1	3,723.05	3,723.05
3 (Aislante)	1	3,723.05	3,723.05
4 (Estructura)	2	3,723.05	7,446.10
5 (Puerta)	1	3,723.05	3,723.05
6 (Tubería)	1	3,723.05	3,723.05
7 (Ciclo termodinámico)	1	3,723.05	3,723.05
8 (Ensamble final)	2	3,723.05	7,446.10
9 (Empaque)	2	3,723.05	7,446.10
Operario montacargas	1	3,723.05	3,723.05
Supervisores	3	5,000.00	15,000.00
<b>Total</b>	<b>17</b>		<b>67,122.70</b>

Para obtener el costo por consumo eléctrico, se debe calcular el consumo eléctrico total de la maquinaria, para esto se debe ir a la ficha técnica de cada uno de los equipos para encontrar la potencia de operación y el ciclo de trabajo, se obtienen los siguientes datos:

La sierra circular (ingletadora) opera con una potencia de 1,800 W y un ciclo de trabajo del 100% (Novex, 2024).

La cortadora de plasma opera con una potencia de 8,800 W y un ciclo de trabajo del 50% (ELITE, 2024).

El compresor de aire opera con una potencia de 1,440 W y un ciclo de trabajo del 50% (Truper, 2025).

La dobladora de acrílico opera a 2,200 W y un ciclo de operación del 100% (Novo Color, 2024).

El equipo de soldadura tiene un consumo máximo de 9,900 W con un ciclo de trabajo del 40% (Truper, 2024).

La bomba de vacío tiene un consumo máximo de 745.70 W con un ciclo de trabajo del 50% (BVV, 2025).

Luego se procede a calcular el tiempo neto de operación de cada máquina, para esto se define que la jornada laboral es de 8:00 am a 5:00 pm, quitando la hora de almuerzo del personal se tiene una jornada efectiva de 7 horas diarias, considerando que un mes promedio tiene 20 días hábiles se encuentran las horas efectivas de producción en un mes.

$$\text{Horas efectivas en un mes} = \text{Jornada efectiva} * \text{días hábiles del mes}$$

$$\text{Horas efectivas en un mes} = 140 \text{ horas}$$

Conociendo las horas efectivas en un mes se puede encontrar la cantidad de horas de funcionamiento de cada máquina usando su ciclo de trabajo, para el caso de la cortadora plasma que tiene un ciclo de trabajo del 50% queda de la siguiente manera:

$$\text{Horas de uso Cortadora de Plasma}$$

$$= \text{Horas efectivas en un mes} * \text{Ciclo de trabajo Cortadora plasma}$$

$$\text{Horas de uso Cortadora de Plasma} = 70 \text{ horas/mes}$$

Siguiendo el mismo proceso para el resto de la maquinaria se obtienen las horas de uso efectivas en un mes para cada equipo. Por último, es necesario definir el costo por KWh consumido, para esto se consulta la página web de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) y se obtiene que para el mes de septiembre 2024 con la distribuidora EEGSA el costo por KWh es de Q1.38 (CNEE, 2024). Conociendo el precio por KWh se puede encontrar el costo por el consumo eléctrico para cada máquina de la siguiente forma:

$$\text{Costo por consumo eléctrico} = \text{Consumo eléctrico mensual (KWh)} * \text{Tarifa} \left( \frac{Q}{KWh} \right)$$

$$\text{Costo por consumo eléctrico ingletadora} = 252 \text{ KWh} * 1.38 \frac{Q}{KWh}$$

$$\text{Costo por consumo eléctrico ingletadora} = Q347.76$$

Siguiendo el mismo proceso se puede completar la información de consumo eléctrico con detalle de cada equipo como se observa a continuación en el Cuadro 11.

Cuadro 11: Detalle de consumo eléctrico por maquinaria

<b>Maquinaria</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Potencia (KW)</b>	<b>Ciclo de trabajo</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Consumo eléctrico (KWh)</b>	<b>Tarifa (Q/KWh)</b>	<b>Costo mensual (Q)</b>
Sierra circular (Ingletadora)	1,800.00	1.80	1.00	140.00	252.00	1.38	347.76
Cortadora de plasma	8,800.00	8.80	0.50	70.00	616.00	1.38	850.08
Compresor de aire	1,440.00	1.44	0.50	70.00	100.80	1.38	139.10
Dobladora de acrílico	1,100.00	1.10	1.00	140.00	154.00	1.38	212.52
Equipo de soldadura de arco eléctrico	9,900.00	9.90	0.40	56.00	554.40	1.38	765.07
Equipo de soldadura TIG	9,900.00	9.90	0.40	56.00	554.40	1.38	765.07
Bomba de vacío	745.70	0.75	0.50	70.00	52.20	1.38	72.03
<b>TOTAL</b>							<b>3,151.64</b>

Por último, se procede a listar los costos por rentas de bodega, cilindros de gas para soldadura y montacargas.

Para la bodega se tiene un costo de renta de Q24,200.00 mensuales que incluyen IVA y mantenimiento (Mapa Inmueble, 2024).

Para la renta de montacargas se cotizó el alquiler de una unidad a un precio de renta de Q12,000.00 mensuales por plazo de un año (Montacargas de Guatemala, 2024).

Para los cilindros de argón se realizó una cotización en Productos del Aire donde se establecen los costos por carga de gas en Q1,040.00. Los cilindros existentes tienen una capacidad de 220 pies cúbicos. Para definir el costo del gas es importante conocer las horas efectivas de soldadura por mes, para esto se hace uso del mismo dato que se utilizó para calcular el consumo eléctrico, el cual está listado anteriormente en el Cuadro 11 titulado: detalle de consumo eléctrico por maquinaria.

Conocemos:

$$\text{Capacidad cilindro argón} = 220 \text{ ft}^3$$

$$\text{Costo por carga} = Q 1,040.00$$

$$\text{Horas efectivas de soldadura mensuales} = 56 \text{ horas}$$

Para determinar la cantidad de gas o la cantidad de cargas mensuales se debe conocer el consumo promedio del gas según el tipo de material a soldar. Del fabricante Linde, conocido por ser líder mundial en ventas de gases industriales, se utiliza una tabla de parámetros para soldadura TIG donde basa en el espesor del material a soldar, diámetro del electrodo, posición, entre otros. Sabiendo

que se utilizará la soldadura TIG para soldar las láminas de acero galvanizado, sabemos que el material a usar es lámina de acero galvanizado No. 24 con un espesor aproximado de 0.025 pulgadas y que nuestro electrodo tiene un diámetro de 1/16”, de esto obtenemos que el flujo de gas óptimo para la soldadura es de 10 pies cúbicos por hora.

Cuadro 12: Parámetros de soldadura TIG

Material thickness (in)	Position	Passes	Tungsten diameter (in)	Filler rod diameter (in)	Gas flow (cfh)
0.018	Flat	1	0.040	0.035	10
0.030	Flat	1	1/16	0.045	10
0.062	Flat	1	1/16	0.045	10
0.093	Flat	1	1/16	1/16	15
0.125	Flat	1	3/32	1/16	15
0.250	Flat	3	1/8	3/32	15

Fuente: Linde, 2025.

Conociendo el flujo de gas y las horas de trabajo se puede calcular la cantidad de gas total que se necesita de la siguiente manera:

$$\text{Flujo de gas} = \frac{\text{Volumen de gas desplazado}}{\text{Tiempo}} = 10 \frac{ft^3}{h}$$

Si despejamos la ecuación obtenemos:

$$\text{Volumen de gas desplazado} = \text{Flujo de gas} * \text{Tiempo}$$

Sabiendo el flujo de gas y que se tiene un tiempo efectivo de trabajo al mes de 56 horas, se puede encontrar el volumen de gas requerido por mes de operación.

$$\text{Volumen de gas mensual} = 10 \frac{ft^3}{h} * 56 h$$

$$\text{Volumen de gas mensual} = 560 ft^3$$

Conociendo el volumen total de gas que se necesita en un mes y la capacidad de los tanques, se puede encontrar que para un mes de operación normal la cantidad de cargas de argón necesarias es de:

$$\text{Cargas mensuales} = \frac{\text{Volumen de gas mensual}}{\text{Capacidad de tanque}}$$

$$\text{Cargas mensuales} = \frac{560 ft^3}{220 ft^3}$$

$$Cargas\ mensuales = 2.55\ cargas\ de\ argón$$

Por último, se debe tomar en cuenta que no se pueden hacer 2.55 cargas por lo que se asumen 3 cargas al mes, sabiendo que el costo por carga es de Q 1,040.00, en total se tienen costos por compra de gas mensual por:

$$Costo\ total\ mensual\ por\ gas\ (argón) = Cargas\ mensuales * Costo\ por\ carga$$

$$Costo\ total\ mensual\ por\ gas\ (argón) = 3 * Q\ 1,040.00$$

$$Costo\ total\ mensual\ por\ gas\ (argón) = Q\ 3,120.00$$

Para encontrar los costos por compra de gases para la soldadura oxiacetilénica se sigue el mismo procedimiento que para el Argón, empezando con el Acetileno se tiene:

$$Capacidad\ cilindro\ argón = 220\ ft^3$$

$$Costo\ por\ carga = Q\ 445.00$$

$$Horas\ efectivas\ de\ soldadura\ mensuales = 56\ horas$$

Para conocer el flujo de gas con el que se debe trabajar se toma la información de SAGA, conocido por ser especialistas en distribución de gases para uso industrial. El distribuidor brinda la siguiente tabla con parámetros de trabajo para soldadura oxiacetilénica, sabiendo que esta soldadura se utilizará para soldar tuberías de cobre en el ciclo de refrigeración y que el espesor de dicha tubería es menor a 1 mm, el flujo recomendado de acetileno es de 1.2 L/min (SAGA, 2025).

Cuadro 13: Parámetros de soldadura oxiacetilénica

<b>Espesor (mm)</b>	<b>Lanza (No.)</b>	<b>Consumo Oxígeno (L/min)</b>	<b>Consumo Acetileno (L/min)</b>
0.5 - 1.0	0	1.2 - 1.5	1.2 - 1.5
1.0 - 2.0	1	2.4 - 2.9	2.4 - 2.9
2.0 - 4.0	2	4.8 - 5.8	4.8 - 5.8
4.0 - 6.0	3	7.5 - 9.2	7.5 - 9.2
6.0 - 9.0	4	12.0 - 14.7	12.0 - 14.7
9.0 - 14.0	5	18.8 - 22.9	18.8 - 22.9
14.0 - 20.0	6	27.0 - 33.0	27.0 - 33.0
20.0 - 30.0	7	37.5 - 45.8	37.5 - 45.8

Fuente: SAGA, 2025.

Conociendo el flujo de gas y las horas de trabajo se puede calcular la cantidad de gas total que se necesita de la siguiente manera:

$$\text{Flujo de gas} = \frac{\text{Volumen de gas desplazado}}{\text{Tiempo}} = 1.2 \frac{L}{\text{min}}$$

Convertimos el flujo a pies cúbicos por hora:

$$1.2 \frac{L}{\text{min}} * \frac{1 \text{ ft}^3}{28.3168 L} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 2.54 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}}$$

Si despejamos la ecuación obtenemos:

$$\text{Volumen de gas desplazado} = \text{Flujo de gas} * \text{Tiempo}$$

Sabiendo el flujo de gas y que se tiene un tiempo efectivo de trabajo al mes de 56 horas, se puede encontrar el volumen de gas requerido por mes de operación.

$$\text{Volumen de gas mensual} = 2.54 \frac{\text{ft}^3}{\text{h}} * 56 \text{ h}$$

$$\text{Volumen de gas mensual} = 142.39 \text{ ft}^3$$

Conociendo el volumen total de gas que se necesita en un mes y la capacidad de los tanques, se puede encontrar que para un mes de operación normal la cantidad de cargas de argón necesarias es de:

$$\text{Cargas mensuales} = \frac{\text{Volumen de gas mensual}}{\text{Capacidad de tanque}}$$

$$\text{Cargas mensuales} = \frac{142.39 \text{ ft}^3}{220 \text{ ft}^3}$$

$$\text{Cargas mensuales} = 0.65 \approx 1 \text{ carga de acetileno}$$

Por último, sabiendo que el costo por carga es de Q 445.00, en total se tienen costos por compra de gas mensual por:

$$\text{Costo total mensual por gas (acetileno)} = \text{Cargas mensuales} * \text{Costo por carga}$$

$$\text{Costo total mensual por gas (acetileno)} = Q 445.00$$

Para el costo por compra de oxígeno nos basamos en el consumo de acetileno ya que es el mismo tiempo de operación y mismos parámetros, sin embargo, hay que tomar en cuenta que para esta soldadura se recomienda una llama neutra y para tener una llama neutra la American Welding Society recomienda una proporción de 1.2 partes de oxígeno por cada parte de acetileno (AWS, 2025).

$$\text{Volumen de gas mensual (oxígeno)} = \text{Volumen de gas mensual (acetileno)} * 1.2$$

$$\text{Volumen de gas mensual (oxígeno)} = 142.39 \text{ ft}^3 * 1.2$$

$$\text{Volumen de gas mensual (oxígeno)} = 170.87 \text{ ft}^3$$

Conociendo el volumen total de gas que se necesita en un mes y la capacidad de los tanques, se puede encontrar que para un mes de operación normal la cantidad de cargas de argón necesarias es de:

$$\text{Cargas mensuales} = \frac{\text{Volumen de gas mensual}}{\text{Capacidad de tanque}}$$

$$\text{Cargas mensuales} = \frac{170.87 \text{ ft}^3}{220 \text{ ft}^3}$$

$$\text{Cargas mensuales} = 0.78 \approx 1 \text{ carga de oxígeno}$$

Por último, sabiendo que el costo por carga es de Q 445.00, en total se tienen costos por compra de gas mensual por:

$$\text{Costo total mensual por gas (oxígeno)} = \text{Cargas mensuales} * \text{Costo por carga}$$

$$\text{Costo total mensual por gas (acetileno)} = Q 445.00$$

Cómo último punto de consumo mensual se debe calcular el costo por compra de material de aporte para la soldadura. Para calcular este consumo se usaron estimaciones de consumo publicadas por la AWS, en estas estimaciones se dan promedios de consumo de material de aporte en proyectos reales por diferente tipo de soldadura. Es importante recalcar los valores brindados son promediados de consumos reales, pero pueden variar de proyecto en proyecto por diversas razones cómo parámetros de soldadura, posición, material a soldar, temperatura del ambiente, habilidad del soldador, entre otros.

Cuadro 14: Consumo promedio de material de aporte por tipo de soldadura

<b>Intensidad de trabajo</b>	<b>TIG (kg/h)</b>	<b>Oxiacetilénica (kg/h)</b>	<b>Arco Electrico (kg/h)</b>
Baja	0.3 - 0.6	0.4 - 0.7	1.0 - 1.3
Media	0.5 - 1.0	0.6 - 1.0	1.3 - 2.0
Alta	0.8 - 1.5	0.9 - 1.5	2.0 - 3.0

Fuente: AWS, 2025.

Es importante notar que únicamente se calculará el material de aporte consumido para la soldadura TIG y de arco eléctrico, esto se debe a que el costo por consumo de material de aporte para la soldadura oxiacetilénica ya fue considerado en la compra de materia prima como se puede ver en el Cuadro 7. Para calcular el consumo de varillas de aporte para la soldadura TIG se tomaron en cuenta las mismas horas efectivas que en el cálculo de consumo eléctrico (Cuadro 11) y del Cuadro 14 se tomó el dato de mayor consumo para una intensidad de trabajo media para soldadura TIG. Con estos datos se procede a calcular el total de material de aporte necesario de la siguiente manera:

$$\text{Horas efectivas de soldadura} = 56 \text{ Horas}$$

$$\text{Consumo promedio de material de aporte} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\begin{aligned} \text{Material de aporte necesario} \\ &= \text{Horas efectivas de soldadura} \\ &\quad * \text{Consumo promedio de material de aporte} \\ \text{Material de aporte necesario} &= 56 \text{ kg} \end{aligned}$$

Conociendo la cantidad de material de aporte se procede a calcular el costo por el material. El proveedor MEFCO indica que el material de aporte indicado para soldadura de acero galvanizado con acero al carbono es la varilla para TIG ER309L, el cual tiene un precio de mercado de Q 70.00 por libra de material (MEFCO, 2025).

$$\text{Material de aporte necesario} = 56 \text{ kg} \approx 124 \text{ Lb}$$

$$\text{Precio por libra de material} = Q 70.00$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por material de aporte} \\ &= \text{Material de aporte necesario} * \text{precio por libra de material} \\ \text{Costo por material de aporte} &= Q 8,680.00 \end{aligned}$$

Para la soldadura TIG se tiene un costo adicional por compra de electrodo de tungsteno, en este caso el electrodo seleccionado es el de tungsteno rojo de 1/16" que tiene un precio de Q 180.00 por 10 unidades (MEFCO, 2025). El consumo de electrodo de tungsteno es mucho más lento al de un electrodo tradicional. Según el proveedor Miller, conocido por la venta de diversos equipos de soldadura, un electrodo de tungsteno debe afilarse cada 1 a 3 horas para garantizar la calidad de la soldadura, en trabajo continuo esto se traduce a un electrodo de tungsteno cada 10 a 15 horas (Miller, 2025). Tomando el caso pesimista de un electrodo cada 10 horas:

$$\text{Horas efectivas de soldadura} = 56 \text{ Horas}$$

$$\text{Precio por 10 unidades de electrodos} = Q 180.00$$

$$\text{Tiempo promedio de consumo por electrodo} = 10 \text{ horas}$$

De esto se puede obtener:

$$\text{Cantidad de electrodos al mes} = \frac{\text{Horas efectivas de soldadura}}{\text{Tiempo promedio de consumo por electrodo}}$$

$$\text{Cantidad de electrodos al mes} = \frac{56 \text{ horas}}{10 \text{ horas/electrodo}}$$

$$\text{Cantidad de electrodos al mes} = 5.6 \text{ electrodos}$$

El consumo de electrodo de tungsteno por mes es menor a las 10 unidades, esto quiere decir que basta con comprar un paquete de electrodos de tungsteno al mes. El costo total por compra de electrodo de tungsteno mensual es de:

$$\text{Costo mensual por compra de electrodo de tungsteno} = Q 180.00$$

A continuación, se sigue el mismo procedimiento para encontrar el costo mensual por compra de material de aporte para la soldadura de arco eléctrico.

$$\text{Horas efectivas de soldadura} = 56 \text{ Horas}$$

$$\text{Consumo promedio de material de aporte} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

*Material de aporte necesario*

$$= \text{Horas efectivas de soldadura}$$

$$* \text{Consumo promedio de material de aporte}$$

$$\text{Material de aporte necesario} = 112 \text{ kg}$$

Conociendo la cantidad de material de aporte se procede a calcular el costo por el material. El proveedor La casa del soldador indica que el material de aporte indicado para soldadura de acero al carbono es el electrodo 6013, el cual tiene un precio de mercado de Q 12.00 por libra de material (La casa del soldador, 2025).

$$\text{Material de aporte necesario} = 112 \text{ kg} \approx 247 \text{ Lb}$$

$$\text{Precio por libra de material} = Q 12.00$$

$$\begin{aligned} & \text{Costo por material de aporte} \\ & = \text{Material de aporte necesario} * \text{precio por libra de material} \\ & \text{Costo por material de aporte} = Q 2,964.00 \end{aligned}$$

Para encontrar los costos totales por operación mensual simplemente se suman todos los costos totales descritos anteriormente y se obtiene:

$$\begin{aligned} & \text{Costos totales por operación mensual} \\ & = \text{Costos totales por materia prima} + \text{Costos por salarios} \\ & + \text{Costo total por consumo eléctrico} + \text{Renta mensual bodega} \\ & + \text{Renta mensual montacargas} + \text{Costo total por gas para soldadura} \\ & + \text{Costos por compra de material de aporte} \end{aligned}$$

$$\text{Costos totales por operación mensual} = Q 359,596.55$$

#### 5.11.4. Inversión inicial

Los costos por la adquisición de la maquinaria se obtienen directamente de los proveedores de cada equipo, los precios de cada equipo se detallan a continuación:

Cuadro 15: Detalle para inversión inicial

<b>Compra de maquinaria y equipo</b>	<b>Precio (Q)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (Q)</b>
Sierra circular (Ingletadora)	1,850.00	1.00	1,850.00
Cortadora de plasma	7,995.00	1.00	7,995.00
Compresor de aire de 80L	2,829.00	1.00	2,829.00
Dobladora de lámina	39,899.00	1.00	39,899.00
Dobladora de acrílico	1,450.00	1.00	1,450.00
Unidad de soldadura	2,199.00	2.00	4,398.00
Antorcha TIG	895.00	1.00	895.00
Equipo de soldadura oxiacetilénica	2,075.00	1.00	2,075.00
Dobladora de tubo	292.50	1.00	292.50
Bomba de vacío	2,695.00	1.00	2,695.00
Manómetros y mangueras para refrigeración	305.00	1.00	305.00
Lentes de seguridad transparentes	15.00	17.00	255.00
Caretas para soldar electrónicas	370.00	2.00	740.00
Lentes para soldar	13.00	2.00	26.00
Gabachas de cuero para soldar	120.00	3.00	360.00
Guantes de cuero manga larga para soldar	29.00	3.00	87.00
Polainas para soldar	82.00	3.00	246.00
Mangas para soldar	60.00	3.00	180.00
Mesas de trabajo	2,670.00	13.00	34,710.00
Prensas de banco	665.00	13.00	8,645.00
Limas	70.00	5.00	350.00
Cepillos de alambre	18.00	3.00	54.00
Martillo picador para soldadura	35.00	1.00	35.00
Chispero para soldadura Oxi	15.00	1.00	15.00
Juego de herramienta básica 154 pzs	1,850.00	2.00	3,700.00
<b>TOTAL</b>			<b>114,086.50</b>

Al sumar todos los precios de la maquinaria seleccionada se obtiene el valor de la inversión inicial por compra de maquinaria el cuál es de:

$$\text{Inversión inicial (compra de maquinaria)} = Q 114,086.50$$

Para obtener el total de la inversión inicial se consideró que se debe presupuestar los costos de operación totales para al menos los primeros 6 de operación a modo de poder operar en este periodo aún si no se tienen los ingresos esperados.

$$\begin{aligned} \text{Inversión inicial (operación primeros 6 meses)} \\ = \text{Costos totales por operación mensual} * 6 \end{aligned}$$

$$\text{Inversión inicial (operación primeros 6 meses)} = Q 2,157,579.31$$

Por último, para encontrar el valor total de la inversión inicial se suman ambos conceptos:

$$\begin{aligned} \text{Inversión inicial} \\ = \text{Inversión inicial (compra de maquinaria)} \\ + \text{Inversión inicial (Operación primeros 6 meses)} \\ \text{Inversión inicial} = Q 2,271,665.81 \end{aligned}$$

### 5.11.5. Estimación de precio de venta

Para estimar el precio de venta se parte de los costos totales mensuales ya que se busca cubrirlos en su totalidad, de la sección anterior se tiene:

$$\text{Costos totales por operación mensual} = Q 359,596.55$$

Ahora es necesario encontrar el costo total por refrigeradora, conociendo que la demanda es de 100 unidades mensuales se encuentra el costo de fabricación por unidad de la siguiente manera:

$$\text{Costo total de fabricación (unidad)} = \frac{\text{Costos totales por operación mensual}}{100 \text{ unidades}}$$

$$\text{Costo total de fabricación (unidad)} = Q3,595.97$$

Para definir el precio de venta final, se debe considerar que el objetivo de este refrigerador es solucionar las necesidades de refrigeración para las personas de escasos recursos, es decir se considera como un proyecto de ayuda social por lo que no se busca generar utilidades del 50% del valor o mayores, sino que se define como estrategia generar un margen del 15%.

$$\text{Precio de venta} = \frac{\text{Costo de fabricación (unidad)}}{1 - \text{Margen}}$$

$$\text{Precio de venta} = \frac{\text{Costo de fabricación (unidad)}}{1 - 0.15}$$

$$\text{Precio de venta} = \frac{Q 3,554.80}{0.85}$$

$$\text{Precio de venta} = Q 4,235.00$$

### 5.11.6. Análisis financiero

Para determinar la rentabilidad de operación se procede a realizar un análisis financiero en donde se tiene como objetivo encontrar las utilidades anuales por medio de los ingresos y egresos anuales, conociendo esta información se procede a determinar en cuanto tiempo se logra recuperar la inversión inicial.

Primero se debe tener la estimación de costos totales por operación anual, de las secciones anteriores se tienen los costos totales de operación para un mes, por lo que se pueden encontrar los costos totales de operación anual de la siguiente manera:

$$\text{Costos totales por operación mensual} = Q 359,596.55$$

$$\text{Costos totales por operación anual} = \text{Costos totales por operación mensual} * 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costos totales por operación anual} = Q 4,315,158.61$$

Para encontrar la utilidad se debe conocer el total de ingresos anuales esperados, sabiendo que los únicos ingresos esperados son por las ventas, se parte del precio de venta establecido en Q 4,235.00. y este se multiplica por la demanda anual.

$$\text{Demanda mensual} = 100 \text{ unidades}$$

$$\text{Demanda anual} = \text{Demanda mensual} * 12$$

$$\text{Demanda anual} = 1,200 \text{ unidades}$$

Para encontrar los ingresos anuales:

$$\text{Ingresos anuales} = \text{Demanda anual} * \text{Precio de venta}$$

$$\text{Ingresos anuales} = Q 5,082,000.00$$

Conociendo los ingresos y egresos anuales se puede encontrar la utilidad anual por medio de una resta.

$$\text{Utilidad anual} = \text{Ingresos anuales} - \text{Costos totales por operación anual}$$

$$\text{Utilidad anual} = Q 766,841.39$$

Conociendo la utilidad anual se puede encontrar el tiempo necesario para cubrir la inversión inicial, la cual tiene un valor total de:

$$\text{Inversión inicial} = Q 2,271,665.81$$

$$\text{T tiempo de recuperación inversión inicial} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Utilidad anual}}$$

$$\text{T tiempo de recuperación inversión inicial} = 2.96 \text{ años} \cong 36 \text{ meses}$$

---

## Resultados

---

Como primer resultado se tiene el valor de la demanda mensual, el cual se utilizó como criterio para todos los cálculos relacionados a costos de operación. Este valor se estableció como:

$$\begin{aligned} \text{Demanda mensual} &= 100 \text{ refrigeradoras} \\ \text{Demanda anual} &= 1,200 \text{ refrigeradoras} \end{aligned}$$

En cuanto a la estandarización de materias primas se obtiene un resultado final de costos por materia prima con un valor de:

$$\begin{aligned} \text{Costo unitario por materia prima} &= Q 2,277.81 \\ \text{Costo total por materia prima (100 unidades)} &= Q227,781.00 \end{aligned}$$

El detalle de los costos por material se presenta a continuación en los Cuadros 16 y 17:

Cuadro 16: Costos de fabricación, ciclo térmico

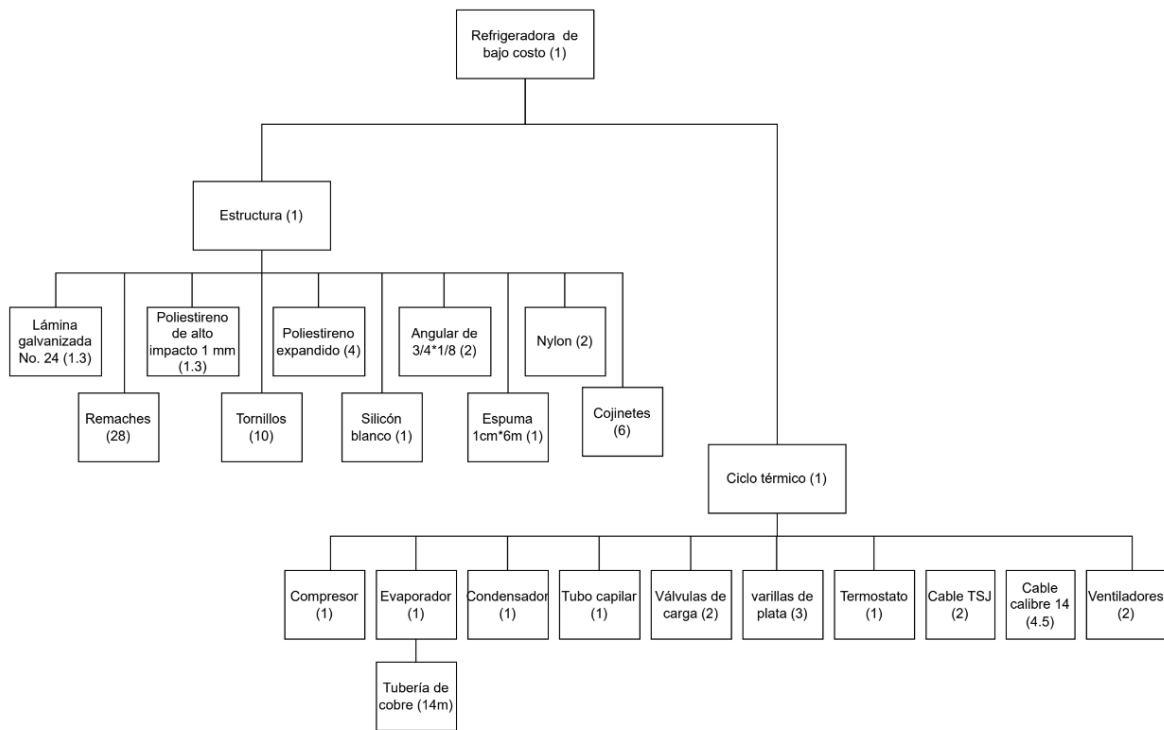
<b>Producto</b>	<b>Precio Unitario (Q.)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal (Q.)</b>
Compresor (Embraco FFU80HAK)	815.00	1	815.00
Evaporador (cobre flexible 1/4 in x 50 ft)	180.00	1	180.00
Condensador (1/4 HP)	310.00	1	310.00
Tubo capilar (0.042 in x 100 ft)	165.00	0.143	23.60
Válvulas de carga	5.00	2	10.00
Varillas de plata	2.30	3	6.90
Termostato	55.00	1	55.00
Cable TSJ 3x14 (1 metro)	14.20	2	28.40
Cable calibre 14 (1 metro)	2.58	4.5	11.61
Ventiladores	40.00	2	80.00
<b>Total</b>			<b>1,520.51</b>

Cuadro 17: Costos de fabricación, materiales de construcción

<b>Producto</b>	<b>Precio Unitario (Q.)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal (Q.)</b>
Lámina galvanizada (No. 24)	150.00	1.3	199.50
Poliestireno de alto impacto (1 mm)	110.00	1.3	146.30
Poliestireno expandido (2 in)	30.00	4	120.00
Perfil angular (3/4 x 1/8)	67.25	2	134.50
Nylon	9.00	2	18.00
Remaches	0.25	28	7.00
Tornillos	1.00	10	10.00
Silicón Blanco	41.00	1	41.00
Tira de espuma (1 cm x 6 m) 14	45.00	1	45.00
Cojinetes	6.00	6	36.00
<b>Total</b>			<b>757.30</b>

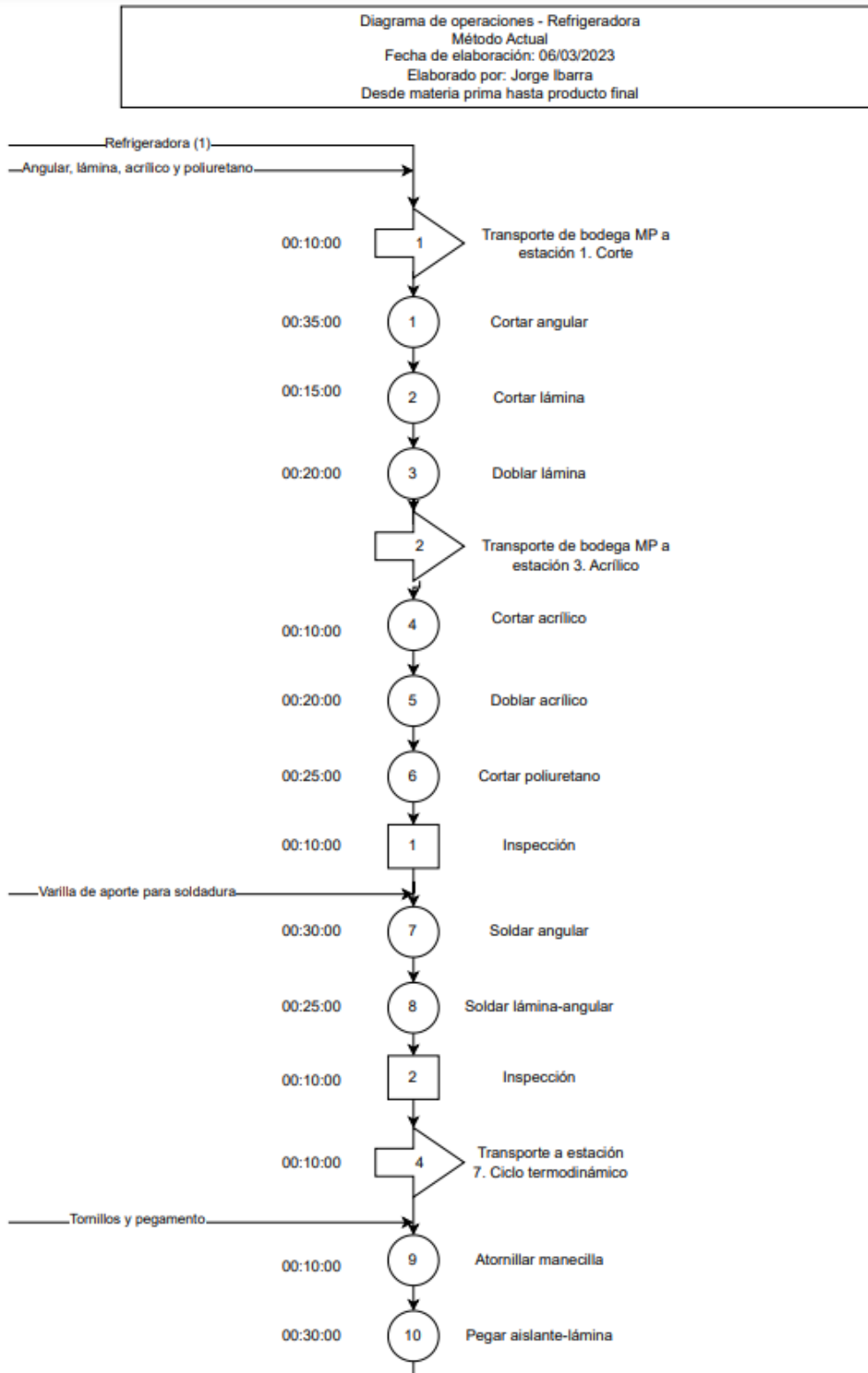
Los materiales requeridos para la fabricación de una refrigeradora también se pueden ver en el Bill of Materials (BOM).

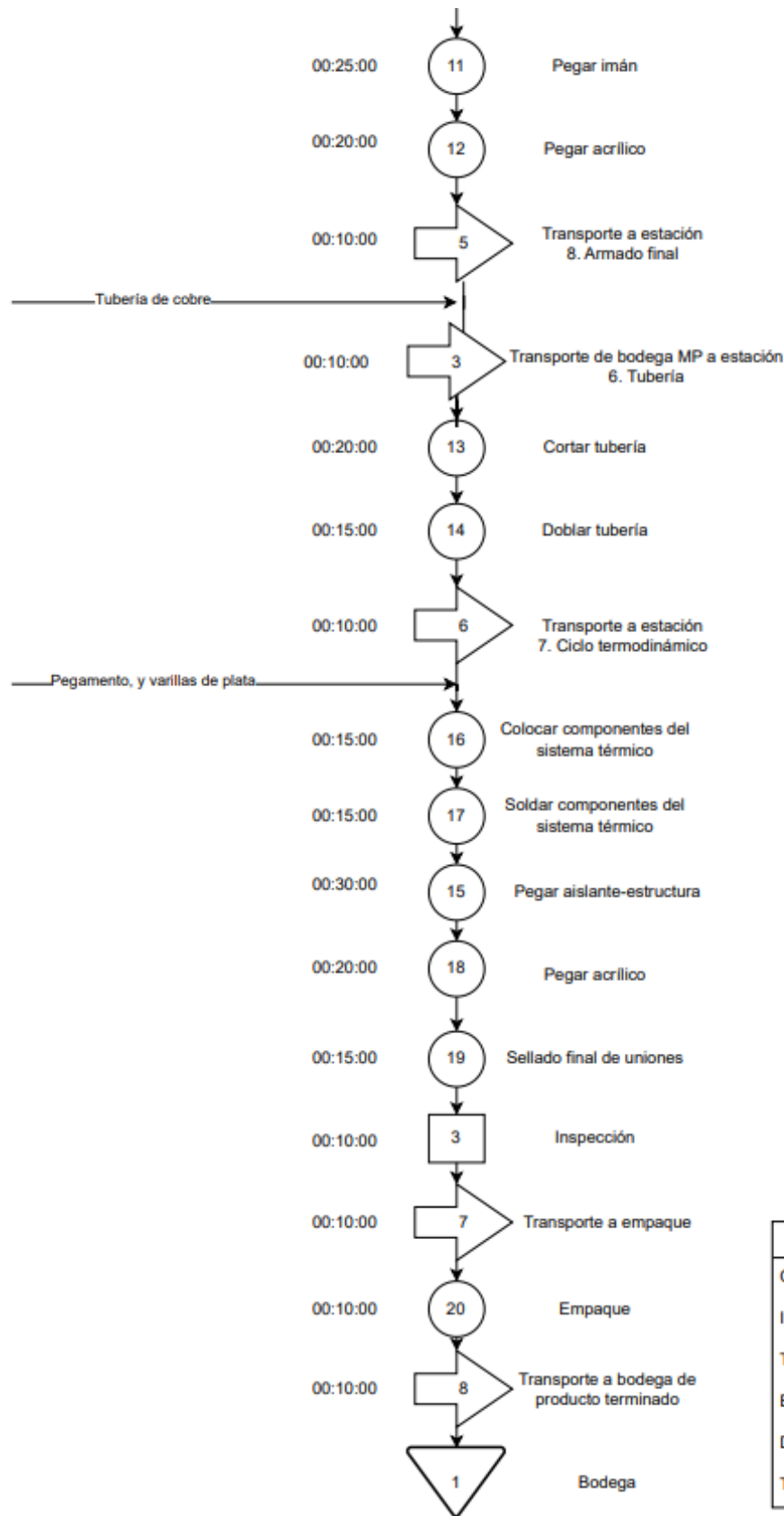
Figura 53: Bill of Materials (BOM)



El método estándar de fabricación se presenta completo por operación en la Figura 40 diagrama de operaciones del proceso.

Figura 54: Diagrama de operaciones (DOP)

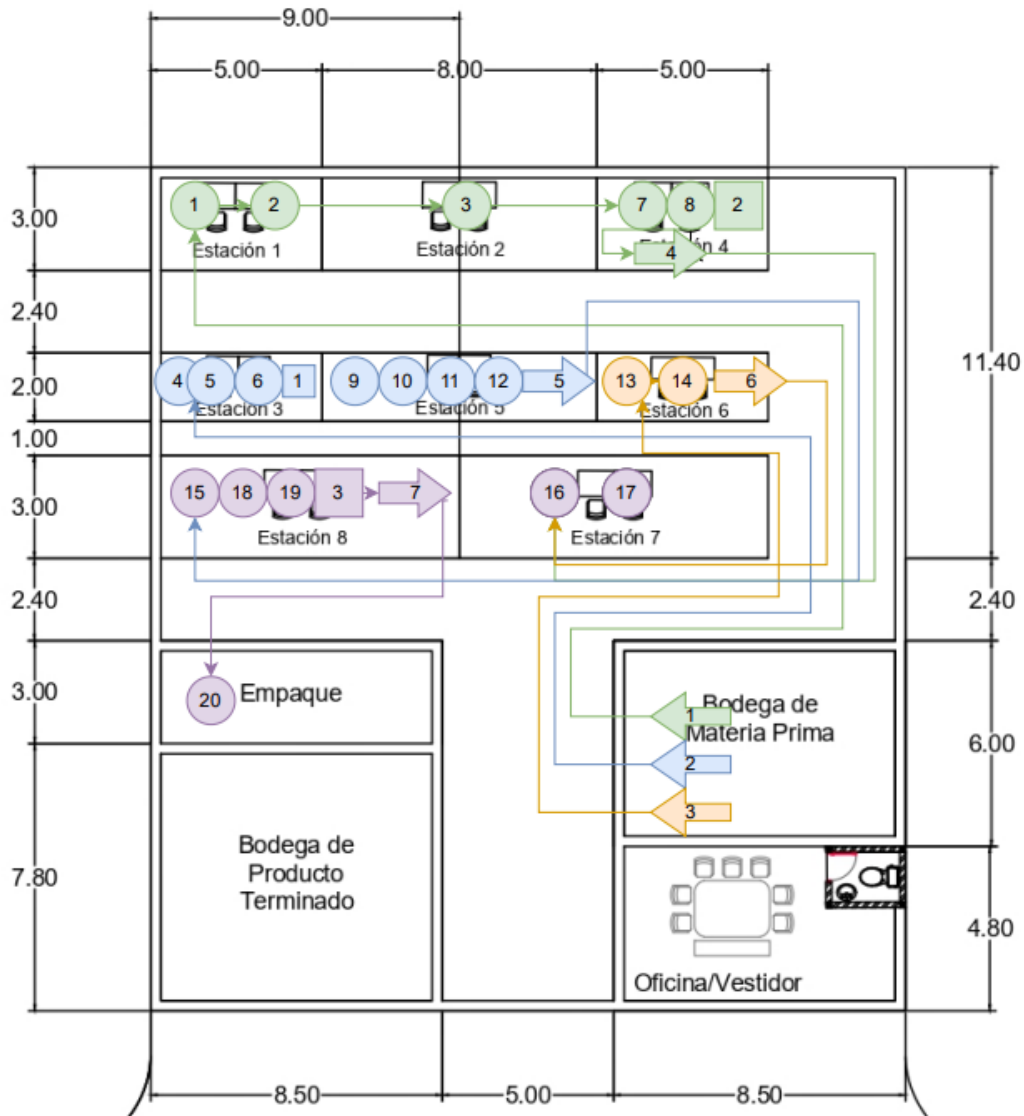




	Cantidad	Tiempo
Operaciones	19	06:35:00
Inspecciones	3	00:30:00
Transporte	8	01:20:00
Entrada de bienes	5	00:00:00
Decisiones	0	00:00:00
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>08:35:00</b>

Para el diseño de la línea de producción se buscó cumplir con las necesidades de demanda diaria y reducir los tiempos muertos y cuellos de botella al mínimo posible. El Layout final de la planta queda de la siguiente manera:

Figura 55: Layout final de línea de producción



Este layout tiene una capacidad de producción de 5.43 refrigeradoras por día de operación tomando un horario de 8:00 am a 5:00 pm (tomando en cuenta una hora de almuerzo para los trabajadores). Como resultado importante también está la utilización por estación la cual se detalla a continuación en el Cuadro 18.

Cuadro 18: Utilizaciones por estación

Estación de trabajo	Utilización
1 (Corte)	51.00%
2 (Doblado)	20.00%
3 (Aislante)	56.00%
4 (Estructura)	57.00%
5 (Puerta)	85.00%
6 (Tubería)	35.00%
7 (Ciclo termodinámico)	32.00%
8 (Ensamble final)	64.00%

En cuanto a la inversión inicial por compra de maquinaria y equipo se obtiene un total de:

$$\text{Compra de maquinaria y equipo} = Q 114,086.50$$

En cuanto a los resultados de costos asociados a la fabricación se tienen:

$$\text{Consumo eléctrico mensual total} = Q 3,151.64$$

$$\text{Costo por mano de obra mensual (salarios)} = Q 67,122.70$$

$$\text{Costos por renta mensual Bodega} = Q 24,200.00$$

$$\text{Costos por renta mensual Montacarga} = Q 12,000.00$$

$$\text{Costos compra de gases mensual} = Q 4,010.00$$

$$\text{Costos compra de material de aporte mensual} = Q 11,824.00$$

$$\text{Costos totales por operación mensual} = Q 359,596.55$$

$$\text{Costos totales por operación anual} = Q 4,315,158.61$$

Para la inversión inicial total se toma en cuenta la inversión por compra de maquinaria, así como los costos totales de operación mensual para los primeros 6 meses.

*inversión inicial total*

$$= \text{Compra de maquinaria} + \text{Costos totales de operación mensual} * 6$$

$$\text{Inversión inicial} = Q 2,271,665.81$$

El costo total de una refrigeradora incluyendo materia prima y costos asociados a fabricación se obtiene:

$$\text{Costo total de fabricación (unidad)} = Q 3,595.97$$

En cuanto a los ingresos, estos se tienen únicamente por las ventas realizadas por lo que se tienen los siguientes resultados para ingresos:

$$\text{Precio de venta} = Q 4,235.00$$

$$\text{Ingresos anuales} = Q 5,082,000.00$$

Teniendo los costos de operación anual y los ingresos netos anuales se obtiene la utilidad.

$$\text{Utilidad anual} = Q 766,841.39$$

$$\text{Tiempo de recuperación inversión inicial} = 2.96 \text{ años} \cong 36 \text{ meses}$$

En cuanto al manual de uso correcto, se obtuvo una guía concisa donde se encuentran las características principales del electrodoméstico tales como: medidas, tipo de refrigerante, consumo eléctrico, además de ser una ayuda al momento de instalar, limpiar y mantener el equipo. El manual completo adjunto en sección de anexos.

Figura 56: Manual de uso correcto



MANUAL DEL PROPIETARIO  
**REFRIGERADORA DE BAJO COSTO**

ANTES DE EMPEZAR LA INSTALACIÓN LEA CON CUIDADO ESTAS INDICACIONES. LA INSTALACIÓN LE RESULTARÁ MÁS SENCILLA. CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES CERCA PARA PODER CONSULTARLAS EN FUTURAS OCACIONES.

Como último resultado se tiene la verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos. Esto se detalla en el Cuadro 19 a continuación:

Cuadro 19: Cumplimiento de requisitos

<b>Código</b>	<b>Requisito</b>	<b>Cumplimiento</b>
Sec_01	Se debe considerar todo el equipo de protección personal necesario para cada estación.	Sí
Sec_02	Los materiales utilizados en la refrigeradora deben ser resistentes a la corrosión y no tóxicos.	Sí
Func_01	Se debe contar con al menos 3 inspectores monitoreando las actividades de los operarios.	Sí
Func_02	La línea de producción debe ser capaz producir al menos 100 refrigeradores mensualmente.	Sí
Func_03	La línea de producción debe ser capaz de adaptarse a un aumento o disminución en la demanda de hasta un 25%.	Sí
Func_04	Se debe mantener la utilización por estación menor al 80%	No
Cost_01	La inversión inicial establecida debe poder recuperarse en un plazo menor a 5 años.	Sí
Cost_02	El precio de venta debe ser menor a los Q 1,800.00.	Sí
Cost_03	La línea de producción y el precio de venta establecido deben generar utilidades por al menos el 15% de los costos de operación	Sí

---

## Discusión de resultados

---

Como primer resultado se tiene la determinación de la demanda para la refrigeradora de bajo costo, esta se estableció en 100 unidades mensuales y 1,200 unidades anuales, este valor es bastante bajo y fácil de cumplir con el diseño actual de la línea de producción, sin embargo, se espera que esta demanda aumente con el tiempo conforme se va teniendo mayor aceptación del producto en el mercado. Teniendo presente que puede existir un aumento en demanda se diseñó una línea de producción con mayor capacidad a la requerida para prevenir que esta quede obsoleta al existir cambios de aumento de demanda.

En cuanto a la estandarización de materias primas, primero se tomó como punto de partida los costos definidos por Sergio Soto en el primer módulo de este proyecto, estos se encuentran listados en los Cuadros 7 y 8 junto con sus precios (Soto, 24). En el *Bill of Materials* (Figura 53) se pueden ver los materiales requeridos de una forma más gráfica para tener una mejor idea de que componentes componen cada una de las partes. El *MRP* nos permite tener una estimación bastante certera de los costos totales de materia prima requerida por mes, la mayor ventaja del *MRP* es que este depende únicamente de la demanda, es decir, se pueden listar diferentes valores de demanda mensual y los costos de material se ajustan de manera automática. Esta es una herramienta que será de gran utilidad al momento de llevar el control de pedidos de materia prima con los proveedores ya que además de darnos el requerimiento por material, este también nos indica el plazo que toma desde el pedido de materia hasta su entrega.

Para estandarizar el proceso de fabricación se tienen diversas herramientas, como herramienta principal se tiene el DOP (Figura 54), la ventaja de este es que permite una visualización a nivel general del proceso. Esta herramienta es ideal para determinar y eliminar los posibles cuellos de botella existentes en el proceso, así como tiempos muertos y el orden de las operaciones. Con el método actual se encuentra un único cuello de botella en la estación de corte, se puede decir que este operario limita el flujo de operación para el resto de operaciones, sin embargo con la demanda actual este cuello de botella no representa un problema ya que se cumple con la cantidad de unidades fabricadas diariamente, en el caso de que se tenga un aumento de demanda se consideraría necesaria la contratación de un tercer operario para esta estación para ayudar a agilizar las tareas de corte.

Las otras herramientas que sirven para la estandarización de procesos son las hojas de ruta (Anexos) y cartas de ensamble (Anexos). Las hojas de ruta tienen la función de dar una idea general del proceso por estación, en esta se detallan las herramientas a utilizar, operaciones a realizar y tiempo esperado de realización. Las hojas de ruta no cuentan con instrucciones detalladas para la realización

de cada operación sino solo una idea general, por esta razón se requieren cartas de ensamble para cada estación, donde el objetivo si es detallar a fondo la forma en que se ejecuta cada operación. En las cartas de ensamble se encuentra información desde, parámetros de corte, herramienta, orden en que se realizan, dimensiones de piezas, etc.

Respecto al diseño final de la planta se obtienen resultados satisfactorios ya que se cumple con el objetivo de satisfacer la demanda actual de 5 unidades diarias, la planta en su diseño y capacidad actual (Figura 55) es capaz de producir 5.43 refrigeradoras en una jornada laboral, este número puede parecer bastante justo, pero como se puede ver en el Cuadro 18, ninguna estación tiene más de 65% de utilización (a excepción de la estación 5 donde se tiene una utilización del 85%), estos valores de utilización son ideales ya que nos indican que la demanda puede ser aumentada sin que se sufran contratiempos, sin embargo, es esperado que se produzcan o empeoren los cuellos de botella encontrados en las estaciones 1 y 5. Como se mencionó anteriormente, es factible contratar a un tercer operario para la estación 1 y dividir las tareas de corte, además se puede realizar la contratación de un segundo operario para la estación 5 donde se ensamblan las puertas de la refrigeradora, se espera que con el aumento de personal se pueda disminuir la utilización de manera considerable en caso sea necesario.

Uno de los resultados más importantes o quizás el más importante es el precio de venta al mercado, ya que la refrigeradora está diseñada para satisfacer necesidades de refrigeración para personas de escasos recursos, el precio de venta establecido es de Q 4,235.00 el cuál se considera bastante elevado y un resultado negativo ya que si se compara con el prototipo realizado anteriormente en la Universidad del Valle de Guatemala (ECOFRIGO 18), este tenía un costo total de Q 1,800.00 (Barillas & Martínez, 2018) esto significa que existe una diferencia de Q 2,435.00 entre equipos. Cabe mencionar que el costo de ECOFRIGO 18 únicamente considera los costos por materia prima, mientras que el precio de venta establecido de Q 4,235.00 si considera costos por mano de obra, renta de espacio y maquinaria, costos de fabricación, entre otros.

Si se toma únicamente el costo de la materia prima (Q2,277.81) y se compara con ECOFRIGO 18 aún se tiene una diferencia de Q477.81. Sabiendo esto. Se puede decir que el precio establecido se encuentra por encima de lo esperado, especialmente considerando que en Siman Guatemala se puede comprar una refrigeradora de marca Whirlpool con características y tamaño similares por Q1,999.00 (Siman, 2025) representando una diferencia de Q 2,236.00. Esta diferencia de precio representa un monto considerable cuando se trata de familias de escasos recursos, sin embargo, uno de los puntos a favor de la refrigeradora es su diseño comunitario que cuenta con tres compartimientos independientes. Si la refrigeradora va a ser utilizada por tres familias, el precio se puede dividir entre cada una de ellas, esto resulta en un precio compra de Q 1,411.67 por familia, considerando esto las familias ahorran Q 587.33 al comprar nuestro refrigerador.

En cuanto al análisis financiero, se determinó que la inversión se recupera luego de 2.96 años de operación cumpliendo con las ventas esperadas, este es un resultado positivo ya que se esperaba recuperar la inversión en un plazo máximo de 5 años, lo cual nos pone a generar ingresos 2.04 años antes de lo esperado.

---

### Conclusiones

---

1. Se identificó y analizó el mercado objetivo, determinando una demanda de 1,200 unidades anuales que hace viable la producción de refrigeradores de bajo costo.
2. Se estableció la lista de materiales necesarios para la fabricación, generando un *Bill of Materials* (BOM) detallado para optimizar costos y eficiencia.
3. Se diseñó un método estándar de fabricación, acompañado de un diagrama de operaciones (DOP) que garantiza un ensamblaje eficiente y estructurado.
4. El diseño para la línea de producción propuesto es capaz de producir refrigeradores de bajo costo a un precio de venta de Q 4,235.00. estando por arriba del objetivo de Q 1,800.00. Si se considera la compra entre tres familias el precio de venta es de Q 1,411.67 por familia, quedando Q 388.33 por debajo del precio objetivo.
5. Se elaboró un manual de uso correcto para la refrigeradora de bajo costo, el cual tiene como función principal orientar a los clientes sobre la correcta instalación, uso y mantenimiento del electrodoméstico, garantizando su durabilidad y funcionalidad.
6. El plan de producción propuesto asegura que la empresa pueda cumplir con la demanda actual de refrigeradores evitando tanto excesos como faltantes en el inventario.
7. Se estableció el presupuesto necesario para montar la línea de producción y operar los primeros 6 meses, la inversión inicial total es de Q 2,271,665.81 y se estima recuperarla en su totalidad luego de 2.96 años de operación.

---

## Recomendaciones

---

En relación con lo observado en los resultados, se proponen ciertos puntos de mejora que deberían ser considerados en análisis futuro o rediseños posteriores.

1. Investigar las legislaciones guatemaltecas para poder determinar costos adicionales por impuestos, apertura de empresas y demás procesos legales, a modo de tener un presupuesto más apegado a la realidad.
2. Para la estimación de precio de venta se recomienda tener conocimiento de la cantidad de dueños o inversionistas de la empresa para poder determinar de mejor manera las utilidades esperadas.
3. Se recomienda buscar mejoras en diseño y/o materiales de fabricación para disminuir el costo de producción y tener un precio de mercado más competitivo.

---

## Bibliografía

---

Acesco. (2019). Ficha Técnica Acero Recubierto Galvanizado y Pre Pintado. <https://acesco.com.ec/fichastecnicas/ficha-tecnica-aceros-planos.pdf>

Aeromaquinados. (2021). Dobladoras-plegadoras para tu empresa <https://aeromaquinados.com/transformacion-de-laminas-y-perfiles/dobladora-de-lamina/>

AGAS. (2022). R744 (Co2) | product information. <https://www.agas.com/za/products-and-services/refrigerants/r744-co2/>

American Torch Tip. (2022). *Welding stainless steel: the pros, cons & best ways of welding*. <https://americantorchtip.com/blog/the-pros-cons-and-best-ways-of-welding-stainless-steel/>

ASHRAE. (2019). Refrigerantes para la vida. [https://www.ashrae.org/file%20library/professional%20development/ashrae-unep/8037leafletwrld\\_sp.pdf](https://www.ashrae.org/file%20library/professional%20development/ashrae-unep/8037leafletwrld_sp.pdf)

Barillas, R., & Martínez, E. (2018). Fabricación de prototipo de refrigeradora de bajo costo enfocado en las necesidades de las personas de la aldea El Platanar. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/3380>

Carbone Stainless Steel. (2017). FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304. <https://www.empresascarbone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>

Carlton, A. (2016). *How is a refrigerator made?* <https://www.carltonservices.co.uk/news/how-is-a-refrigerator-made/>

Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2014). Administración de operaciones producción y cadena de suministros (13 edición) [OCLC: 1237664347]. McGraw-Hill/Interamericana Editores.

Chastek, G., & McGregor, J. D. (2002). *Guidelines for Developing a Product Line Production Plan*

Danfoss. (2022). El frigorífico: cómo funciona. <https://www.danfoss.com/es-es/about-danfoss/our-businesses/cooling/the-fridge-how-it-works/>

- DAP. (2022). *Touch 'n foam professional all-purpose polyurethane foam sealant | dap global*. <https://www.dap.com/products-projects/product-categories/spray-foam-insulation/gun-foams/all-purpose/>
- FDA. (2021). *Are you storing food safely? FDA*. <https://www.fda.gov/consumers/consumer-updates/are-you-storing-food-safely>
- Gas Servei. (2018). FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD. <https://gas-servei.com/shop/docs/ficha-de-seguridad-r-134a-gas-servei-sa.pdf>
- Honeywell. (2022). Genetron® 134a (R-134a) | european refrigerants. <https://www.honeywell-refrigerants.com/europe/product/genetron-134a/>
- Keller, A. (2019). *Commercial Refrigeration Design & Construction*. <https://www.katom.com/learning-center/commercial-refrigerators-made.html>
- MAGA. (2011). MANUAL DE REQUISITOS HIGIENICO SANITARIO PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES, CONSTRUCCIÓN Y EQUIPO DE UN MATADERO PARA LA ESPECIE BOVINA. <https://visar.maga.gob.gt/visar/ia/doc/manual3.pdf>
- Muther, R. (1944). *Production-line technique (First Edition) [original-date: 1944]*. McGraw-Hill Book Company, Inc. <https://archive.org/details/productionlinete00muthrich/page/n7/mode/2up?ref=ol&view=theater>
- NSF International Standard. (1997). ANSI/NSF 51-1997. [https://standards.nsf.org/apps/group\\_public/download.php/3941/nsf51-97.pdf](https://standards.nsf.org/apps/group_public/download.php/3941/nsf51-97.pdf)
- ONU. (1987). *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. <https://treaties.un.org/doc/publication/unts/volume201522/volume-1522-i-26369-english.pdf>
- Palmer, L. R. (2022). *What is a Production Line?* <https://www.aboutmechanics.com/what-is-a-production-line.htm>
- Whirlpool. (2022). *The history of the refrigerator: ancient origins to today | whirlpool*. <https://www.whirlpool.com/blog/kitchen/history-of-the-refrigerator.html>
- Yon-Chun, C., Yue-Lan, L., & King-Fal, C. (2016). *A method for aligning serial batching decisions in a two-level organization of factory and distributed workstations*. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 27 (6), 1287-1297.
- Young, P. (2020). *How to weld galvanized metal - welding headquarters*. <https://weldingheadquarters.com/how-to-weld-galvanized-metal/>
- Soto, S. (2024). Refrigeradora de bajo costo, tercera fase: módulo de diseño, fabricación, análisis y prueba de prototipo. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/5155>
- Cemaco. (2024). Soldadora Inversora de 200 a 110V/220 V - Truper - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco. <https://www.cemaco.com/soldadora-inversora-130200-a-truper-1029351/p>

Novex. (2024). Cortadora de plasma 40s - Soldadores de arco. <https://www.novex.com.gt/producto/432824/Cortadora-de-plasma-40s.html?srsltid=AfmBOopd7Cut9TsY7fXdEzL06si560kP9K6Xrre8WFCaVKwW8K-16LAo>

Lewonski. (2024). Doblador de tubo - 10mm (3/8") <https://www.lewonski.com/plomeria/doblador-de-tubo/doblador-de-tubo-10mm-38>

Novocolor, S.A. (2024). DOBLADORA DE ACRÍLICO DE 125CMS <https://novocolor.com.gt/product/dobladora-de-acrilico-de-125cms/>

Novex. (2024). Equipo para soldadura autógena. <https://www.novex.com.gt/producto/613/Equipo-para-soldadura-aut%C3%B3gena.html?srsltid=AfmBOopDuVNh0GROhVNVO2zIEOKFICoEcOS5aQsdZeRlMv3hDTRISbd4>

Ferretería MEFCO. (2024). Antorcha TIG Lift WP26V 4M. 10-25. <https://mefcogt.com/producto/antorcha-tig-lift-wp26v/>

Siman (2024). Frigobar Whirlpool 5 PCU gris. <https://gt.siman.com/frigobar-5-pies-cubicos-gris-104473084/p>

Productos del Aire. (2024). Gases industriales <https://www.productosdelaire.com/gases-industriales/#gas14>

MacroCity. (2024). Dobladora de lámina segmentada 2.5x2540mm BBT - Macrocity. Macrocity. <https://macrocitygt.com/dobladora-de-lamina-segmentada-2-5x2540mm-bbt-w2-5x2540/>

Mapainmueble. (2024). Bodega en alquiler en Bárcenas Villa Nueva - Mapainmueble. <https://mapainmueble.com/properties/bodega-en-alquiler-en-barceñas-villa-nueva-DAB4782/>

Montacargas. (2024). Montacargas de Guatemala. <https://www.montacargasdeguatemala.com/montacargas.html>

Novex. (2024). Sierra ingleteadora 10 in 15 amp 1800 w - Sierras elÉctricas alÁmbricas ingletadoras. <https://www.novex.com.gt/producto/139808/Sierra-ingleteadora-10-in-15-amp-1800-w.html?srsltid=AfmBOophv4NR1db0PFjpaRvbLOTCDhtn8YH9ETmgoIdMQa99EuAk7Mub>

Novex. (2025). Set de manómetros y mangueras 36 pulg para refrigeración QUALITY. [https://www.novex.com.gt/producto/23178/Set-de-manometros-y-mangueras-36-pulg-para-refrigeracion.html?srsltid=AfmBOoqBBKGN6byBWS9WIH\\_1aAmGpY8LeTEGuLgynF3cK62UBWv3aPn](https://www.novex.com.gt/producto/23178/Set-de-manometros-y-mangueras-36-pulg-para-refrigeracion.html?srsltid=AfmBOoqBBKGN6byBWS9WIH_1aAmGpY8LeTEGuLgynF3cK62UBWv3aPn)

Resitek. (2025). Bomba de Vacío BVV SF6S. <https://www.resitekgt.com/pagina-del-producto/bomba-de-vacio-bvv-sf6s>

Ferretería MEFCO (2025). Electrodo de tungsteno rojo 1/16". <https://mefcogt.com/producto/electrodo-de-tungsteno-rojo/>

Linde (2025). *What are the TIG Welding parameters for Stainless Steel?* <https://www.lindedirect.com/frequently-asked-questions/welding/what-are-the-tig-welding->

[parameters-for-stainless-steel?srsltid=AfmBOoovGWVvfUPBf79o2ar1bngYRIJ0UOKIPWfN7jOHZx9VMtKSDGoF](#)

BVV (2025). *BVV™ SF6S 6CFM Single Stage Spark Free Vacuum Pump*. <https://shopbv.com/products/bvv-trade-sf6s-6cfm-single-stage-spark-free-vacuum-pump>

AMERICAN WELDING SOCIETY (2025). *Welding Journal* en Español. <https://www.aws.org/magazines-and-media/welding-journal-en-espanol/wjee-jan-24-feature-04-harris/#:~:text=Para%20lograr%20las%20características%20de,1%20de%20oxígeno%20a%20acetileno.>

SAGA (2025). Parámetros estándar para soldadura oxiacetilénica. <https://www.sagaiberia.com/soldadura-tabla/>

MEFCO (2025). Varilla de aporte TIG ER309L 3/32". <https://www.sagaiberia.com/soldadura-tabla/>

La casa del soldador (2025). ELECTRODO 6013 1/8 SUPERWELD POR LIBRA". <https://lacasadel soldador.com.gt/producto/electrodo-6013-1-8-superweld-por-libra/>

AMERICAN WELDING SOCIETY (2025). *An Introduction to SMAW and SAW Consumables*. <https://www.aws.org/magazines-and-media/welding-digest/wd-march-2023-an-introduction-to-smaw-and-saw-consumables/>

Cemaco Guatemala (2025). Compresor Vertical de Aire Lubricado 80 L. <https://www.cemaco.com/compresor-vertical-de-aire-lubricado-de-80-l-truper-1080587/p>

Ministerio de trabajo de Guatemala (2025). Salario Mínimo. <https://www.mintrabajo.gob.gt/minimum-wage>

Miller Welds (2025). *All About Tungsten in TIG Welding: Types, Selection and Use*. <https://www.millerwelds.com/resources/article-library/all-about-tungsten-in-tig-welding-types-selection-and-use>

Novex. (2025). Lentes de seguridad antiempañante transparente. <https://www.novex.com.gt/producto/140778/Lentes-de-seguridad-antiempañante-transparente.html>

Novex. (2025). Careta para soldar electrónica ELITE. <https://www.novex.com.gt/producto/428884/Careta-para-soldar-electronica.html>

Novex. (2025). Lentes para soldar kayo KAYO. <https://www.novex.com.gt/producto/166985/Lentes-para-soldar-kayo.html>

Novex. (2025). Gabacha de cuero para soldador color gris TITAN. <https://www.novex.com.gt/producto/167229/Gabacha-de-cuero-para-soldador-color-gris.html>

Novex. (2025). Guantes de cuero manga larga MATCO SAFETY. <https://www.novex.com.gt/producto/21914/Guantes-de-cuero-manga-larga.html>

Sigo Guatemala (2025). Polainas de Carnaza. <https://www.sigo.com.gt/equipo-de-soldadura/2733-polainas-de-carnaza.html>

Sigo Guatemala (2025). Mangas de mezclilla. <https://www.sigo.com.gt/equipo-de-soldadura/2729-mangas-de-carnaza-.html>

Novex. (2025). Mesa de trabajo para garaje con top madera 72 x 41.25 in CRAFTSMAN. <https://www.novex.com.gt/producto/410687/Mesa-de-trabajo-para-garaje-con-top-madera-72-x-4125-in.html>

Novex. (2025). Prensa de banco giratoria 4 in para mecánico IRWIN. <https://www.novex.com.gt/producto/23271/Prensa-de-banco-giratoria-4-in-para-mecanico.html>

Novex. (2025). Lima media caña 12 in BELLOTA. <https://www.novex.com.gt/producto/19475/Lima-media-caña-12-in.html>

Novex. (2025). Juego de herramientas para mecánico mixtas 154 pza TACTIX. <https://www.novex.com.gt/producto/148744/Juego-de-herramientas-para-mecanico-mixtas-154-pza.html>

La casa del soldador (2025). Cepillo de alambre alemán. <https://lacasadel soldador.com.gt/producto/cepillo-de-alambre/>

La casa del soldador (2025). MARTILLO PICADOR 500 GRS ZAY-01. <https://lacasadel soldador.com.gt/producto/martillo-picador-500-grs-zay-01-zbt/>

La casa del soldador (2025). CHISPERO PARA SOLDADURA ZBT ZAL-01ª. <https://lacasadel soldador.com.gt/producto/chispero-para-soldadura-zbt-zal-01a/>

---

Anexos

---

# MANUAL DEL PROPIETARIO

## **REFRIGERADORA DE BAJO COSTO**

---

ANTES DE EMPEZAR LA INSTALACIÓN LEA CON CUIDADO ESTAS INDICACIONES. LA INSTALACIÓN LE RESULTARÁ MÁS SENCILLA. CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES CERCA PARA PODER CONSULTARLAS EN FUTURAS OCACIONES.




# ÍNDICE

MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	1
INSTALACIÓN.....	2
FUNCIONAMIENTO.....	3
MANTENIMIENTO.....	5
PROBLEMAS COMUNES.....	6
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	7

# MEDIDAS DE SEGURIDAD

## LEA TODAS LAS INSTRUCCIONES ANTES DE USAR

### MENSAJES DE SEGURIDAD

	ESTE SÍMBOLO SE MUESTRA PARA INDICAR CUESTIONES Y ACCIONES QUE PUEDEN SUPONER UN RIESGO. LEA CON ATENCIÓN LA PARTE SEÑALADA CON ESTE SÍMBOLO Y SIGA LAS INSTRUCCIONES TAL COMO SE INDICAN.
	<b>ADVERTENCIA</b> INDICA QUE, DE NO SEGUIRSE LAS INSTRUCCIONES, PUEDEN PRODUCIRSE LESIONES GRAVES O INCLUSO LA MUERTE.
	<b>PRECAUCIÓN</b> INDICA QUE, DE NO SEGUIRSE LAS INSTRUCCIONES, PUEDEN PRODUCIRSE LESIONES GRAVES O INCLUSO LA MUERTE.

- CONECTE EL REFRIGERADOR A UNA TOMA DE CORRIENTE ADECUADA CON CONEXIÓN A TIERRA.
- NO SOBRECARGUE EL ENCHUFE CON OTROS ELECTRODOMÉSTICOS
- EVITE COLOCAR EL REFRIGERADOR CERCA DE FUENTES DE CALOR O EXPUESTO A LUZ SOLAR DIRECTA.
- NO INTRODUZCA OBJETOS CALIENTES EN EL INTERIOR.
- MANTENGA LOS CABLES ALEJADOS DE ZONAS HÚMEDAS O CALIENTES.
- NO PERMITA QUE LOS NIÑOS JUEGUEN CON EL REFRIGERADOR O ENTREN EN EL.
- MANTENGA LOS CABLES FUERA DEL ALCANCE DE SUS MASCOTAS.

# INSTALACIÓN

- ESTE ELECTRODOMÉSTICO DEBE SER CARGADO POR DOS O MÁS PERSONAS QUE LO SUJETEN CON FIRMEZA.
- COLOQUE EL REFRIGERADOR SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA Y ESTABLE.
- NO INSTALE EL ELECTRODOMÉSTICO EN LUGARES HÚMEDOS O POLVORIENTOS.
- NO INSTALE EL ELECTRODOMÉSTICO AL AIRE LIBRE NI EN UN ÁREA DONDE LLEVE LUZ SOLAR DIRECTA.
- ASEGURESE DE QUE EL ENCHUFE QUEDE INSERTADO CORRECTAMENTE EN EL TOMACORRIENTE.
- NO MODIFIQUE EL ENCHUFE DE ALIMENTACIÓN, SI NO ES COMPATIBLE CON EL TOMACORRIENTE, HAGA QUE UN ELECTRICISTA CALIFICADO INSTALE UNA TOMA ADECUADA.
- EL REFRIGERADOR DEBE CONECTARSE A UN TOMACORRIENTE DE **110V - 60HZ**.
- NO UTILICE EXTENSIONES NI ADAPTADORES.
- DEJE AL MENOS **10 CM** DE ESPACIO LIBRE ENTRE LA PARTE TRASERA Y LA PARED PARA UNA VENTILACIÓN ADECUADA.



## **ADVERTENCIA**

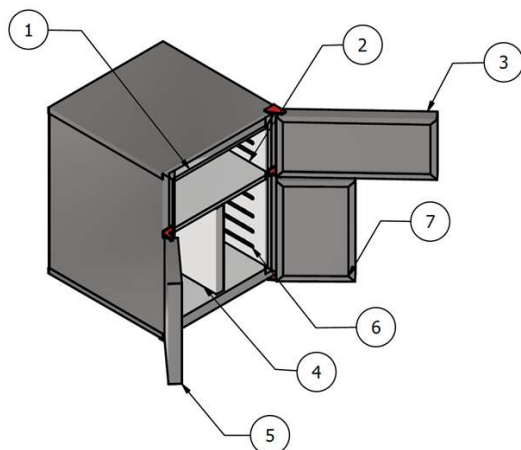
ESTA REFRIGERADORA ESTÁ DISEÑADA PARA OPERAR A UNA TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA DE 35° C, NO SE GARANTIZA LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN PASADA ESTA CONDICIÓN.

## FUNCIONAMIENTO

- ESTE REFRIGERADOR PUEDE OPERAR EN TRES MODOS DIFERENTES, 2°, 3° Y 4° CELSIUS (35.6°, 37.4° Y 39.2° F).
- PARA AJUSTAR LA TEMPERATURA, GIRE LA PERILLA A LA POSICIÓN DE LA TEMPERATURA QUE DESEE.
- EVITE LA SOBRECARGA, SI LLENA DEMASIADO EL REFRIGERADOR PUEDE BLOQUEAR LA CIRCULACIÓN DEL AIRE FRÍO.
- DEJE EL REFRIGERADOR EN FUNCIONAMIENTO Y ESPERE AL MENOS 2 HORA ANTES DE INTRODUCIR ALIMENTOS PARA PERMITIR QUE ALCANCE SU TEMPERATURA DE OPERACIÓN.
- CUANDO CAMBIE EL MODO DE OPERACIÓN, ESPERE AL MENOS 24 HORAS PARA QUE SE ESTABILICE LA TEMPERATURA ANTES DE HACER MÁS CAMBIOS.

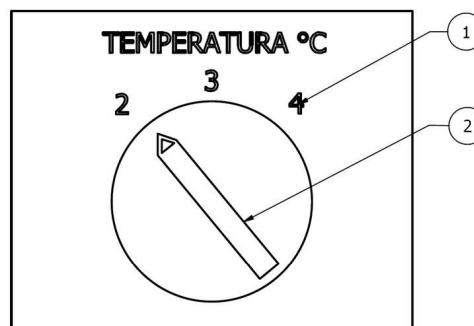
## PARTES Y ESPECIFICACIONES

### VISTA FRONTAL



- ① PANEL DE CONTROL
- ② ESPACIO REFRIGERADO A
- ③ PUERTA ESPACIO REFRIGERADO A
- ④ ESPACIO REFRIGERADO B
- ⑤ PUERTA ESPACIO REFRIGERADO B
- ⑥ ESPACIO REFRIGERADO C
- ⑦ PUERTA ESPACIO REFRIGERADO C

### PANEL DE CONTROL



- ① TEMPERATURAS DE OPERACIÓN
- ② SELECTOR DE TEMPERATURA

# FUNCIONAMIENTO

## PASOS PARA INSTALACIÓN

1. COLOCAR EL REFRIGERADOR A 10 CM DE DISTANCIA DE LA PARED.
2. COLOCAR EL REFRIGERADOR EN UN LUGAR CERCANO A UN TOMACORRIENTES CON CONEXIÓN A TIERRA.
3. ASEGURARSE DE QUE NO HAYAN DESPERFECTOS DE FÁBRICA (GOLPES, RAYONES, FUGAS, ENTRE OTROS.)
4. CONECTAR EL CABLE DE PODER AL TOMACORRIENTES.
5. SELECCIONAR LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN EN EL PANEL DE CONTROL GIRANDO LA PERILLA.
6. DEJAR EL REFRIGERADOR EN FUNCIONAMIENTO POR AL MENOS DOS HORAS ANTES DE INTRODUCIR ALIMENTOS.



### **ADVERTENCIA**

ESTA REFRIGERADORA NO TIENE UN BOTÓN DE ENCENDIDO Y APAGADO, SI DESEA APAGAR POR COMPLETO EL EQUIPO DEBE DESCONECTAR EL ENCHUFE DEL TOMACORRIENTES.

## MANTENIMIENTO




- DESCONECTE EL REFRIGERADOR ANTES DE LIMPIARLO.
- USE UN PAÑO HÚMEDO PARA LIMPIAR EL INTERIOR Y EXTERIOR.
- USE UN DETERGENTE SUAVE PARA LIMPIAR EL INTERIOR Y EXTERIOR SI ES NECESARIO.
- NO USE PRODUCTOS ABRASIVOS O ESPONJAS METÁLICAS, PODRÍA DAÑAR LOS ACABADOS.
- SI SE ACUMULA ESCARCHA, APAGUE EL REFRIGERADOR Y DEJE QUE SE DERRITA NATURALMENTE.



### **ADVERTENCIA**

PARA GARANTIZAR UNA CORRECTA OPERACIÓN, LIMPIE Y EXAMINE EL ELECTRODOMÉSTICO DE MANERA REGULAR, SI DETECTA ALGUNA ANOMALÍA O DESPERFECTO CONTACTE A UN TÉCNICO CALIFICADO.

## PROBLEMAS COMUNES

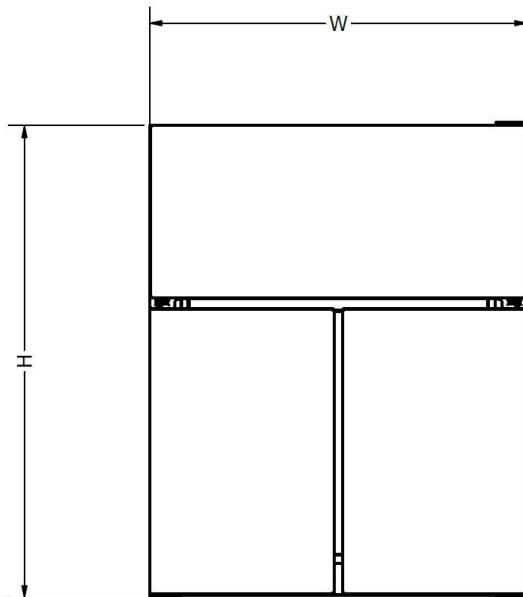
 PROBLEMA	 POSIBLE CAUSA	 SOLUCIÓN
NO ENFRÍA	NO ESTÁ BIEN CONECTADO	VERIFIQUE LA CONEXIÓN Y SUMINISTRO ELÉCTRICO.
ENFRÍA DEMASIADO	MODO DE OPERACIÓN INCORRECTO	VERIFIQUE A QUE TEMPERATURA SE ENCUENTRA EL MODO DE OPERACIÓN.
HACE RUIDO	NO ESTÁ NIVELADO	ASEGURESE DE QUE EL REFRIGERADOR SE ENCUENTRE SOBRE UNA SUPERFICIE NIVELADA.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

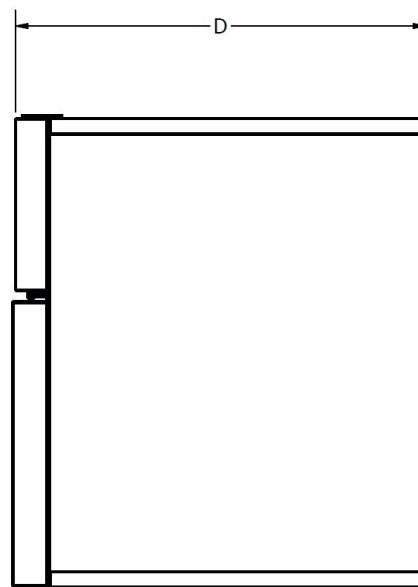
<b>MODELO</b>	<b>REFRIGERADORA DE BAJO COSTO</b>
ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	110 V - 60 Hz, 320 W
REFRIGERANTE	R-134A
ESPACIO REFRIGERADO TOTAL	4.8 ft <sup>3</sup>

## DIMENSIONES

VISTA FRONTAL



VISTA TRASERA



	<b>IN</b>	<b>CM</b>
<b>H</b>	30.0	76.2
<b>W</b>	24.0	60.96
<b>D</b>	24.0	60.96

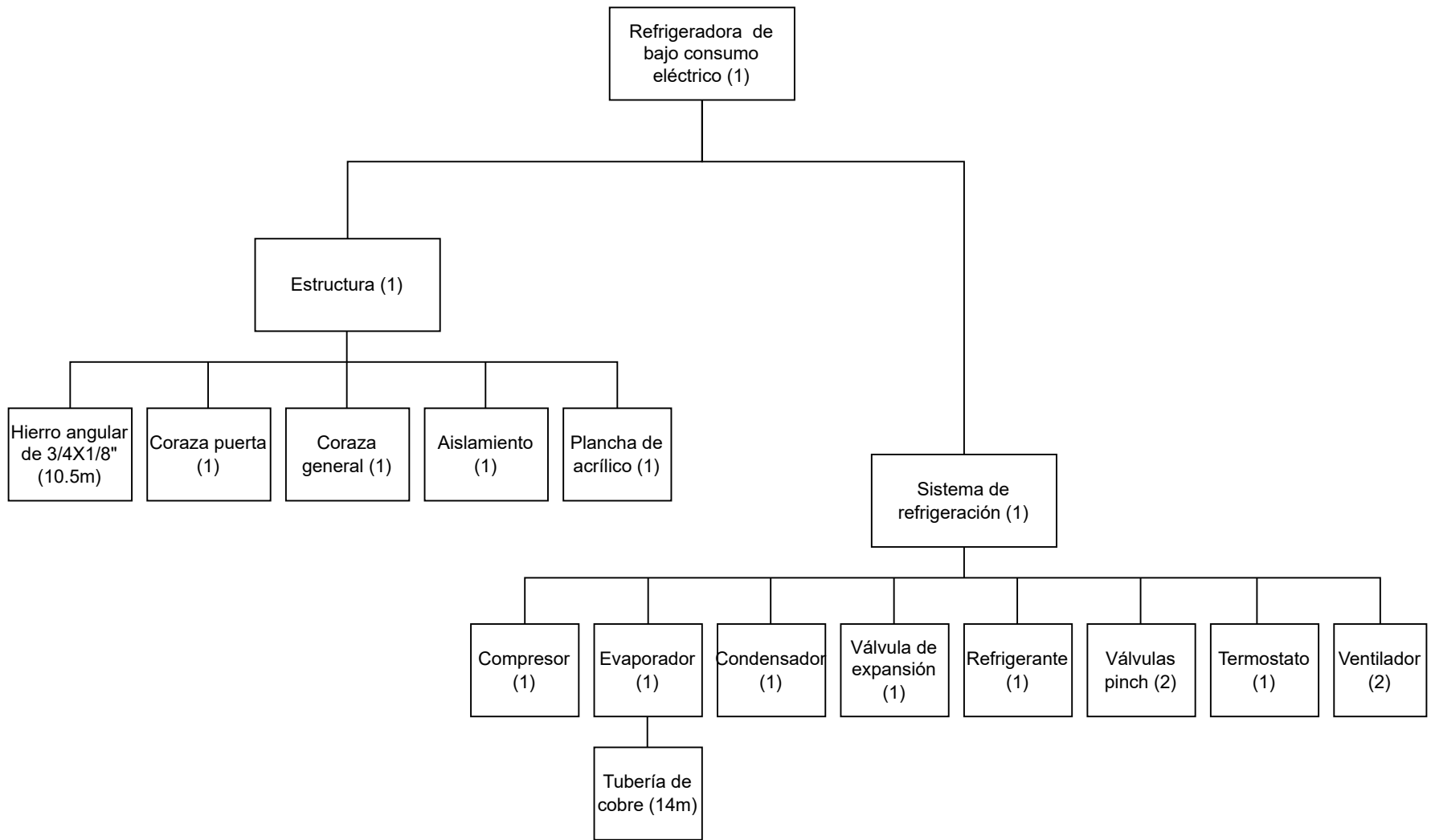
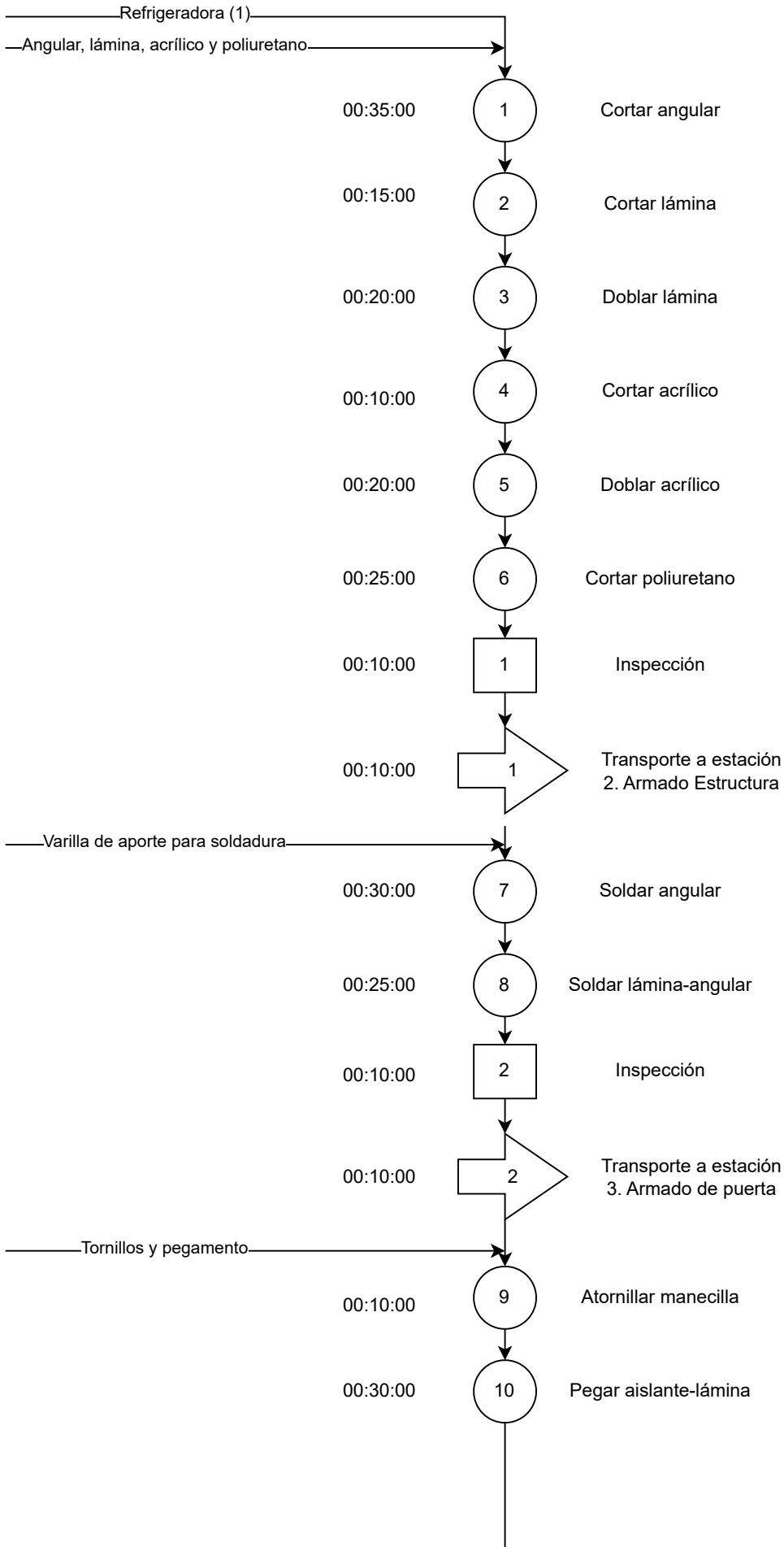
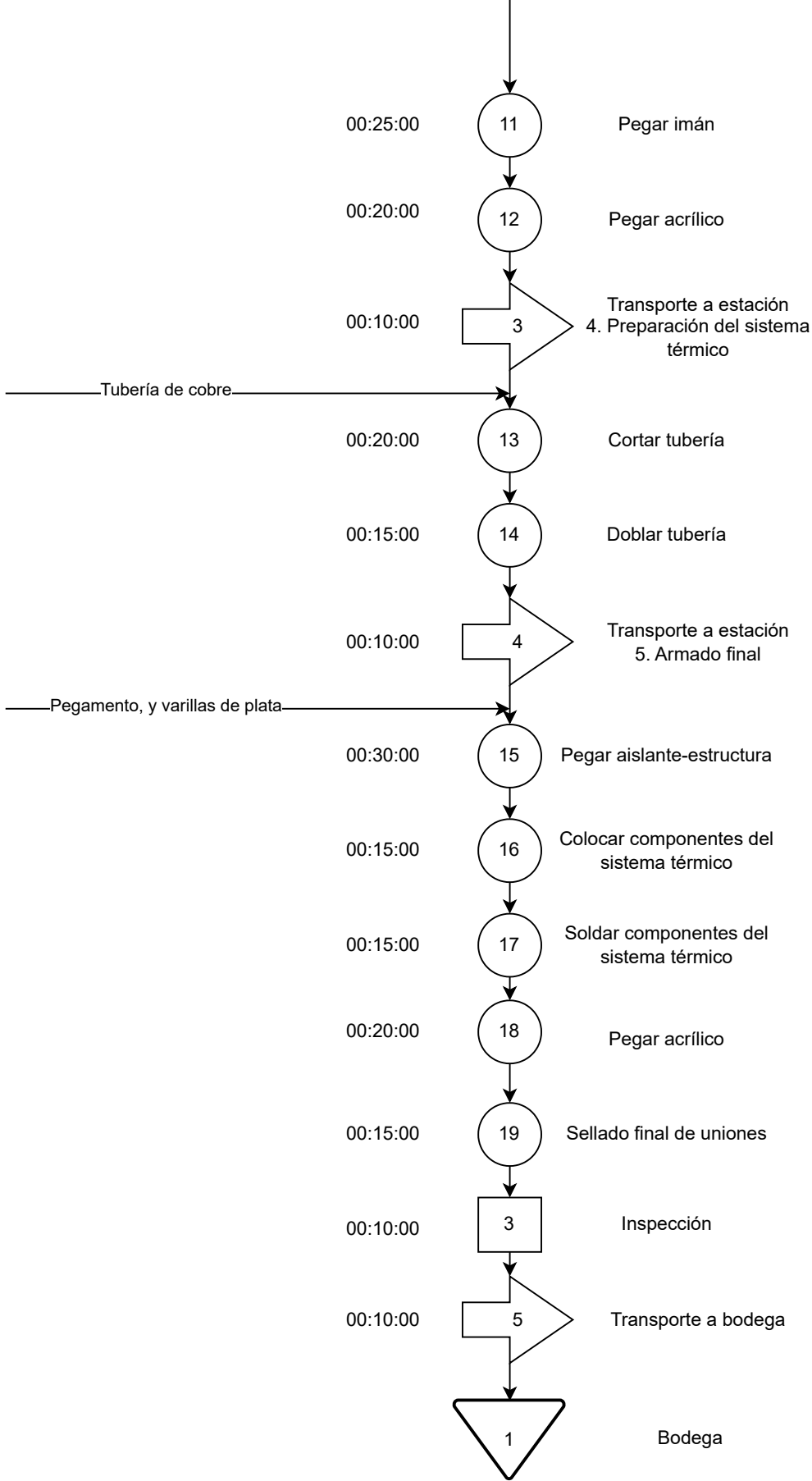






Diagrama de operaciones - Refrigeradora  
Método Actual  
Fecha de elaboración: 06/03/2023  
Elaborado por: Jorge Ibarra  
Desde materia prima hasta producto final





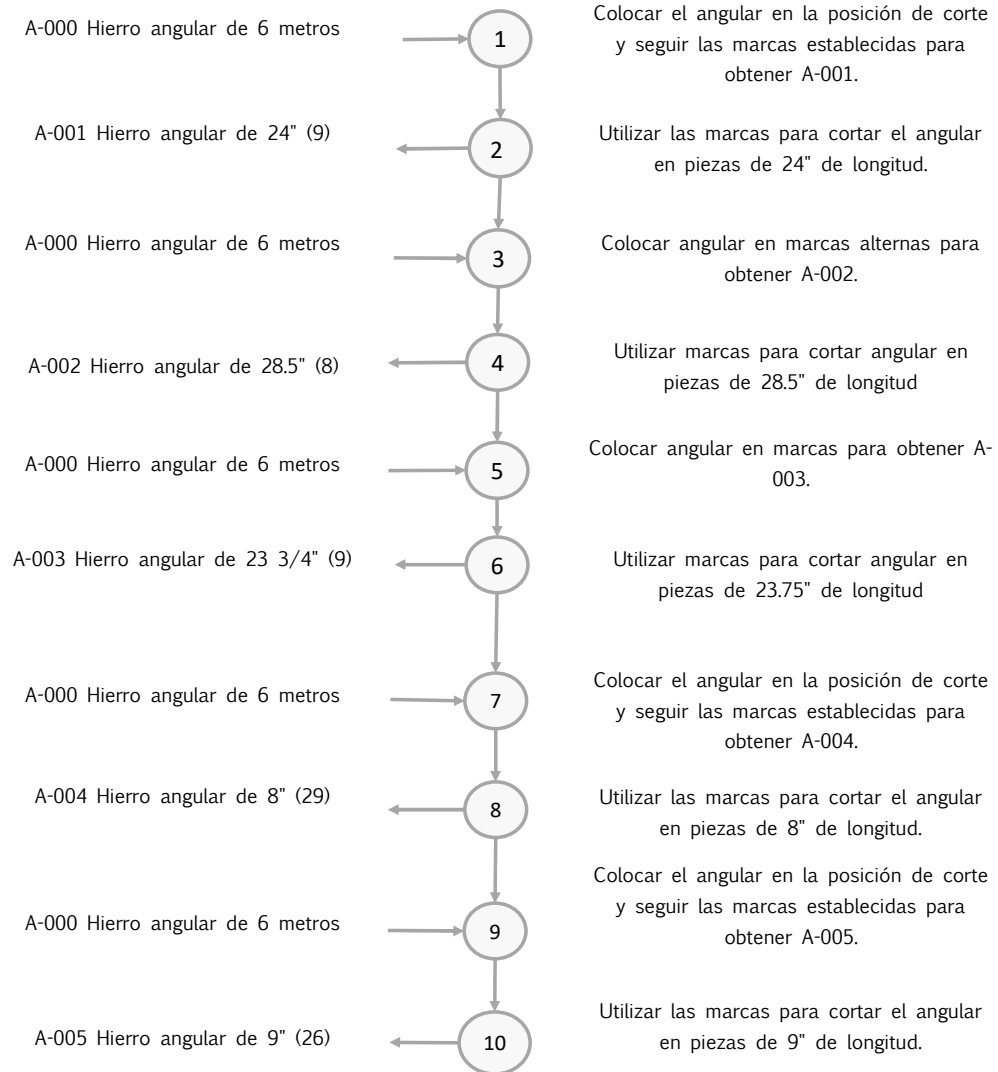
	Cantidad	Tiempo
Operaciones	19	06:35:00
Inspecciones	3	00:30:00
Transporte	5	00:50:00
Entrada de bienes	5	00:00:00
Decisiones	0	00:00:00
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>07:55:00</b>

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	PT-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

<b>Proceso:</b>	<b>Corte de lámina y angulares</b>	<b>Fecha:</b>	<b>06/03/2023</b>
Estación de trabajo:	1	Área de corte	
Producto:	Piezas para estructura	Revisión:	0
Cod.:	Esta-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

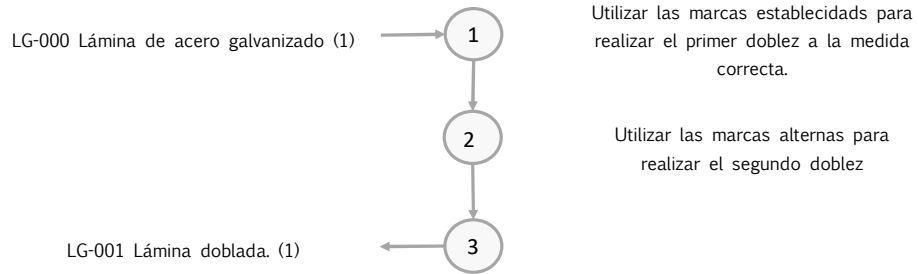


## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	Ref-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

<b>Proceso:</b>	<b>Doblez de lámina</b>	<b>Fecha:</b>	<b>06/03/2023</b>
Estación de trabajo:	2	Área de doblado	
Producto:	Láminas dobladas	Revisión:	0
Cod.:	Esta-002	Fecha de revisión:	06/03/2023

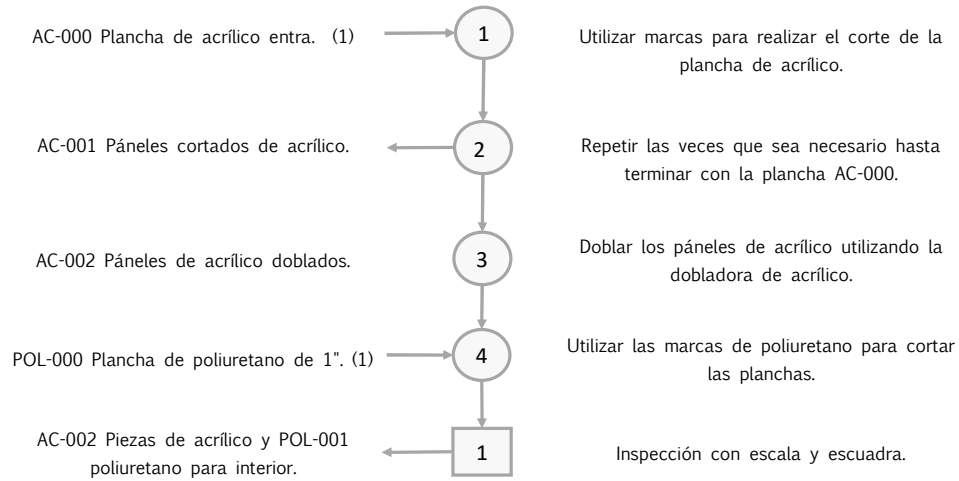


## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	Ref-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

<b>Proceso:</b>	<b>Corte y doblado de acrílico y poliuretano</b>	<b>Fecha:</b>	<b>06/03/2023</b>
Estación de trabajo:	3	Estación acrílico	0
Producto:	Piezas de acrílico y poliuretano	Revisión:	0
Cod.:	Esta-003	Fecha de revisión:	06/03/2023

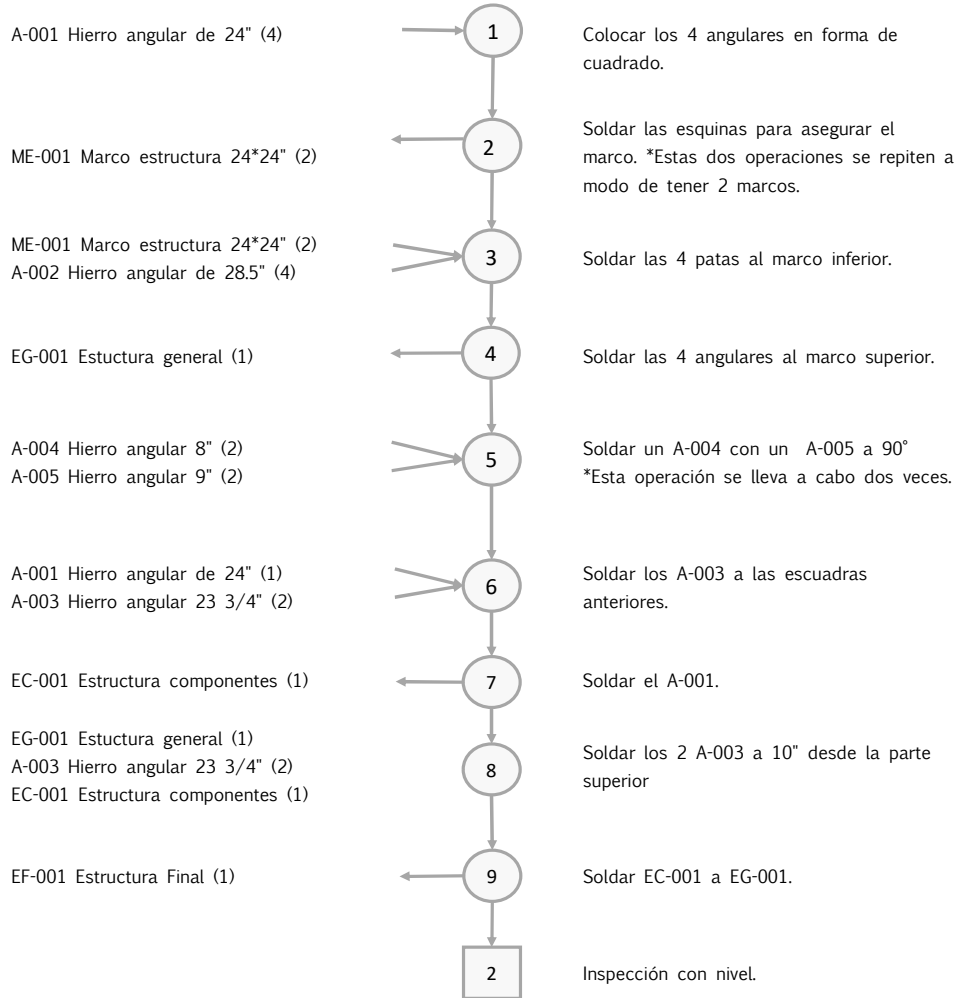


## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	Ref-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

<b>Proceso:</b>	<b>Soldadura estructura refrigeradora</b>	<b>Fecha:</b>	<b>06/03/2023</b>
Estación de trabajo:	4	Área de soldadura	
Producto:	Estructura refrigeradora	Revisión:	0
Cod.:	Est-004	Fecha de revisión:	06/03/2023

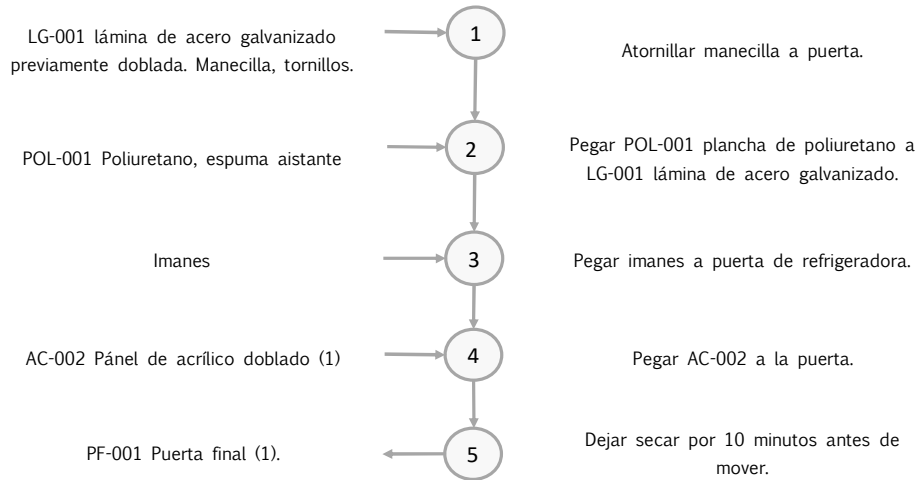


## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	Ref-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

<b>Proceso:</b>	<b>Armado de puerta</b>	<b>Fecha:</b>	<b>06/03/2023</b>
Estación de trabajo:	5	Estación 5 (puerta)	
Producto:	Puerta refrigeradora	Revisión:	0
Cod.:	Esta-005	Fecha de revisión:	06/03/2023

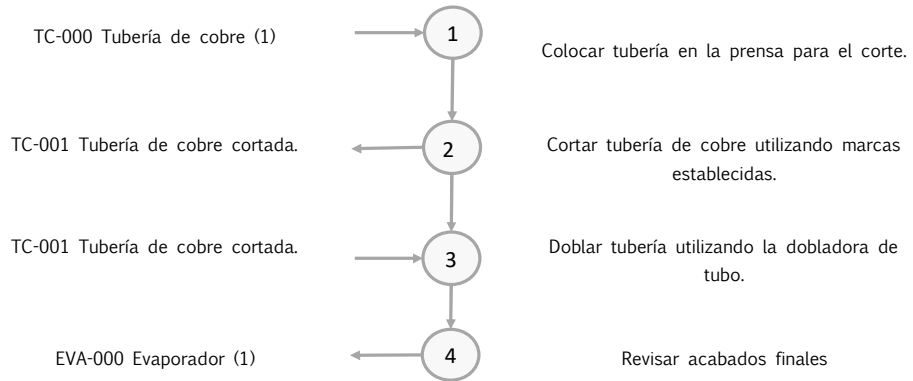


## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	Ref-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

<b>Proceso:</b>	<b>Corte y doblado de tubería de cobre</b>	<b>Fecha:</b>	<b>06/03/2023</b>
Estación de trabajo:	6	Estación 6	
Producto:	Evaporador	Revisión:	0
Cod.:	Esta-006	Fecha de revisión:	06/03/2023



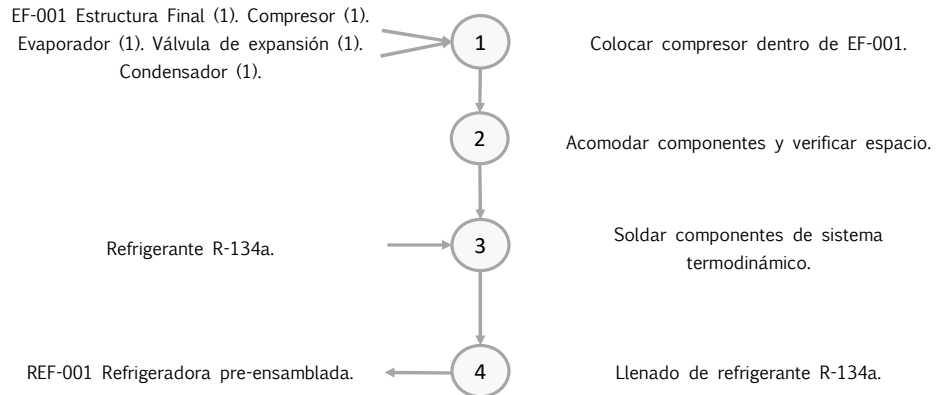
## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato: Carta de ensamble  
Proceso: Fabricación de refrigeradora  
Producto: Refrigeradora de bajo consumo eléctrico  
Cod.: Ref-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
Fecha: 06/03/2023  
Revisión: 0  
Fecha de revisión: 06/03/2023

<b>Proceso:</b>	<b>Ciclo termodinámico</b>	<b>Fecha:</b>	<b>06/03/2023</b>
Estación de trabajo:	7	Área de soldadura	
Producto:	Refrigeradora con componentes	Revisión:	0
Cod.:	Esta-007	Fecha de revisión:	06/03/2023

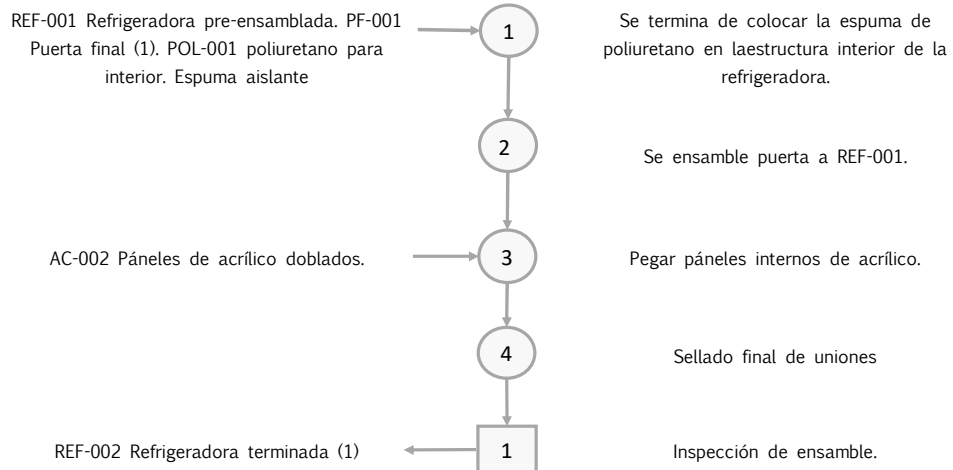


## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	Ref-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

Proceso:	Ensamble final	Fecha:	06/03/2023
Estación de trabajo:	8	Estación 8	
Producto:	Producto final	Revisión:	0
Cod.:	Esta-008	Fecha de revisión:	06/03/2023

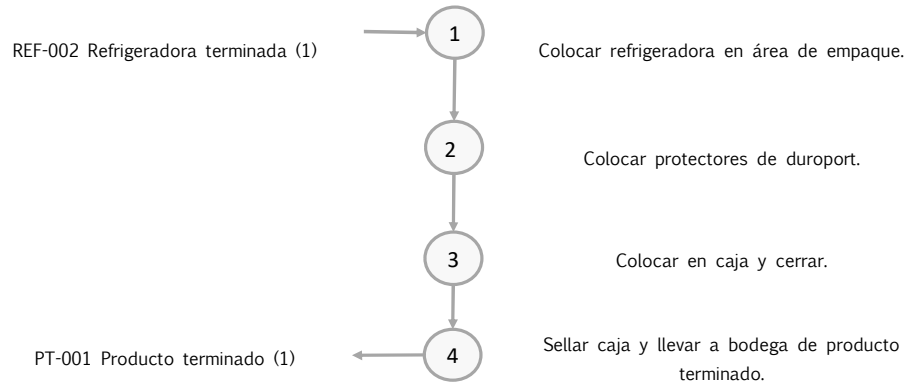


## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

### Carta de ensamble

Formato:	Carta de ensamble	Elaborado por:	Jorge Ibarra
Proceso:	Fabricación de refrigeradora	Fecha:	06/03/2023
Producto:	Refrigeradora de bajo consumo eléctrico	Revisión:	0
Cod.:	Ref-001	Fecha de revisión:	06/03/2023

Proceso:	Empaque	Fecha:	06/03/2023
Estación de trabajo:	9	Área de empaque	
Producto:	Refrigeradora empacada	Revisión:	0
Cod.:	Est-009	Fecha de revisión:	06/03/2023



# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Elaboración de estructura general  
 Producto: Estructura general  
 Cod.: EF-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Angulares y láminas cortadas	No. de pieza			
Tamaño del lote de compra	Uso	Área de corte	Fecha de entrega			
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	1	Fecha de suministro			
Peso	No. de sub-ensamble		Suministrado por			
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Cortar A-000 siguiendo marcas	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
2	Utilizar marcas para cortar piezas de 24"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora
3	Colocar A-000 en marcas alternas (1)	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
4	Utilizar marcas para cortar piezas de 28.5"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora
5	Colocar A-000 en marcas alternas (2)	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
6	Utilizar marcas para cortar piezas de 23 3/4"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora
7	Colocar A-000 en marcas alternas (3)	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
8	Utilizar marcas para cortar piezas de 8"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora
9	Colocar A-000 en marcas alternas (4)	Área de corte	Ingletadora	20		Ingletadora
10	Utilizar marcas para cortar piezas de 9"	Área de corte	Ingletadora	80		Ingletadora

# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Doble de lámina  
 Producto: Láminas de acero galvanizado dobladas  
 Cod.: LG-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Láminas de acero galvanizado dobladas	No. de pieza			
Tamaño del lote de compra	Uso	Área de doblez	Fecha de entrega			
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	2	Fecha de suministro			
Peso	No. de sub-ensamble		Suministrado por			
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Colocar lámina en dobladora	Área de doblez	Dobladora de lámina	20		Dobladora de lámina
2	Utilizar marcas para hacer primer doblez	Área de doblez	Dobladora de lámina	20		Dobladora de lámina
3	Hacer segundo doblez	Área de doblez	Dobladora de lámina	20		Dobladora de lámina

# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Corte y doblado de piezas de acrílico y poliuretano  
 Producto: AC-002 Piezas de acrílico y POL-001 poliuretano para interior.  
 Cod.: AC-002 y POL-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material Tamaño del lote de compra Piezas por lote de compra Peso	Nombre de componente/pieza AC-002 Piezas de acrílico y POL-001 poliuretano para interior. Uso Estación 3 No. de ensamble 3 No. de sub-ensamble	No. de pieza Fecha de entrega Fecha de suministro Suministrado por				
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Utilizar marcas para cortar plancha de acrílico	Estación 3	Sierra de banda	15		-
2	Repetir hasta acabar AC-000	Estación 3	Sierra de banda	15		-
3	Doblar paneles de acrílico utilizando dobladora de acrílico	Estación 3	Dobladora de acrílico	20		-
4	Utilizar las marcas para el corte de poliuretano	Estación 3	Sierra de banda	15		-
5	Inspección con escala y escuadra.	Estación 3		40		Escala y escuadra

# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Elaboración de estructura general  
 Producto: Estructura general  
 Cod.: EF-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Estructura general			No. de pieza	
Tamaño del lote de compra	Uso	Área de soldadura			Fecha de entrega	
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	4			Fecha de suministro	
Peso	No. de sub-ensamble				Suministrado por	
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
*1	Colocar 4 A-001 en forma de cuadrado.	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	20		Escuadra
*2	Soldar esquinas para obtener marco	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	300		Soldadura de arco eléctrico
3	Soldar 4 A-002 a ME-001	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	300		Soldadura de arco eléctrico
4	Soldar a marco superior	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	10		Soldadura de arco eléctrico
*5	Soldar los 1 A-004 con 1 A-005 a 90°	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	180		Escuadra
6	Soldar los A-003 a las escuadras anteriores.	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	180		Soldadura de arco eléctrico
7	Soldar el A-001.	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	75		Soldadura de arco eléctrico
8	Soldar los 2 A-003 a 10" desde la parte superior	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	120		Escala
9	Soldar EC-001 a EG-001.	Área de soldadura	Soldadura de arco eléctrico	300		Soldadura de arco eléctrico
*NOTA	Operaciones con * se repiten dos veces por simetría de componentes.					

# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Elaboración de puerta  
 Producto: Puerta final.  
 Cod.: PF-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Puerta final.			No. de pieza	
Tamaño del lote de compra	Uso	Estación 5			Fecha de entrega	
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	5			Fecha de suministro	
Peso	No. de sub-ensamble				Suministrado por	
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Atornillar manecilla	Estación 5	-	20		Destornillador
2	Pegar poliuretano a lámina de galvanizado	Estación 5	-	45		Pegamento
3	Pegar imanes a puerta	Estación 5	-	25		Pegamento
4	Pegar panel de acrílico a la puerta	Estación 5	-	40		Pegamento
5	Dejar secar por 10 min.	Estación 5	-	15		

# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Elaboración de evaporador  
 Producto: Evaporador  
 Cod.: EVA-000

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Mezcla de panqueques			No. de pieza	
Tamaño del lote de compra	Uso	Estufa			Fecha de entrega	
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	6			Fecha de suministro	
Peso	No. de sub-ensamble				Suministrado por	
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Colocar tubería en prensa para corte	Estación 6	Prensa	15		-
2	Cortar tubería siguiendo marcas establecidas	Estación 6	Prensa	15		Segueta
3	Doblar tubería	Estación 6	Prensa	15		Dobladora de tubo
4	Revisar acabados	Estación 6	Prensa	20		-

# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Armado de ciclo termodinámico  
 Producto: Refrigeradora pre-ensamblada  
 Cod.: REF-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Ciclo termodinámico	No. de pieza			
Tamaño del lote de compra	Uso	Estación 7	Fecha de entrega			
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	7	Fecha de suministro			
Peso	No. de sub-ensamble		Suministrado por			
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Colocar compresor dentro de EF-001	Estación 7	-	15		
2	Acomodar componentes	Estación 7	-	15		
3	Soldar componentes	Estación 7	Soldadora TIG	60		Soldadora TIG
4	Llenado de R-134a	Estación 7		30		

# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Ensamble final  
 Producto: Refrigeradora terminada  
 Cod.: REF-002

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Producto final	No. de pieza			
Tamaño del lote de compra	Uso	Estación 8	Fecha de entrega			
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	8	Fecha de suministro			
Peso	No. de sub-ensamble		Suministrado por			
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Colocar espuma de poliuretano en el interior	Estación 8	-	10		-
2	Ensamblar puerta a estructura	Estación 8	-	25		Destornillador
3	Pegar paneles internos de acrílico	Estación 8	-	20		Pegamento
4	Sellado final de uniones	Estación 8	-	30		Remachadora
5	Inspección de ensamble	Estación 8	-	20		-

# Universidad del Valle de Guatemala

## Refrigeradora comunitaria de bajo consumo eléctrico

Formato: Hoja de ruta  
 Proceso: Empaque  
 Producto: Producto final  
 Cod.: PF-001

Elaborado por: Jorge Ibarra  
 Fecha: 06/03/2023  
 Revisión: 0  
 Fecha de revisión 06/03/2023

Especificaciones del material	Nombre de componente/pieza	Producto final	No. de pieza			
Tamaño del lote de compra	Uso	Estación 9	Fecha de entrega			
Piezas por lote de compra	No. de ensamble	9	Fecha de suministro			
Peso	No. de sub-ensamble		Suministrado por			
No. de operación	Descripción de la operación	Departamento	Máquina	Setup (seg.)	Piezas por seg.	Herramientas
1	Colocar refrigeradora en área de empaque	Estación 9	Montacarga	15		-
2	Colocar protectores de duroport	Estación 9	-	15		-
3	Colocar en caja y cerrar	Estación 9	Montacarga	15		-
4	Sellar caja y almacenar	Estación 9	-	15		Cinta adhesiva