

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de Sistema de Empaque y Paletización de Hielo Seco”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Heinz Ernesto Vera Teran

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

## **DEDICATORIA**

Para mis padres, quienes me han brindado todo su amor y cariño, y sin los cuales no habría logrado llegar a donde hoy estoy. Gracias.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud a todo el equipo de la empresa analizada, quienes me abrieron las puertas para poder desarrollar el presente documento, y con atención extraordinaria, me brindaron de toda la ayuda necesaria para poder presentar un trabajo completo y detallado.

Agradezco también a mis tutores, que con fiel paciencia y dedicación me encaminaron a no solo poder desarrollar el presente proyecto, sino también a realizarme como profesional de excelencia desde mis estudios de grado, hasta este último paso en esta etapa de mi vida.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*nombre de los participantes*) y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

*Heinz Vera Term*

---

Autor 1

## EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:  
**ANDREA JAEL  
BOERO VERA**

---

**Andrea Jael Boero Vera**

PROFESOR TUTOR



Firmado electrónicamente por:  
**LIVINGSTON DAVID  
CASTRO VALLADARES**

---

**Livingston David Castro Valladares**

PROFESOR TUTOR

**RODOLFO  
EZEQUIEL  
PAZ MORA**

Digitally signed by  
RODOLFO EZEQUIEL  
PAZ MORA  
Date: 2021.08.17  
14:17:35 -05'00'

---

**Rodolfo Ezequiel Paz Mora**

PROFESOR DE LA MATERIA

## RESUMEN

En este documento se explora el proceso de diseño para la implementación de un sistema de automatización de empaque para una planta de producción de bloques de hielo seco, a fin de minimizar costos de producción, y al mismo tiempo reducir el riesgo al que el operador está expuesto. El objetivo fue plantear una propuesta de diseño por selección de maquinaria. Se analizó adicionalmente los sistemas de acople entre componentes, cumplimiento de normativas y estándares nacionales e internacionales, y se logró evaluar la factibilidad económica del proyecto. Se establecieron los requerimientos y necesidades de la empresa en función de entrevistas con el personal de planta y analizando lo disponible actualmente en planta. A partir de esto se logró realizar una selección de maquinaria, obteniendo que para el proceso en cuestión convenía separar el proceso de empaque de hielo seco en procesos de: envoltura, embalaje y paletización. Con la maquinaria seleccionada se realizó un plano de colocación, agregando los sistemas de seguridad y sistemas anexos dentro de la planta de empaque. Se logró obtener un plano final, junto a planos de especificación describiendo las dimensiones de cada sistema planteado. Se obtuvo también un análisis de consumo energético, en donde se incrementó el consumo en 3.4 veces comparado a valores actuales. Finalmente se realizó un análisis económico de la propuesta, obteniendo una rentabilidad del 31% como Tasa Interna de Retorno, superando la rentabilidad proyectada del 15%.

**Palabras Claves:** diseño por selección, empaque, hielo seco, paletización.

## **ABSTRACT**

*The following document explores the design process for an automatic packaging system for dry ice block production to minimize production costs, and at the same time reduce the risk that the operators are exposed to. The objective was proposing a design by selection of machinery. The coupling systems between components, compliance with national and international regulations and standards, and the economic feasibility of the project were analyzed. The requirements and needs of the company were established based on interviews with plant personnel, analyzing, as well, what was currently available in the production plant. From this, it was possible to select machinery, obtaining that for the process in question it was convenient to separate the dry ice packaging process into three different processes: wrapping, packaging, and palletizing. With the selected machinery, a placement blueprint was made, considering the security systems, and attached systems within the packaging plant. A final blueprint was obtained, together with specification blueprints describing the dimensions of each proposed system. An analysis of energy consumption was also obtained, where there was an increase of 3.4 times in consumption compared to current values. Finally, an economic analysis of the proposal was carried out, obtaining a profitability of 31% as Internal Rate of Return, exceeding the projected profitability of 15%.*

**Keywords:** *design by selection, packaging, dry ice, palletizing.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Justificación del problema.....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General .....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	2
1.4. Marco teórico .....	2
1.4.1. Hielo seco.....	2
1.4.2. Riesgos del manejo de hielo seco.....	3
1.4.2.1. Riesgo de quemadura.....	3
1.4.2.2. Riesgo por asfixia .....	3
1.4.3. Almacenamiento de hielo seco.....	4
1.4.4. Línea de empaquetado automático .....	4
1.4.5. Líneas de paletización.....	5
CAPÍTULO 2 .....	6
2. METODOLOGÍA.....	6
2.1. Requerimientos y criterios de diseño .....	9
2.1.1. Requerimientos de diseño.....	9



2.1.1.1.	Análisis de empaque.....	9
2.1.1.2.	Capacidad de producción actual.....	12
2.1.1.3.	Limitaciones de espacio.....	13
2.1.2.	Criterios de Diseño.....	14
2.1.3.	Consideraciones para los Criterios de Diseño.....	14
2.2.	Situación actual de la empresa.....	15
2.3.	Diseño Conceptual.....	20
2.3.1.	Envoltura.....	20
2.3.1.1.	Envoltura individual en poliuretano.....	21
2.3.1.2.	Envoltura individual por cadena.....	21
2.3.1.3.	Máquina de encajonamiento manual.....	21
2.3.2.	Embalaje.....	21
2.3.2.1.	Embalaje individual por sellado.....	21
2.3.2.2.	Torno de embalaje semiautomático.....	22
2.3.2.3.	Paletizadora con torno de embalaje.....	22
2.3.3.	Paletización.....	22
2.3.3.1.	Brazo robótico.....	22
2.3.3.2.	Paletización por filas.....	23
2.3.3.3.	Modificación de caja refrigerada.....	23
2.3.4.	Tablas Morfológicas.....	23
2.3.5.	Selección de la mejor solución.....	25
2.4.	Diseño Preliminar.....	28
CAPÍTULO 3.....		32
3.	DISEÑO DETALLADO, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	32
3.1.	Diseño Detallado.....	32
3.1.1.	Sujeción de maquinaria.....	33
3.1.2.	Distribución de Maquinaria y Equipos Anexos.....	34
3.1.2.1.	Distribución en área de paletizado.....	34

3.1.2.2. Distribución del área de embalaje .....	39
3.1.2.3. Distribución del área de envoltura.....	40
3.1.2.4. Distribución de líneas de aire comprimido y CO2 .....	42
3.1.2.5. Dimensionamiento y selección de bandas de transporte .....	45
3.1.3. Iluminación de planta de empaque.....	46
3.2. Análisis final .....	50
3.2.1. Análisis de ciclos de tiempo de operación.....	50
3.2.2. Análisis de consumo energético.....	52
3.2.3. Análisis Ambiental y Social.....	55
3.2.3.1. Análisis Ambiental.....	55
3.2.3.2. Análisis Social.....	58
3.2.4. Análisis de factibilidad económica.....	60
CAPÍTULO 4 .....	69
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
4.1. Conclusiones .....	69
4.2. Recomendaciones .....	70
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICES	

## **ABREVIATURAS**

INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
FIU	Florida International University
TLV	Threshold Limit Value
Ppm	Partes por millón
ISO	International Organization for Standardization
UNC	Unified Coarse
ICE	Impuesto de Consumos Especiales
FODINFA	Fondo de Desarrollo para la Infancia
IVA	Impuesto al Valor Agregado

## SIMBOLOGÍA

°C	Grados Celsius
Kg	Kilogramos
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
Hr	Horas
S	Segundos
M	Metros
Min	Minutos
N	Newton
∅	Diámetro
W	Watts
L	Litros
Psi	Pies por pulgada cuadrada
Mm	Milímetros
Lux	Cantidad Lumínica
kWh	Kilovatio Hora
USD	Dólares Americanos

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de flujo representando los pasos a seguir para la obtención del diseño final. (Elaboración Propia).....	7
Figura 2.2 Diagrama de flujo de la planta de elaboración de hielo seco encontrado dentro de la planta. (Elaboración Propia) .....	8
Figura 2.3 Diagrama de flujo de la planta de elaboración de hielo seco encontrado dentro de la planta. (Elaboración Propia) .....	8
Figura 2.4 Diagrama de caja negra de la solución planteada. (Elaboración propia) .....	9
Figura 2.5 Gráfico de ritmo de sublimación en el tiempo de las dos muestras de hielo seco. ....	11
Figura 2.6 Diagrama de ubicación actual de maquinaria y dimensiones de la planta de producción de hielo seco. ....	13
Figura 2.7 Colocación de extintor en área de producción de hielo seco desde una vista superior. ....	18
Figura 2.8 Líneas de alimentación y purga de hielo seco existentes en la empresa analizada desde una vista superior. ....	19
Figura 2.9 Sistema de línea de empacado de hielo seco de la compañía ASCO. (ASCO, 2020).....	22
Figura 2.10 Sistema de paletizado de la compañía EASY Palletizer (Easy Robotics, 2020). ....	23
Figura 2.11 Caja transparente del sistema planteado. (Elaboración propia) .....	29
Figura 2.12 Colocación de equipos en el área de empacado y producción de hielo seco desde una vista superior. ....	30
Figura 3.1 Diagrama de colocación de perno de sujeción extraído del fabricante INDEX (INDEX, 2018). ....	34
Figura 3.2 Diagrama de distribución del área de paletizado desde una vista superior. ....	35
Figura 3.3 Diagrama de colocación de jaula de seguridad alrededor del área de paletizado. ....	37
Figura 3.4 Diagrama representando las dimensiones de las puertas de jaula. ....	38
Figura 3.5 Diagrama de colocación de la maquinaria ASCO APM 120 respecto a los otros elementos anexos a la máquina. ....	40
Figura 3.6 Diagrama de colocación de la maquinaria GiftWrapper 3000 respecto a los otros elementos anexos a la máquina y las paredes cercanas.....	42
Figura 3.7 Diagrama de colocación de líneas de CO <sub>2</sub> y aire comprimido. ....	44
Figura 3.8 Diagrama de colocación de luminarias en función de los distanciamientos obtenidos de la Tabla 3.6. ....	50
Figura A.1 Tabla de colocación de extintores en áreas de riesgo de incendios. ....	75
Figura A.2 Colocación de guardas de seguridad.....	75
Figura A.3 Tabla de características dimensionales de los pernos .....	76
Figura A.4 Tabla de distancias recomendadas de tableros eléctricos.....	76
Figura A.5 Tabla de valores de porcentajes de depreciación para maquinarias según el tiempo de operación. ....	77
Figura A.6 Desglose de valores de pagos a trabajadores en planta a un sueldo de \$800 (Andrade, 2014). ....	78
Figura A.7 Diagrama de la maquinaria EASY Palletizer.....	78
Figura A.8 Diagrama de la maquinaria EASY Palletizer.....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Valores obtenidos experimentalmente de pesos de bloques de hielo seco empacados de distinta forma.....	10
Tabla 2.2 Valores obtenidos experimentalmente de temperatura superficial de bloques de hielo seco empacados de distinta forma.....	11
Tabla 2.3 Valores obtenidos experimentalmente para los tiempos de salida de bloques de hielo seco de la maquinaria ColdJet PR750 .....	12
Tabla 2.4 Tiempos requeridos en cada proceso del empacado del producto. ....	15
Tabla 2.5 Tiempos totalizados de cada actividad realizada para obtener el empacado final del hielo seco y procesos adicionales requeridos para la producción. ....	16
Tabla 2.6 Equipamiento actual en la línea de producción de hielo seco. ....	16
Tabla 2.7 Tabla de funciones, medios y restricciones para los tres procesos del empacado. ....	20
Tabla 2.8 Tabla morfológica para el proceso de envoltura.....	24
Tabla 2.9 Tabla morfológica para el proceso de embalaje.....	24
Tabla 2.10 Tabla morfológica para el proceso de paletizado. ....	25
Tabla 2.11 Selección de rangos de importancia basados en operación de la distinta maquinaria analizada e información obtenida en entrevistas.....	26
Tabla 2.12 Matriz de comparación por pares de valores de importancia para los criterios de selección establecidos. ....	26
Tabla 2.13 Valores de importancia de un criterio con respecto a otro criterio asignados. ....	27
Tabla 2.14 Matriz de selección para el proceso de envoltura. ....	27
Tabla 2.15 Matriz de selección para el proceso de embalaje.....	28
Tabla 2.16 Matriz de selección para el proceso de paletizado. ....	28
Tabla 2.17 Equipos a adquirir para la implementación planteada. ....	29
Tabla 3.1 Requerimientos de instalación para brazo robótico.....	33
Tabla 3.2 Tabla de líneas de aire comprimido y CO <sub>2</sub> requeridos por máquina dentro del área de empacado de hielo seco. ....	43
Tabla 3.3 Información de requerimientos de tuberías y especificaciones basado en los datos recopilados dentro de la planta de producción de hielo seco.....	45
Tabla 3.4 Tabla de características de bandas de transporte.....	45
Tabla 3.5 Información de iluminación requerida dentro de áreas de trabajos extraídos de la normativa ISO 8995-1:2002 (ISO, 2002) .....	47
Tabla 3.6 Distanciamiento entre luminarias en función de la altura de local obtenida. La distancia pared-luminaria es $e/2$ . (Fernandez, 2020) .....	49
Tabla 3.7 Tiempos de operación por maquinaria y proceso obtenidos experimentalmente o mediante catálogos. ....	51
Tabla 3.8 Tiempos de exposición del producto con diferente empaque durante las distintas operaciones del proceso de empacado. ....	51
Tabla 3.9 Tabla de consumos de aire comprimido, CO <sub>2</sub> y electricidad. ....	52
Tabla 3.10 Consumos totalizados por máquina y sistemas anexos en kWh. ....	53
Tabla 3.11 Consumos totalizados de aire comprimido. El valor de interés es el consumo de aire por hora para cálculos posteriores. ....	54

Tabla 3.12 Valores de tarifas diferenciadas por horario para industrias de consumo de media tensión. ....	54
Tabla 3.13 Valores totales de consumo eléctrico en la planta de producción de hielo seco. ....	55
Tabla 3.14 Tasas y valores de pago para importación de bienes a Ecuador. ....	61
Tabla 3.15 Porcentajes de tasas AD Valorem aplicables a bienes importados. ....	61
Tabla 3.16 Valores totales de las maquinas seleccionadas. ....	62
Tabla 3.17 Vida útil esperada para distintos componentes y maquinarias. (Nevada Department Of Taxation, 2019) .....	62
Tabla 3.18 Costo de mantenimiento por cada hora de operación de la maquinaria seleccionada para el área de empaque y maquinaria ya existente en planta. ....	63
Tabla 3.19 Costos de implementación y ajustes del área de empackado de hielo seco. ....	64
Tabla 3.20 Cantidades de hielo seco comprados a la empresa por los tres principales clientes. ....	64
Tabla 3.21 Valores de operación en la planta de producción de hielo seco. ....	65
Tabla 3.22 Valores proyectados para la operación de la planta de producción de hielo seco. ....	65
Tabla 3.23 Valores porcentuales de proyección de aumento de ventas y aumento de costos operativos. ....	66
Tabla 3.24 Valores totales de depreciación. ....	66
Tabla 3.25 VAN y TIR calculados para el proyecto a un tiempo de implementación de 5 años. ....	67
Tabla 3.26 Análisis financiero del proyecto a implementar con costos anuales. ....	68

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción del problema

La empresa actualmente se enfrenta a dos problemas en la venta de hielo seco. El primero es la eficiencia de empaque que conlleva a un aumento de costo operativo para la manufactura del producto al requerir empaque manual por medio de un rango de entre 2 a 4 operadores dependiendo del requerimiento de empaque con base a los pedidos. El segundo problema es la carencia de una cadena de suministro continuo a sus clientes puesto que poseen únicamente una máquina de manufactura de hielo seco, la cual, al averiarse, no les permite cumplir con las cuotas de pedidos hasta que la maquina sea reparada.

Se encontraron problemas adicionales relacionados a los riesgos que se encuentran expuestos los operadores. El primer problema encontrado es riesgo a la quemadura. El operador al tener que manipular un producto que se encuentra a temperaturas de  $-80^{\circ}\text{C}$  se expone a quemaduras en caso de que el producto se partiese durante su manejo durante la operación de empaque. Al momento de embalar el producto se encontró que durante la envoltura en papel de despacho es donde existe la mayor posibilidad de lesión por quemadura con el producto. El segundo problema encontrado se relaciona al horario en que se despachan los pedidos. Algunos pedidos requieren que los operadores asistan a la planta en horas de la madrugada para poder tener listo el producto para cuando el cliente lo recoja. Esto significa que el operador puede encontrarse fatigado realizando un proceso de riesgo, lo cual incrementa la posibilidad de quemaduras o lesiones causadas por un mal manejo del producto.

En función de estos dos problemas, se desea buscar la forma de minimizar dichos riesgos al disminuir la exposición del operador con el producto.



## **1.2. Justificación del problema**

El manejo del hielo seco provee un riesgo al operador que puede ser evitado al minimizar el contacto que este tiene con el producto. Más aún se ha observado dentro de la empresa que en ocasiones los operadores no utilizan los instrumentos de seguridad designados para el manejo del producto. Con esto, el nivel de riesgo que supone esta área sobre los operadores es moderada, donde las quemaduras son la más posible causa de lesión al operador. La línea de empaque automatizado también permitiría agilizar la entrega del producto al proveedor. Puesto que las ventas son coordinadas desde otra oficina, el poder tener un sistema automatizado de preparación de producto minimizaría pedidos no realizados por una carencia de comunicación entre ambas oficinas, preparación del producto en un tiempo más oportuno, y adicionalmente ayudar a disminuir costos al no requerir personal durante horas de mayor costo laboral.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Rediseñar un sistema de empaque y paletización de bloques de hielo seco, a través de la mejora de la eficiencia del proceso, para reducir los riesgos laborales y mejorar la capacidad de suministro a los clientes.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Seleccionar los componentes del sistema de empaque y paletización de hielo seco.
- Analizar la factibilidad económica del proyecto
- Analizar el consumo y flujo energético del sistema planteado.

## **1.4. Marco teórico**

### **1.4.1. Hielo seco**

El hielo seco es un producto derivado de la solidificación del dióxido de carbono. Este producto se encuentra normalmente a  $-84^{\circ}\text{C}$  y se condensa

a los -78 °C a presión atmosférica, por lo que a temperatura ambiente el producto se sublima sin dejar residuo de humedad (Linde, 2011). Debido a sus propiedades inoloras e incoloras, además de no poseer propiedades contaminantes para el consumo humano, se lo suele usar en el transporte y conservación de alimentos, donde se ha encontrado diversas aplicaciones en función de las necesidades de distintos clientes.

## **1.4.2. Riesgos del manejo de hielo seco**

### **1.4.2.1. Riesgo de quemadura**

La organización de salud del estado de Nueva York recomienda tener precauciones al momento de manejar este producto sin el equipamiento adecuado. Las temperaturas del producto requieren que se utilicen guantes criogénicos para evitar quemaduras serias, además de utilizar equipo de protección para la vista con el fin de evitar lesiones quemaduras en los ojos en caso de que este llegase a partirse (New York Department of Health, 2011).

El Código INEN 2266-Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos, apartado 6.1.1, establece que quienes manejen productos químicos y materiales peligrosos deben garantizar que todo el personal que esté vinculado con la operación de materiales peligrosos cuente necesariamente con los equipos de seguridad adecuados (INEN, 2017), que en el caso presente serán los guantes criogénicos y visores de protección.

### **1.4.2.2. Riesgo por asfixia**

El hielo seco también impone un riesgo de asfixia en caso de que este se almacene dentro de espacios confinados (New York Department of Health, 2011) puesto que el dióxido de carbono desplaza el oxígeno dentro de espacios confinados. Una concentración de 35% de dióxido de carbono ya causa efectos en la capacidad respiratoria y decrecimiento de la presión sanguínea, conllevando a un cambio en el ritmo cardiaco, apnea y finalmente

un shock respiratorio (Permentier, 2017). Por otro lado, la FIU, Florida International University, recomienda que los niveles de concentración de dióxido de carbono deben mantenerse por debajo del 0.5%, evitando así que existe un potencial de resigo para la salud humana (FIU, 2019).

Bajo estas condiciones basándonos en el código INEN 2266 la empresa debe proveer de equipamiento de respiración autónoma dentro de estas áreas para un adecuado manejo del producto en caso de aumento en los niveles de dióxido de carbono.

#### **1.4.3. Almacenamiento de hielo seco**

El apartado 6.8.4.7 del código INEN 2266 exige que el sistema de bodegaje deba disponer de equipos adecuados para la descontaminación (INEN, 2017). Con esto se debe incorporar un sistema de purga de aire para minimizar el riesgo por contaminación de dióxido de carbono en el ambiente de bodegaje.

Regulaciones de la FIU para la seguridad ambiental y de la salud también sugieren que durante el almacenamiento del hielo seco los contenedores deberían tener un sistema de ventilación para poder remover el dióxido de carbono que podría acumularse dentro de este. Con esto se debe mantener la concentración de dióxido de carbono por debajo de un TLV de 5000 ppm (FIU, 2019).

Se recomienda adicionalmente que los lugares de almacenamiento se encuentren lejos de zonas de salidas de emergencia, ascensores, y lugares de movilización continua de personal o productos.

#### **1.4.4. Línea de empaquetado automático**

Las líneas de empaquetado automatizados son aquellos sistemas completos donde se extrae un envase vacío, y mediante un proceso se obtiene un producto final listo para el consumidor final (GEA, 2020). El diseño de la línea está hecho en función de los requerimientos del cliente y las operaciones requeridas durante el proceso. La siguiente lista de

criterios de selección es recomendada por el proveedor ARC- Robotic (ARC-Robotics, 2020).

- Se requiere carga y descarga de productos
- Se requiere ensamblaje
- Manejo de productos cerca de líneas de maquinando
- Reubicación de partes
- Manipulación entre líneas de prensas
- Posicionamiento de los componentes
- Medición de los productos
- Aplicación de recoger y colocar

Ensamblaje de componentes eléctricos o mecánicos

Los procesos requeridos dentro de la operación analizada son de envoltura en un producto de la línea de papeles, embalaje del producto y colocación dentro de un contenedor aislado para mantener el producto.

#### **1.4.5. Líneas de paletización**

Las operaciones de paletización requieren de la carga y descarga de productos utilizando un sistema capaz de automáticamente manipular un producto específico, ubicarlo de forma exacta, y utilizando el espacio de pallet de forma adecuada para acomodar la mayor cantidad de producto.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el proceso de diseño esta resumida en el diagrama de la Figura 2.1. Se comienza por una evaluación de requerimientos de los sistemas de empaquetado y producción, donde un punto importante fueron las entrevistas realizadas a los encargados del área de producción, así como al personal dentro de la línea de empaquetado a fin de obtener información completa del proceso. Con esto se contempló que el proyecto no fuera solo funcional y cumpliera con los objetivos planteados, si no adicionalmente fuera atractivo al cliente. En estas se trataron de buscar diversas alternativas para cada uno de los tres pasos del proceso de empaquetado. Se procedió a un desarrollo de soluciones preliminares. Este proceso fue un primer tamiz que permitió definir de forma más objetiva tres soluciones que fueran viables y cumplieran con los requerimientos de la planta de empaquetado y los criterios de diseño establecidos.

La selección de la mejor alternativa se hizo utilizando una matriz de decisión en el proceso del diseño preliminar de la propuesta, culminando en una matriz de decisión de la mejor alternativa. Tanto costos de adquisición como costos de operación y mantenimiento, a fin de obtener una cifra real de al cual la empresa pueda tomar decisiones de compras de equipos, fueron aspecto importante en el desarrollo de este paso del proceso de diseño.

En el diseño conceptual se proyectó establecer criterios preliminares a la colocación de los equipos, y se realizaría una primera propuesta de como seria la colocación de los equipos. Una investigación de regulaciones nacionales e internacionales también fue hecha en este paso. Con este planteamiento se procedió al paso cinco de la Figura 2.1. El diseño de tallado incluyo los planos finales, detallando los aspectos técnicos a considerar para poder implementar el proyecto. Finalmente, se realizaron evaluaciones del diseño, tanto económica, técnicas, ambientales y sociales, a fin de garantizar que la propuesta planteada cumpliera con los objetivos del proyecto, además de satisfacer las necesidades del cliente.

Durante el desarrollo de la solución, los datos extraídos del proceso de diseño por selección de equipos, se debe buscar tanto costos de adquisición como costos de

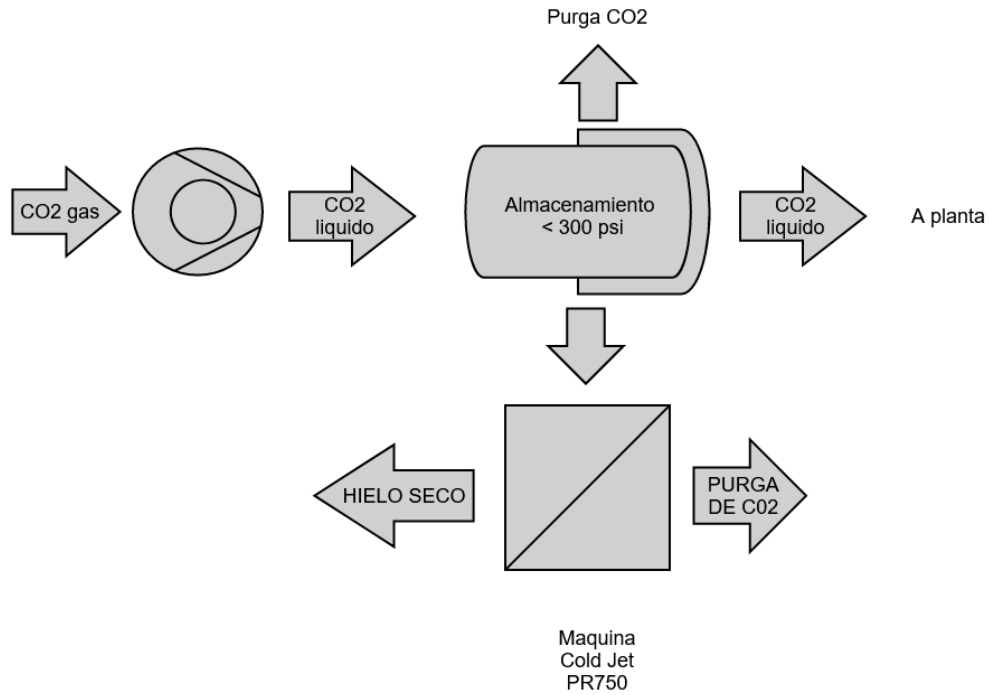
operación y mantenimiento para obtener una cifra real de al cual la empresa pueda tomar decisiones de compras de equipos.

El proceso de elaboración de hielo seco se presenta en la Figura 2.2, en función de las operaciones realizadas para su producción.

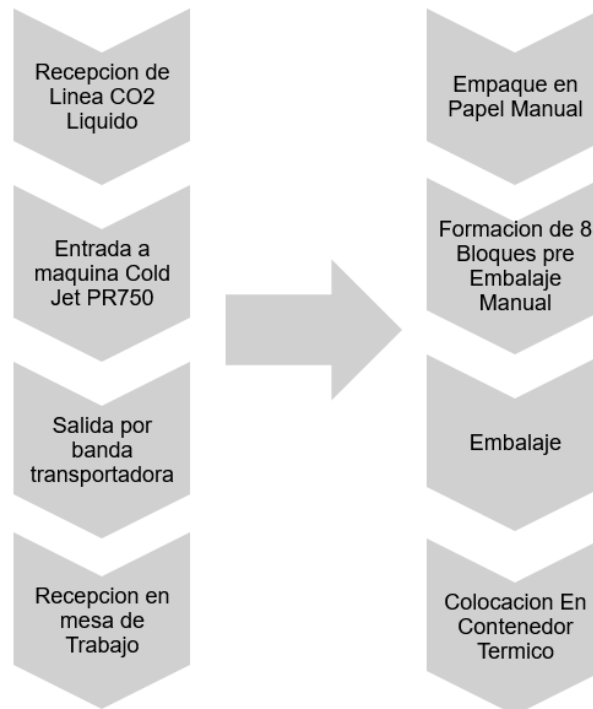


**Figura 2.1 Diagrama de flujo representando los pasos a seguir para la obtención del diseño final. (Elaboración Propia)**

A continuación, se ha analizado el proceso de empaque y paletizado que existe actualmente en la empresa, con lo que la operación desde la recepción del producto inicial (CO<sub>2</sub> gas) hasta la paletización queda representada en forma resumida por la Figura 2.3.

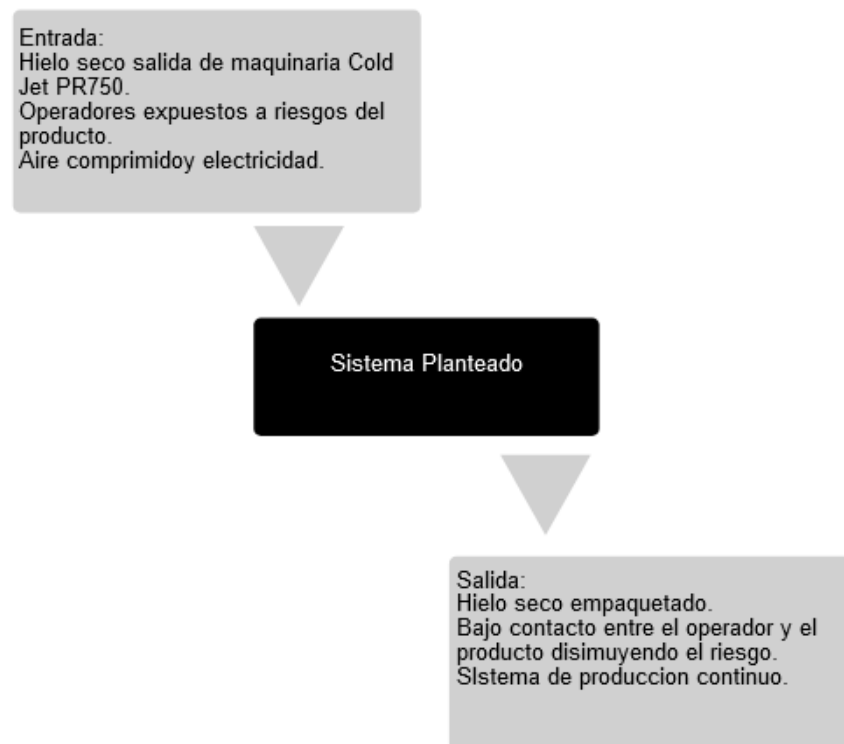


**Figura 2.2 Diagrama de flujo de la planta de elaboración de hielo seco encontrado dentro de la planta. (Elaboración Propia)**



**Figura 2.3 Diagrama de flujo de la planta de elaboración de hielo seco encontrado dentro de la planta. (Elaboración Propia)**

El proceso que se desea obtener a partir de la solución planteada queda resumido por el diagrama de caja negra de la Figura 2.4.



**Figura 2.4 Diagrama de caja negra de la solución planteada. (Elaboración propia)**

A partir de esto se definieron los requerimientos del sistema y criterios de diseño a considerar. Adicional a esto para mantener una organización en el proceso del desarrollo de la solución se planteó un diagrama de Gantt a fin de evaluar el progreso obtenido en cada paso del proceso de diseño. El diagrama se encuentra adjunto en Anexo A.3.

## **2.1. Requerimientos y criterios de diseño**

### **2.1.1. Requerimientos de diseño**

#### **2.1.1.1. Análisis de empaque**

El tipo de empaque requerido dentro de la empresa debe poseer un costo bajo y proveer propiedades térmicas adecuadas. Con el fin de analizar el empaquetado actual se analizó la posibilidad de poder eliminar el uso de papel durante el proceso de empaque,



para lo cual se utilizó dos muestras de hielo seco, una empacada con papel y plástico, y al otra empacada únicamente con plástico. Se obtuvieron los resultados de la Tabla 2.1 corresponde al empaque de plástico, y la muestra dos corresponde a la muestra de papel y plástico.

**Tabla 2.1 Valores obtenidos experimentalmente de pesos de bloques de hielo seco empacados de distinta forma.**

Tiempo [min]	Peso de Muestra 1 [kg]	Peso de Muestra 2 [kg]
0	3.07	2.7
49	2.93	2.6
107	2.74	2.49
161	2.54	2.35
348	2	1.97
418	1.82	1.85
471	1.68	1.76
573	1.43	1.59
674	1.21	1.43
704	1.14	1.38

La muestra 1 corresponde al empacado usando solo plástico, y la muestra 2 corresponde al empacado con papel y plástico

Con estos datos se obtiene las curvas de tendencias mostradas en el Figura 2.3, obteniendo que en la muestra 1 la sublimación del producto ocurre a un ritmo de 0.168 kg, mientras en la muestra 2 el sublimado ocurre a una tasa de  $0.114 \frac{kg}{hr}$ .



**Figura 2.5 Gráfico de ritmo de sublimación en el tiempo de las dos muestras de hielo seco.**

Adicionalmente se analizó la temperatura superficial de cada una de las muestras utilizando una cámara termo grafica Fluke Ti 105, donde la toma de temperatura se la realizo a una distancia de 0.4 metros del producto, por lo que la temperatura superficial es la del empaque que lo recubre, obteniendo los siguientes datos.

**Tabla 2.2 Valores obtenidos experimentalmente de temperatura superficial de bloques de hielo seco empacados de distinta forma.**

Tiempo [min]	Muestra 1		Muestra 2		Temperatura Ambiente
	T Mínima (°C)	T Promedio (°C)	T Mínima (°C)	T Promedio (°C)	
0	-30	-6	-12	5.1	27.2
29	-14.9	0.3	-12.3	9.5	26.8
107	-0.6	7.8	-4.5	11.7	27.9
161	-4.1	13.1	-3.2	14.4	29

La muestra 1 corresponde al empackado usando solo plástico, y la muestra 2 corresponde al empackado con papel y plástico

Con base a esta información se establece que el empaque con papel proporciona dos cosas fundamentales. La primera es un mejor aislamiento térmico del producto, que implica una mejor conservación del hielo seco, expresada en la más baja tasa de sublimación del producto. La segunda es una temperatura más alta en la superficie, consecuencia de la más baja pérdida térmica del empaque con papel. Esto significa que el manejo del producto es más seguro para un operador que deba manipular manualmente el mismo.

En consecuencia, se define como requerimiento que el empaque debe poseer tanto la capa plástica de embalaje como el papel para poder obtener los beneficios antes mencionados.

#### **2.1.1.2. Capacidad de producción actual**

Para la selección de los equipos correspondientes a las alternativas obtenidas se debe obtener el valor de salida de bloques por minuto de la maquina Cold Jet PR750. Esta será el factor limitante de producción en planta. Se obtuvo que los bloques salgan de forma secuencial con los intervalos de tiempos para grupos de 3 bloques especificados en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Valores obtenidos experimentalmente para los tiempos de salida de bloques de hielo seco de la maquinaria ColdJet PR750**

<b>Bloque en la Secuencia</b>	<b>Tiempo de Salida [s]</b>
1	33
2	33
3	48

Con esto conocemos cada cuanto saldrán los bloques. Conocemos adicionalmente que la maquina posee un tope de producción de 200 [kg] por hora de hielo seco. Actualmente los bloques manufacturados son en presentaciones de 3 [kg].

En función de esto la maquinaria seleccionada debe poder suministrar una cadena de empaque que pueda igualar o superar la cantidad de producto de salida del área de producción de hielo seco.

### 2.1.1.3. Limitaciones de espacio

La distribución actual de los procesos y el área de trabajo disponible para la implementación de los equipos analizados está restringida por el plano de la Figura 2.6.

En función de estas consideraciones mediremos la efectividad de la implementación propuesta en el diseño. Adicional a esto las alternativas seleccionadas deben utilizar de forma adecuada el área disponible permitiendo espacio para movilización de personal y acceso para dar mantenimiento a la maquinaria.

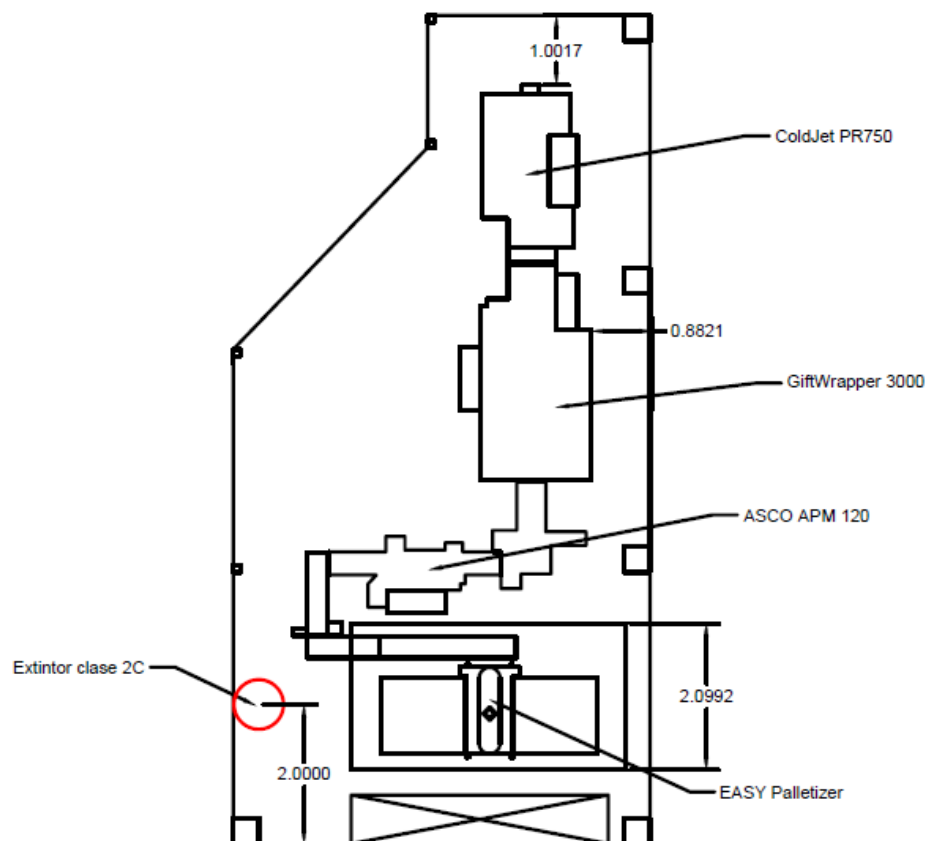


Figura 2.6 Diagrama de ubicación actual de maquinaria y dimensiones de la planta de producción de hielo seco.

### 2.1.2. Criterios de Diseño

En la empresa uno de los factores primordiales en el proceso de toma de decisión es el costo de capital y retorno de esta. En función de las entrevistas realizadas y lo analizado dentro de planta se lograron establecer los siguientes 5 criterios de diseño:

- Costo de Equipos
- Dimensiones Adecuadas al Espacio Disponible
- Facilidad de Mantenimiento
- Seguridad al Operador
- Conservación del Producto Adecuado

### 2.1.3. Consideraciones para los Criterios de Diseño

- **Costo:** El costo incluirá tanto la inversión requerida por el dispositivo, así mismo como los valores de operación, mantenimiento e implementación de los equipos analizados.
- **Dimensiones:** Las dimensiones de los equipos irán en función del espacio que ocupan dentro del área asignada a la producción de CO<sub>2</sub>. Existe posibilidad de ampliar ligeramente el área de producción de hielo seco, sin embargo, se desea mantener la utilización del espacio de los nuevos equipos al mínimo con el fin de poder acoplar un sistema de almacenamiento.
- **Facilidad de Mantenimiento:** Los equipos deben poseer proveedores que permitan la adquisición de los insumos necesarios para mantener estos. Adicional a esto, la complejidad del equipo definirá la facilidad del mantenimiento requerido.
- **Seguridad al Operador:** Puesto que uno de los objetivos del proyecto es minimizar el riesgo al operador, se considerará que un equipo que minimice el contacto del operador con el producto proveerá este. una mayor seguridad a este.
- **Conservación del Producto Adecuado:** El hielo seco se sublima fácilmente a temperatura ambiente, por lo que un empaque adecuado

evita pérdida del producto durante su manejo y transporte. Esto se traduce a una pérdida en venta si el producto no se envasa adecuadamente. Con esto el envasado rápido es preferible, el cual además debe proveer un aislamiento térmico adecuado.

## 2.2. Situación actual de la empresa

Actualmente el hielo seco es empacado manualmente. Para este se realizan 3 procesos: envoltura, embalaje y encajonamiento. Tenemos los siguientes tiempos tomados para cada uno de los procesos resumidos en la siguiente tabla.

**Tabla 2.4 Tiempos requeridos en cada proceso del empacado del producto.**

Proceso	Tiempo Requerido [s]
Envoltura	17
Embalaje	34
Paletización	26

Los tiempos fueron medidos experimentalmente en planta.

Estos procesos son realizados manualmente por el operador, lo cual provee una limitación en el tiempo de empacado, donde se requieren más operadores para realizar el proceso, además de la necesidad del intercambio de operadores por la fatiga causada al momento de trasladar los grupos de 8 bloques hacia el cajón térmico. Con esto también obtenemos un valor de tiempo muerto entre las operaciones realizadas dadas en la siguiente tabla.

**Tabla 2.5 Tiempos totalizados de cada actividad realizada para obtener el empaclado final del hielo seco y procesos adicionales requeridos para la producción.**

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo Requerido [s]</b>
Traslado de material de envoltura	22
Traslado de bloques a torno manual	56
Movilización de cajones térmicos	120
Preparación de encendido de maquina	1800
Sellado de cajón térmico	46

Los tiempos fueron medidos experimentalmente en planta o consultados a los operadores de la planta de producción de hielo seco.

Una observación importante de la forma de empaclado actual es que los bloques se encuentran actualmente expuestos a la intemperie después de ser envueltos, donde se espera agrupar al menos 40 bloques antes de proceder al proceso de embalaje. Esto quiere decir que un bloque puede encontrarse sobre la mesa hasta por un periodo de 22 minutos.

En función de esto se debe colocar un recubrimiento sobre las líneas de transporte del producto para minimizar las pérdidas térmicas causadas por la exposición del producto al ambiente. La banda de transporte de la planta posee un recubrimiento acrílico que encajona la banda, por lo que se empleará el mismo material y método para mitigar esta pérdida. Esto estará en función de la distribución nueva con los equipos seleccionados para cada proceso del empaque.

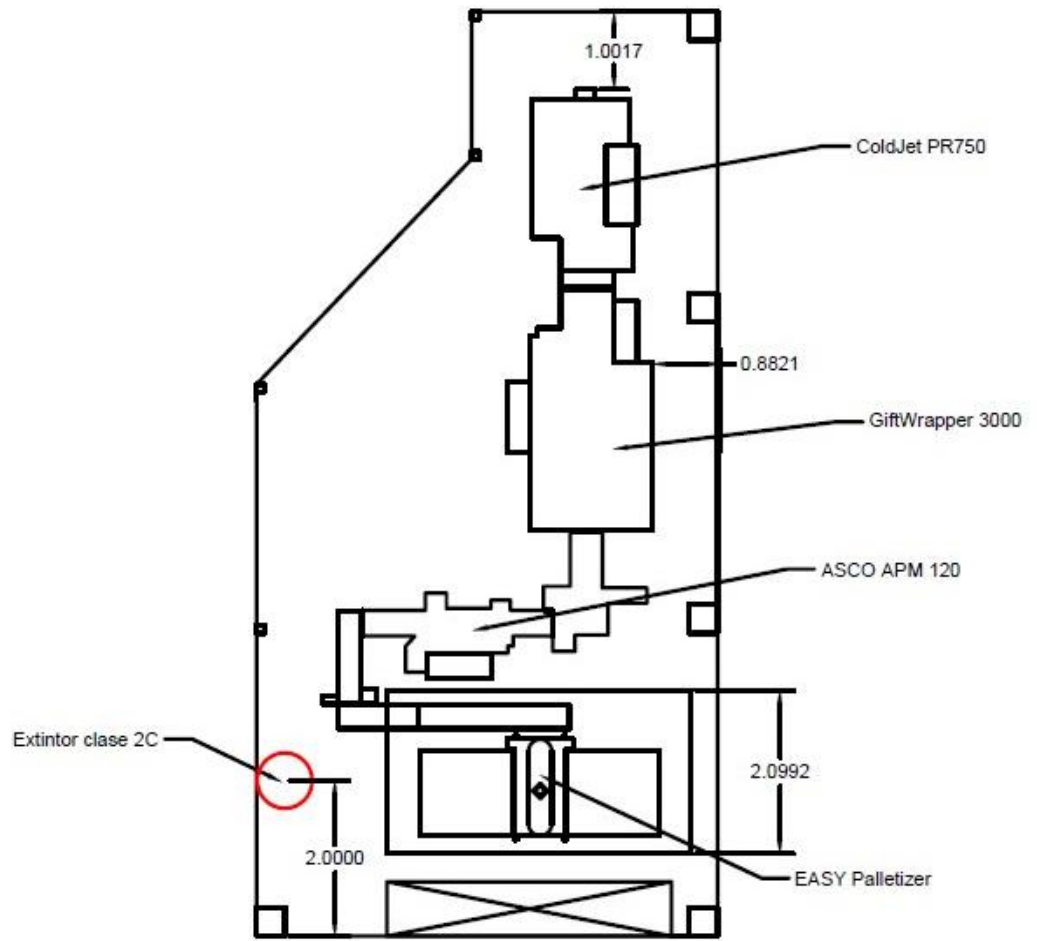
**Tabla 2.6 Equipamiento actual en la línea de producción de hielo seco.**

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Equipo de producción de hielo seco ColdJet PR750	1
Mesa de trabajo	1
Torno de embalaje manual	1
Repisa de insumos	1

Se denota que dentro del área no se encontraron equipos contra incendios, por lo que se debe tomar en cuenta la colocación de un extintor para incendios tipo C (incendios eléctricos) e incendios tipo A por el papel de envoltura utilizado en el área. Con esto se cumple con el acuerdo Ministerial 1257 sobre Prevención, mitigación y protección contra incendios (Méndez, 2009).

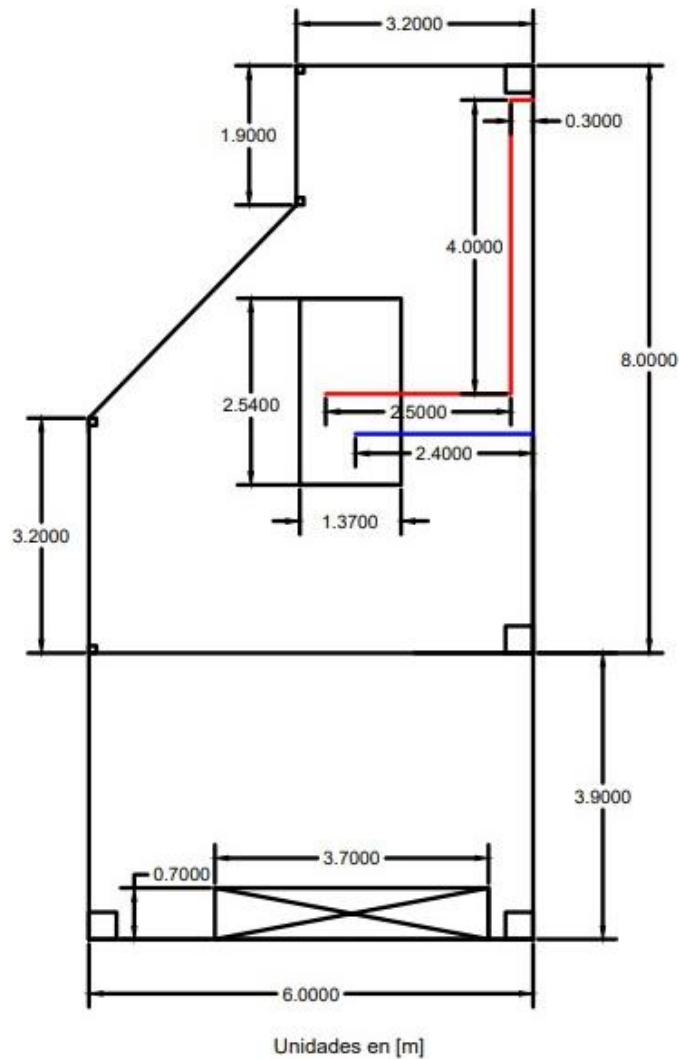
El área asignada para el empaque y producción de hielo seco tiene una superficie total de 62.02 m<sup>2</sup>, por lo que basados en la tabla de la Figura A.1 del Registro Oficial 114 un extintor 2C será suficiente para cubrir el riesgo del área (MIES, 2020). Basados en el acuerdo Ministerial 1257 sobre Prevención, mitigación y protección contra incendios el extintor deberá ser colocado cerca de los sitios de mayor riesgo en la proximidad de una salida donde pueda ser fácilmente identificable. Adicional a esto el extintor no debe ser colocado de tal forma que la parte superior se encuentre sobre los 1.7 [m] de altura (MIES, 2020). Con esto, la colocación de este queda representada en el Figura 2.7, donde el círculo rojo representa la zona donde deberá ser colocado el extintor tipo 2C.





**Figura 2.7 Colocación de extintor en área de producción de hielo seco desde una vista superior.**

El equipo de producción de hielo seco cuenta con dos tuberías de ingreso de CO<sub>2</sub> y una tubería de descarga. En el siguiente diagrama se muestra la colocación de estas:



**Figura 2.8 Líneas de alimentación y purga de hielo seco existentes en la empresa analizada desde una vista superior.**

La línea roja representa el trayecto de las dos líneas de alimentación de CO<sub>2</sub>. Una de estas líneas es utilizada como alimentación para los equipos neumáticos de la máquina, el otro es utilizado para alimentación de producto para producción. Ambas tuberías son de acero inoxidable de 1 ½ pulgadas, recubierto de poliuretano. El tubo de descarga representado por la línea azul es de 2 pulgadas de PVC (Polyvinyl chloride). Se utilizará los mismos materiales para modificaciones en las líneas de tuberías por reubicación de maquinaria.

### 2.3. Diseño Conceptual

Se identificó que la selección de equipos debe ir en función de los tres procesos del empaçado. Estos son:

- Envoltura
- Embalaje
- Paletizado

Para cada uno de estos procesos se establecieron alternativas de solución con fin de mejorar la selección de los componentes. Se realizó un tamizado previo de las soluciones que se podían implementar, de donde se extrajeron tres soluciones para cada paso del proceso de empaçado. Se establece una matriz de funciones, medios y restricciones a partir de los criterios y requerimientos de diseño establecidos en la sección 2.1, la cual resume de forma general las consideraciones para los tres procesos de empaçado en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7 Tabla de funciones, medios y restricciones para los tres procesos del empaçado.**

<b>Función</b>	<b>Medios</b>	<b>Restricciones</b>
Seguridad al operador	Bajo costo de operación Bajo costo de adquisición	Dimensiones Intervención del operador
Conservación del producto	Empacado en papel Empacado en polipropileno Bandas con guardas para conservación del producto	Utilización del mismo producto de empaçado actual
Dimensiones adecuadas	Tamaño de maquinaria Tamaño de sistemas anexos	Espacio limitado del área de hielo seco

#### 2.3.1. Envoltura

Para el proceso de envoltura se identificó 3 soluciones factibles en el diseño.

### **2.3.1.1. Envoltura individual en poliuretano**

Existen compañías que proveen máquinas de envasado individual en un material aislante. Se incrementa el número de bloques empaquetados por minuto y se quita la necesidad de embalaje. Sin embargo, se debe adquirir el material de mayor costo, el cual no se encuentra disponible de manera inmediata localmente, además de suponer un mayor costo operativo al envasar individualmente.

### **2.3.1.2. Envoltura individual por cadena**

Se han diseñado sistemas de envoltura semiautomática donde el operador empuja el producto a través de una línea de empaque de papel. Esta línea mediante mecanismo fijos va envolviendo el material a lo que van ingresando los productos. El operador debe colocar manualmente el producto dentro de este sistema.

### **2.3.1.3. Máquina de encajonamiento manual**

Se puede colocar el hielo seco dentro de cajas de envoltura prefabricadas, asemejándose al empaque de mantequilla, donde mediante un sistema de pistones se realiza el doblado del material para que cubra el producto.

## **2.3.2. Embalaje**

### **2.3.2.1. Embalaje individual por sellado**

El bloque es ingresado dentro de una línea similar al empaquetado de azúcar. El producto entra dentro de una funda hueca, la cual es sellada en ambos extremos térmicamente. Es fácilmente integrable a sistemas de bandas de transporte. Puede usarse material plástico actualmente utilizado.



**Figura 2.9 Sistema de línea de empaqueo de hielo seco de la compañía ASCO. (ASCO, 2020)**

### **2.3.2.2. Torno de embalaje semiautomático**

El operador coloca los bloques sobre el torno y hace girar estos mientras coloca un embalaje plástico sobre ellos. Se incrementa la eficiencia de embalaje comparado a la situación actual.

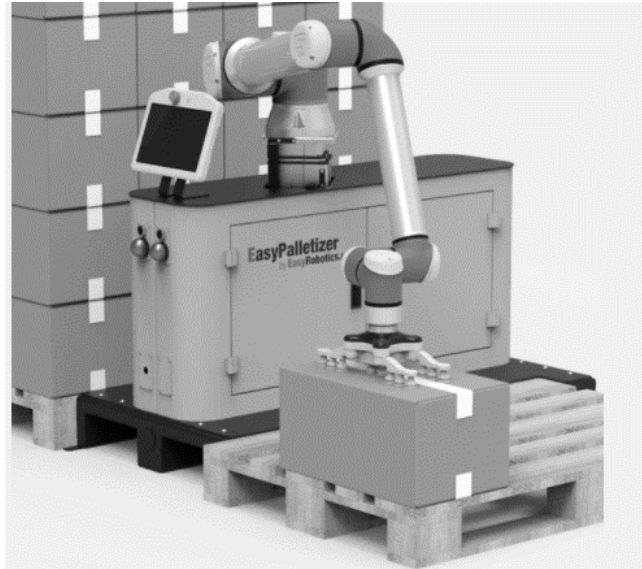
### **2.3.2.3. Paletizadora con torno de embalaje**

Se incorporan ambos sistemas dentro de una sola banda de transporte. Existen compañías que venden actualmente estos tipos de sistemas.

## **2.3.3. Paletización**

### **2.3.3.1. Brazo robótico**

La utilización de un brazo robótico flexibiliza el acoplamiento a distintos sistemas, manteniendo al mismo tiempo un espacio de uso minimizado. El producto puede ser colocado directamente en la caja térmica de almacenamiento. Con la incorporación de un sistema de guías el producto es colocado de forma ordenada dentro del cajón térmico sin requerir de un sistema de posicionamiento para el agarre del producto, minimizando así el costo de implementación.



**Figura 2.10 Sistema de paletizado de la compañía EASY Palletizer (Easy Robotics, 2020).**

#### **2.3.3.2. Paletización por filas**

Mediante un sistema de bandas y sistemas de empuje hidráulico se van colocando los productos en filas. Estas se van apilando una encima de otras. Existen compañías que disponen de estos dispositivos a la venta.

#### **2.3.3.3. Modificación de caja refrigerada**

Se puede modificar el cajón de almacenamiento de tal forma que una banda inclinada deposite los bloques dentro del cajón. Un ajuste en el movimiento de la banda inclinada de forma horizontal y vertical puede optimizar la forma en que los bloques son colocados dentro de este.

#### **2.3.4. Tablas Morfológicas**

A partir de las soluciones planteada podemos obtener se establecen tablas morfológicas en función de las características de cada solución, y los criterios y restricciones establecidos en la sección 2.1. Se obtuvo una tabla morfológica por cada paso del proceso de empaçado.

**Tabla 2.8 Tabla morfológica para el proceso de envoltura.**

<b>Medios/ Características/ Funciones</b>	<b>Envoltura Individual</b>	<b>Envoltura por cadena</b>	<b>Encajonamiento manual</b>
Mecanismo de empaçado	Sellado	Pistones y guías	Pistones
Sistema de actuación	Eléctrico	Eléctrico/ Neumático	Eléctrico/ Neumático
Material utilizado	Poliuretano	Papel	Cartón
Tamaño aproximado	3 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>
Productos por minuto aproximado	140	80	90
Transporte del producto	Banda de transporte	Cadena	Banda de transporte

**Tabla 2.9 Tabla morfológica para el proceso de embalaje.**

<b>Medios/ Características/ Funciones</b>	<b>Embalaje Individual</b>	<b>Paletizadora/ Torno</b>	<b>Torno Semi automático</b>
Mecanismo de empaçado	Sellado	Torno	Torno
Sistema de actuación	Eléctrico/ Neumático	Eléctrico/ Neumático	Eléctrico
Material utilizado	Poliuretano	Polipropileno	Polipropileno
Tamaño aproximado	3 m <sup>2</sup>	11 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>
Productos por minuto aproximado	140	210	40
Transporte del producto	Banda de transporte	Banda de transporte	Operador

**Tabla 2.10 Tabla morfológica para el proceso de paletizado.**

<b>Medios/ Características/ Funciones</b>	<b>Brazo Robótico</b>	<b>Paletización por filas</b>	<b>Modificación caja</b>
Mecanismo de empaçado	Brazo Robótico	Pistones	Guías
Sistema de actuación	Eléctrico/ Neumático	Eléctrico/ Neumático	Eléctrico
Tamaño aproximado	3 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>
Productos por minuto aproximado	90	90	50
Transporte del producto	Banda de transporte	Banda de transporte	Banda de transporte

### **2.3.5. Selección de la mejor solución**

Para la selección de la mejor alternativa se planteó la matriz de selección de la Tabla 2.12 con el fin de obtener los componentes requeridos en el diseño del sistema planteado. Con el fin de mejorar el criterio de selección se estableció rangos en función de cada uno de los criterios descritos en la Tabla 2.11.

Los criterios utilizados en función de los requerimientos de diseño mencionados quedaron respectivamente como:

- Costo
- Dimensiones
- Mantenimiento
- Seguridad
- Empaque



**Tabla 2.11 Selección de rangos de importancia basados en operación de la distinta maquinaria analizada e información obtenida en entrevistas.**

Calificación	Costo [\$]	Dimensiones [m]	Mantenimiento [Facilidad]	Seguridad [intervención de operador en proceso]	Empaque [s]
5	5000 - 6000	1 - 2	Cumple con más de lo esperado	Ninguna intervención manual	15 - 30
4	6000 - 15000	2 - 5	Cumple con lo esperado	Ligera intervención manual	30 - 60
3	15000 - 30000	5 - 10	Cumple parcialmente	Moderada intervención manual	60 - 120
2	30000 - 50000	10 - 15	Cumple escasamente	Alta intervención manual	120 - 240
1	> 50000	> 15	No cumple	Intervención manual completa	> 240

**Tabla 2.12 Matriz de comparación por pares de valores de importancia para los criterios de selección establecidos.**

	Costo	Dimensiones	Mantenimiento	Seguridad	Empaque	Suma	%
Costo		1	1	1	0.5	3.5	35
Dimensiones	0		0.5	0	0	0.5	5
Mantenimiento	0	0.5		0	0.5	1	10
Seguridad	0	1	1		0.5	2.5	25
Empaque	0.5	1	0.5	0.5		2.5	25

**Tabla 2.13 Valores de importancia de un criterio con respecto a otro criterio asignados.**

<b>Respuestas</b>	<b>Valor</b>
Signicativamente más importante	1
Igualmente, importante	0.5
Signicativamente menos importante	0

En función de los requerimientos de la empresa se obtiene que el costo es el factor de decisión más importante para la implementación del diseño. Esto es debido al manejo riguroso de costos de la empresa, junto a una selección cautelosa de las inversiones requeridas dentro de planta, lo cual restringe mucho el costo de implementación en función de las demás inversiones requeridas en planta.

La seguridad y empaque son los segundos parámetros más importantes. Puesto que se desea minimizar el riesgo del operador este criterio predomina frente a los otros, no obstante, un empaque ineficiente se traduce en pérdida de producto, lo cual supone un costo de pérdida, por lo que con base a los intereses de la empresa debe ser un factor de consideración importante en la implementación.

Con esto se procedió a la elaboración de la matriz de selección para cada uno de los procesos analizados.

**Tabla 2.14 Matriz de selección para el proceso de envoltura.**

	<b>Costo</b>	<b>Dimensio nes</b>	<b>Mantenimi ento</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Empaque</b>	<b>Puntaje</b>
	<b>0.35</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	
<b>Envoltura individual</b>	3	3	4	4	5	3.85
<b>Envoltura por cadena</b>	3	4	4	5	4	3.9
<b>Encajonamiento manual</b>	2	3	2	5	4	3.3

**Tabla 2.15 Matriz de selección para el proceso de embalaje.**

	Costo	Dimensiones	Mantenimiento	Seguridad	Empaque	Puntaje
	<b>0.35</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	
<b>Embalaje por sellado</b>	3	3	3	5	5	4
<b>Torno semi automático</b>	5	5	5	1	4	3.75
<b>Torno paletizadora</b>	2	1	3	5	4	3.3

**Tabla 2.16 Matriz de selección para el proceso de paletizado.**

	Costo	Dimensiones	Mantenimiento	Seguridad	Empaque	Puntaje
	<b>0.35</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.25</b>	<b>0.25</b>	
<b>Brazo robótico</b>	3	3	4	5	5	4.1
<b>Paletización por filas</b>	2	1	3	5	5	3.55
<b>Modificación de caja</b>	4	4	4	3	5	4

En función de los valores obtenidos se estableció que para cada proceso se incorporaría las soluciones siguientes:

- Envoltura: Envoltura de papel por Cadena.
- Embalaje: Embalaje individual por sellado.
- Paletización: Deposito mediante Brazo Robótico.

Los cuales cumplen satisfactoriamente los requerimientos establecidos.

#### **2.4. Diseño Preliminar**

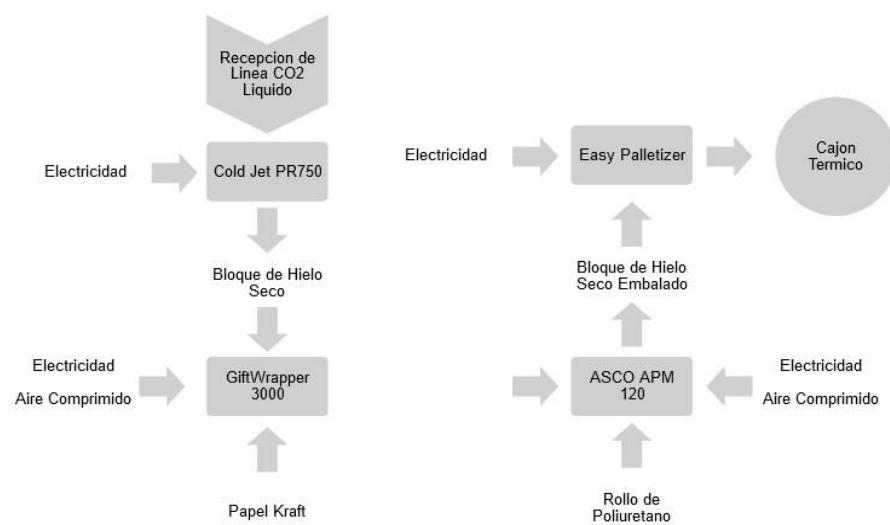
Los equipos seleccionados en función de los criterios de selección se encuentran resumidos en la Tabla 2.17.

**Tabla 2.17 Equipos a adquirir para la implementación planteada.**

Área de trabajo	Compañía	Modelo	Distribuidor	Ubicación
Envoltura	CPACK LTD	GIFT WRAPPER 3000	CPACK Sales	Unit 2 Progress House, Athletic St. Burnley Lancashire BB10 4LP
Embalaje	ASCO	ASCO APM 120	ASCO Sales	ASCO CARBON DIOXIDE INC.5215 Highway Ave. Jacksonville Florida 32254 USA
Paletizado	Easy Robotics	EASY Palletizer	Mecanos Automation S.A.C	Urb. Boulevard Cayma Arequipa Peru
Paletizado	Universal Robots	UR5, UR10	UR Sales - Steve Broswell	Jacksonville, Florida

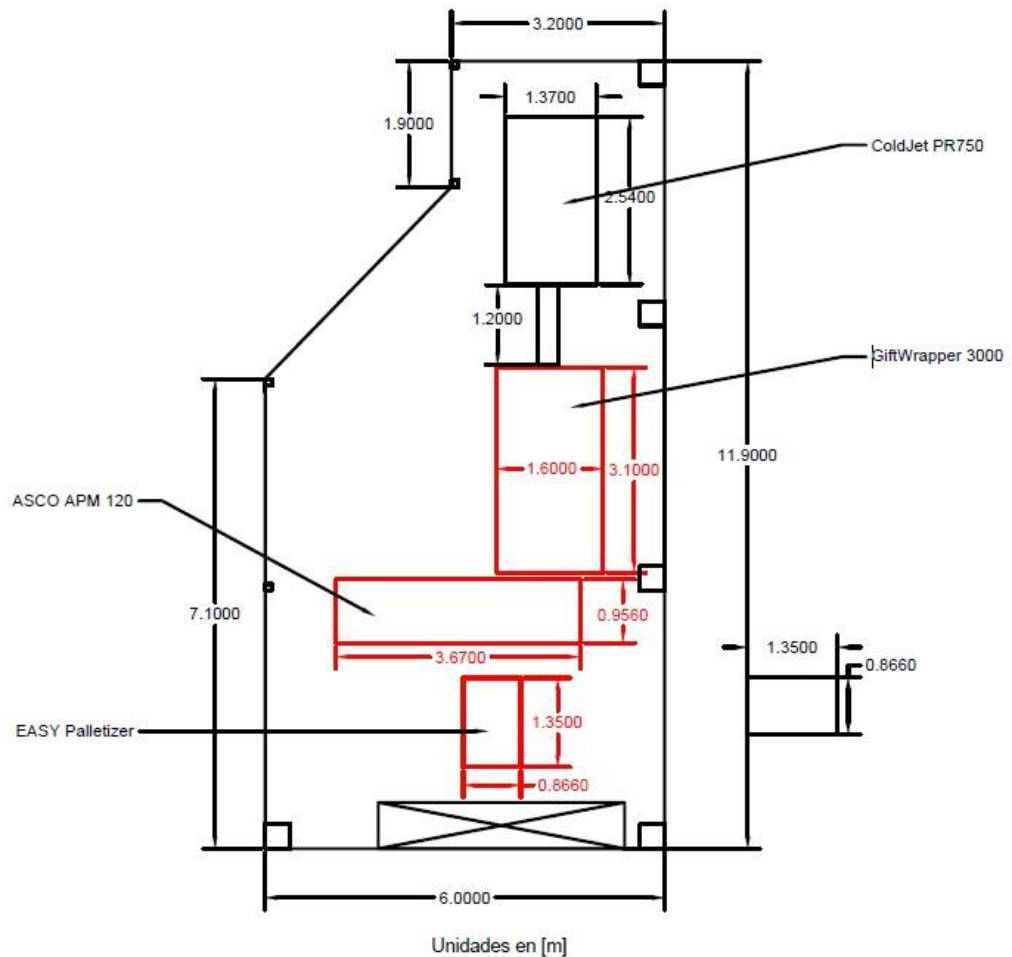
Los contactos de vendedores y ubicación de los equipos se encuentran especificados.

A partir de esto se define el diagrama de caja transparente de la Figura 2.11.



**Figura 2.11 Caja transparente del sistema planteado. (Elaboración propia)**

Un primer planteamiento de la colocación de la maquinaria escogida está representado en la Figura 2.12, donde los equipos nuevos están delineados de color rojo.



**Figura 2.12 Colocación de equipos en el área de empaque y producción de hielo seco desde una vista superior.**

En esta nueva distribución se utiliza el espacio donde se realiza la carga de pallets. Se busca mantener la rampa de acceso al sitio para facilitar la carga y descarga de los pallets en al área de producción.

La máquina ASCO AP120 puede ser acoplada directamente a la salida de la maquinaria GiftWrapper 3000, al igual que la conexión de la maquinaria de producción de hielo seco ColdJet PR 750 a la máquina de envoltura utilizando la banda de transporte ya disponible en planta. Se denota que una banda de transporte de la maquina ASCO AP120 a la máquina

paletizadora con el fin de maximizar la operación de esta, permitiendo uso de las dos áreas de carga del equipo.

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑO DETALLADO, RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.1. Diseño Detallado

En este capítulo se presenta la propuesta de diseño final, incluyendo un análisis ambiental, social, y de factibilidad económica del proyecto. Se consideró normativas de seguridad industrial en cuanto a componentes adicionales requeridos en el sistema, además de los cálculos pertinentes de sistemas de sujeción de los equipos y sistemas acoplados. Los riesgos fueron evaluados por la normativa ISO 13857 sobre Salud y seguridad en el trabajo, Seguridad de las máquinas, y Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores (ISO, 2019). Se diseñó en función de la Tabla A.2, identificando que se debe colocar las guardas para las líneas expuestas en la salida del producto de hielo seco.

La salida del producto se encuentra a una altura de entre 0.8 [m] y 1 [m], por lo que la distancia de seguridad  $c$  debe ser de 0.9 [m] considerando que la guarda tendrá una altura de 1.4 [m]. Se identificó que las zonas de riesgo mayor son a la salida del producto y a la salida de la purga de hielo seco en la parte posterior de la máquina Cold Jet PR750 (riesgo criogénico), y por golpes por maquinaria al operador el área de paletizado.

Los sistemas de banda de transporte deberán contar con guardas laterales que impidan poder acceder a partes móviles que causen atrapamiento o enganche (ISO, 2019), cumpliendo con la normativa de la ISO 13857 - Distancias de Seguridad. Para estos sistemas, se colocará una guarda acrílica por encima con extracción de aire con el fin de conservar mejor el producto. Esto minimiza el riesgo a contacto con el producto, por lo que líneas de seguridad serán requeridas únicamente para los sistemas de transporte.

La demás maquinaria se encuentra encerrada dentro de cajones acrílicos o puertas incluidos de fábrica, por lo que tampoco representan un riesgo mayor y se colocarán líneas de seguridad alrededor de dicha maquinaria, a excepción del brazo robótico de paletizado que requiere un sistema de guarda adicional. El radio de operación de la máquina de paletizado es de 0.8 [m] a 1,3 [m], permitiendo definir donde deben ser colocadas las guardas.

### 3.1.1. Sujeción de maquinaria

El sistema de embalaje y de envoltura no requieren una sujeción directa al suelo puesto que cuentan con soportes de caucho suficiente para sostener el equipo adecuadamente contra las cargas dinámicas generadas durante su operación indicado por el fabricante. No obstante, el sistema de paletizado si requiere de una sujeción con pernos.

Basados en los planos de la Figura A.7 y la Figura A.8 extraído de la página del fabricante para la maquinaria EasyPalletizer, determinamos que en total cuatro pernos deben sujetar la maquinaria al suelo. Puesto que la maquinaria viene con una base de apoyo incorporada no se requiere fundir en la planta de paletizado, bases de asentamiento para la máquina.

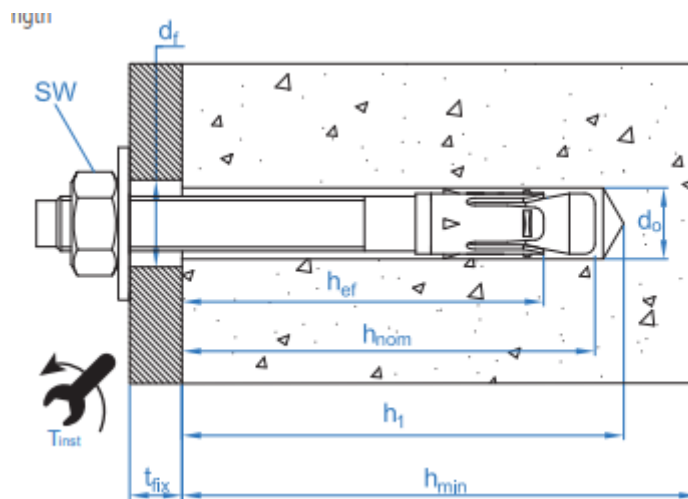
Utilizando como referencia el manual de instalación para el brazo robótico serie CX de Kawasaki se sugiere que los pernos de sujeción sean resistentes a alta tracción mecánica. Las características del perno se encuentran resumidas en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1 Requerimientos de instalación para brazo robótico.**

Tamaño de perno	8-M20
Material	SCM 435 o similar
Tipo de resistencia	10.9 min.
Torque requerido	431 Nm
Tamaño de agujero	8-Ø20



El tamaño de agujero de la base EasyPalletizer no es provista por el fabricante, por lo que el tamaño de perno puede cambiar en función de esto o los agujeros modificados para utilizar esta guía de instalación. Para el anclaje al suelo para sujeción utilizaremos la Figura 3.1 como guía de dimensionamiento de agujero y selección del perno.



**Figura 3.1 Diagrama de colocación de perno de sujeción extraído del fabricante INDEX (INDEX, 2018).**

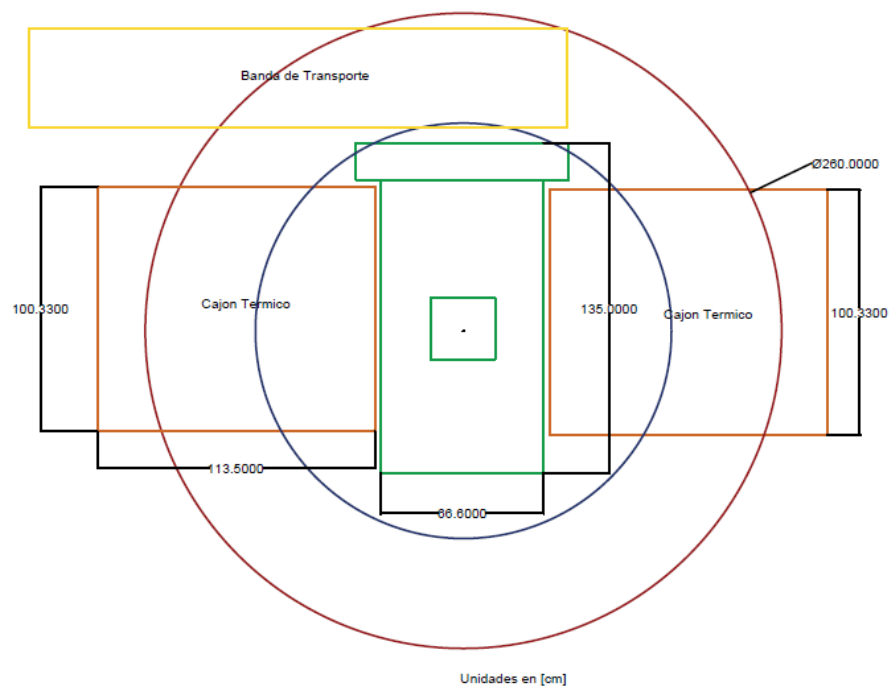
Los valores correspondientes a cada variable están definidos por las características APX20XXX, correspondiente a pernos M20, definidos en la Tabla de la Figura A.8.

Esta guía de instalación es provista por la compañía INDEX, la cual sirve de referencia para la obtención de pernos localmente. El proveedor local encontrado es la compañía ANCLAFIX, la cual provee anclajes de cuña marca WEDGE. Utilizando una tabla de conversión de normativa de hilo el equivalente al M20 a normativa UNC es de  $\frac{3}{4}$ -10. Con esto del catálogo de ANCLAFIX definimos que el modelo WA75100SS provee las características requeridas y procederá al mismo proceso de instalación al indicado por la compañía INDEX.

### **3.1.2. Distribución de Maquinaria y Equipos Anexos**

#### **3.1.2.1. Distribución en área de paletizado**

La máquina de paletizado seleccionada permite tener dos pallets tipo europeo en ambos lados, por lo que la colocación de esta respecto a la banda de transporte debe ser tal que permita esto. Adicionalmente la longitud de la banda de transporte debe ser tal que no interrumpa la colocación del pallet con respecto a la máquina ASCO APM 120. Se obtiene el siguiente diagrama del área de paletizado, donde la máquina de paletizado esta delineada de color verde y los cajones térmicos para colocar el producto de anaranjado. El círculo rojo y azul representan el radio de operación de los brazos robóticos UR10 y UR5 respectivamente de la compañía Easy Robotics.



**Figura 3.2 Diagrama de distribución del área de paletizado desde una vista superior.**

El círculo rojo representa el radio de operación para el brazo robótico UR10 de la compañía RARUK, la cual es compatible con la base EASY Palletizing seleccionada. El círculo azul representa el radio de operación para el modelo UR 5. Se define en función de esto que el brazo robótico UR 10 debe ser utilizado en el diseño

planteado puesto que permitirá la colocación del producto dentro de los cajones térmicos de la empresa.

Para alineación del producto antes del paletizado se debe colocar guías que alineen el producto adecuadamente, la cuales serán solicitadas al fabricante de las bandas de transporte COVATECH. Así mismo se colocarán sensores de posicionamiento para el control del sistema de paletizado y operación de la banda de transporte. Esta banda de transporte no requerirá un recubrimiento acrílico puesto que el producto se encuentra ya completamente envuelto en la envoltura final.

En función del radio de operación podemos adicionalmente establecer guarda de seguridad para el área de paletizado. La industria KAWASAKI Robotics establece en su catálogo de instalación de brazos robóticos la utilización de una jaula de seguridad alrededor del perímetro de operación de este. El fin de instalar esto es evitar la proyección de algún objeto levantado por el brazo robótico hacia un operador o maquinaria circundante. Calculamos la altura máxima alcanzada por el brazo robótico para determinar la altura  $H_F$  requerida para la jaula de seguridad utilizando la Ecuación 3.1.

$$H_F = R_{Op} + H_M + H_B \quad (3.1)$$

Dónde:

- $H_F$ : Altura requerida.
- $R_{Op}$ : Radio de operación máximo del brazo robótico
- $H_m$ : Altura de montura del brazo robótico
- $H_B$ : Altura de Base Easy Palletizing

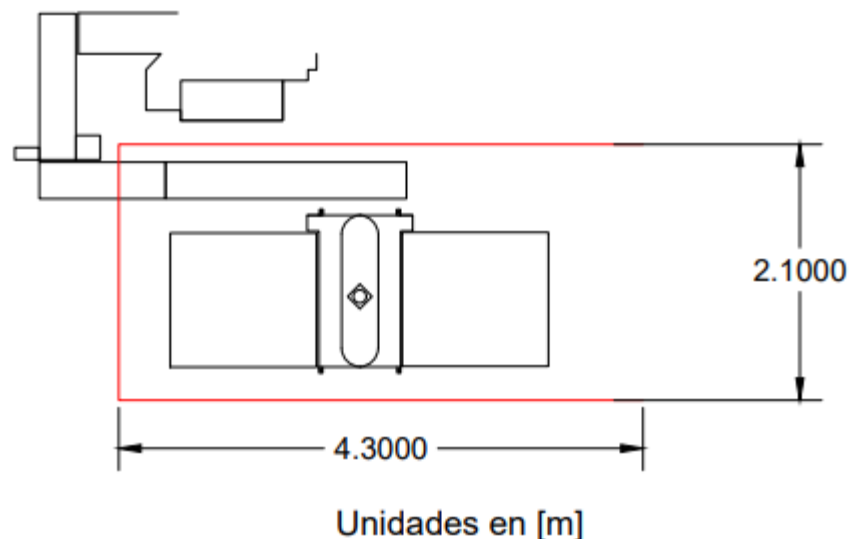
Obtenemos a partir de esto que la altura requerida es:

$$H_F = 1300mm + 131mm + 724mm = 2155mm \quad (3.2)$$

Con este valor pasamos a la tabla de normativa ISO 13857, con lo que obtenemos que la distancia de seguridad  $c$  según la altura obtenida debe ser de 0 [m]. Con esto se debe definir la dimensión de la jaula en función de la practicidad de carga de palletes al área de paletizado.

Adicional a la protección de la jaula se debe instalar un sensor de apertura de puerta de acceso al área de paletizado. Puesto que los pallets deben ser colocados dentro del área por un operador la guía de seguridad ocupacional del estado de Queensland recomienda colocación de sensores de aperturas de puerta para evitar que la maquinaria comience a operar mientras un operador se encuentra dentro del área (Queensland, 2019).

El diagrama de colocación de la jaula de seguridad queda representado por la Figura 3.3, donde la vista es superior, y el delineado rojo representa la estructura de la jaula a colocar en la planta de producción de hielo seco.

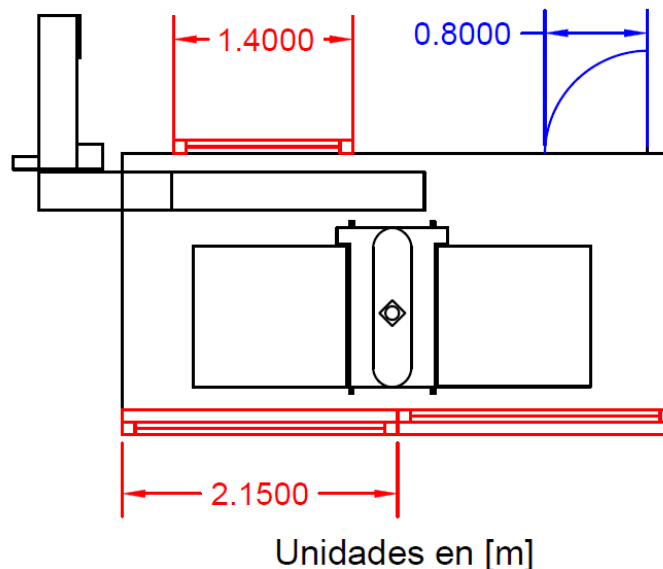


**Figura 3.3 Diagrama de colocación de jaula de seguridad alrededor del área de paletizado.**

Las paredes de zinc del área de empaque serán utilizadas como parte de la barrera para minimizar costos de implementación. Se

deben colocar puertas corredizas para la colocación de los pallets en el área de carga. Adicionalmente se requiere de una puerta de acceso en la parte posterior corrediza para el tablero de controladores de la máquina ASCO APM 120, y una puerta estándar de 0.8 [m] ancho y 2 [m] altura para acceder a la parte posterior del resto de las máquinas.

La Figura 3.4 especifica las dimensiones de estas puertas en función de la colocación de la jaula de seguridad, donde en la figura las puertas corredizas están delineadas de rojo, mientras las puertas de acceso abatibles están delineadas de azul. La puerta corrediza de la parte inferior de la figura es simétrica a la otra puerta, por lo que no se coloca la dimensión de ambas puertas.



**Figura 3.4 Diagrama representando las dimensiones de las puertas de jaula.**

Se debe incluir también una apertura de paso para la banda de transporte.

Con estas dos medidas se cumple con los requerimientos de seguridad establecidos en la normativa ISO 12857, además de la guía de colocación de brazos robóticos de la compañía

KAWASAKI, garantizando la seguridad adecuada de los operadores trabajando alrededor de esta maquinaria.

### **3.1.2.2. Distribución del área de embalaje**

El área de embalaje es completamente autónoma, es decir, el cargado del producto y proceso de embalaje es realizado completamente por la máquina. La parte inicial de la máquina ASCO APM120 permite directamente cargar el producto desde la máquina GiftWrapper 3000.

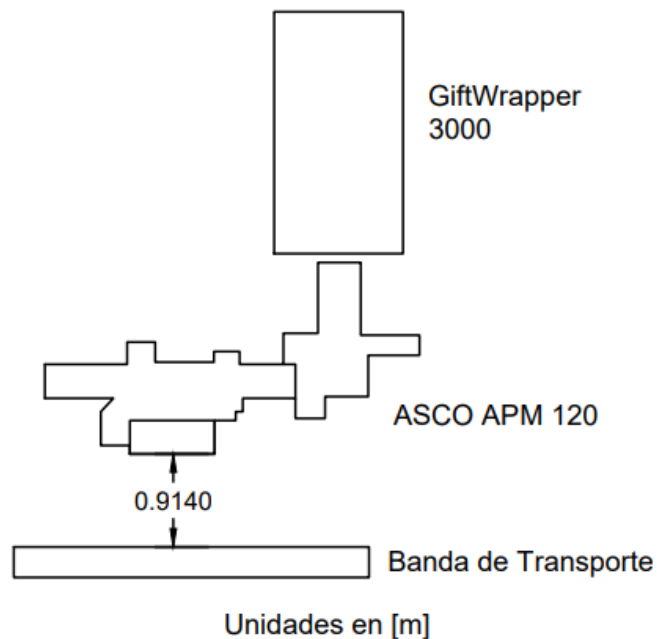
Puesto que la ubicación del sistema de transporte de la máquina ASCO provee suficiente espacio de movilidad para colocación de los insumos (colocados desde la parte frontal del equipo), solo debe tomarse en cuenta una distancia adecuada de la máquina a equipos en la parte posterior para acceso a elementos de la caja de control.

Basado en los datos de la tabla de la Figura A.4 en Anexos A, para este dimensionamiento. Según las características de manual la máquina opera a 400 V, por lo que la distancia de trabajo recomendada es de 0.914 [m] puesto que el lado del tablero de la maquinaria está expuesto únicamente de un lado a un área sin líneas eléctricas expuestas. Este mismo criterio será utilizado para las distancias de los tableros de la máquina ColdJet PR750 tanto para su tablero de instrumentos como para la purga en la parte posterior.

El equipo más cercano a la caja de controles es la banda de transporte. En caso de ser requerido, la banda de transporte puede segmentarse en dos partes para poder ser removida y permitir el acceso a las cajas de controles, recordando que el equipo de paletizado se encuentra anclado y no permitiría un fácil movimiento de esta en caso de ser una sola pieza.

El sistema de alimentación de producto a la máquina puede ser movida de acuerdo con la salida de producto de la máquina de envoltura GiftWrapper 3000, por lo que no existe restricción en cuanto a la distancia que debe tener este equipo con respecto al otro.

La Figura 3.5 representa la colocación de la máquina ASCO APM 120 respecto a los otros equipos bajo estas consideraciones, donde la distancia de interés es entre la banda de transporte en la parte posterior del equipo y el tablero de este visto desde una vista superior.



**Figura 3.5 Diagrama de colocación de la maquinaria ASCO APM 120 respecto a los otros elementos anexos a la máquina.**

### **3.1.2.3. Distribución del área de envoltura**

La máquina GiftWrapper 3000 admite el producto de envoltura por la parte frontal de la máquina, requiriendo así suficiente espacio para la carga de papel despacho para la envoltura. La compañía modifica el producto según la necesidad del cliente, por lo que se solicitó un cambio de carga de producto del lado derecho al lado

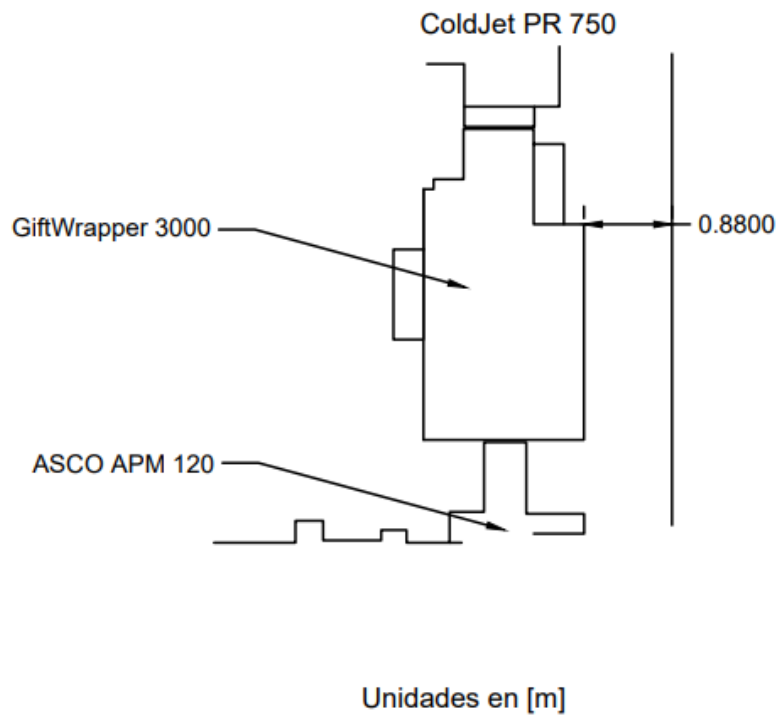
izquierdo para mantener los controles de la máquina del lado opuesto a la pared.

La caja de control del equipo se encuentra en la parte posterior del equipo. Debido a la restricción de espacio de colocación la máquina se encuentra a 0.88 [m]. Esto quiere decir que no se cumple con la sugerencia de espacios para cajas de control desde la pared de la tabla de la Figura A.4 de 0.914. No obstante, la apertura de las puertas de la caja de control tiene una longitud de entre 0.5 [m] a 0.6 [m], por lo que el acceso a los sistemas de control del equipo no será interrumpido por el posicionamiento seleccionado.

Con el fin de minimizar riesgos, puesto que las paredes del lugar son de zinc, se recubrirá la pared adyacente a la caja de control del equipo con una plancha de PVC de 2mm. Esta deberá tener una dimensión de 1.8 [m] de altura y 1.4 [m] de ancho para cubrir toda el área de apertura de la puerta de la caja de control. El proveedor encontrado para esto es ADFOLSA.

La Figura 3.6 representa la colocación de la máquina GiftWrapper 3000 respecto a los otros equipos bajo estas consideraciones desde una vista superior, donde la distancia de interés es entre la pared lateral en la parte posterior del equipo y el tablero de este.





**Figura 3.6 Diagrama de colocación de la maquinaria GiftWrapper 3000 respecto a los otros elementos anexos a la máquina y las paredes cercanas.**

Puesto que la unidad también es auto contenida no requiere de guarda de seguridad. Todos los procesos de envoltura son realizados detrás de un panel acrílico provisto por la compañía.

#### **3.1.2.4. Distribución de líneas de aire comprimido y CO<sub>2</sub>**

Con el plano final de colocación de los equipos se define las líneas de aire comprimido y CO<sub>2</sub> para la operación de la maquinaria. La Tabla 3.2 resume las líneas requeridas por máquina, donde se especifica cuáles líneas nuevas deben colocarse o cuales líneas existentes deben reubicarse.

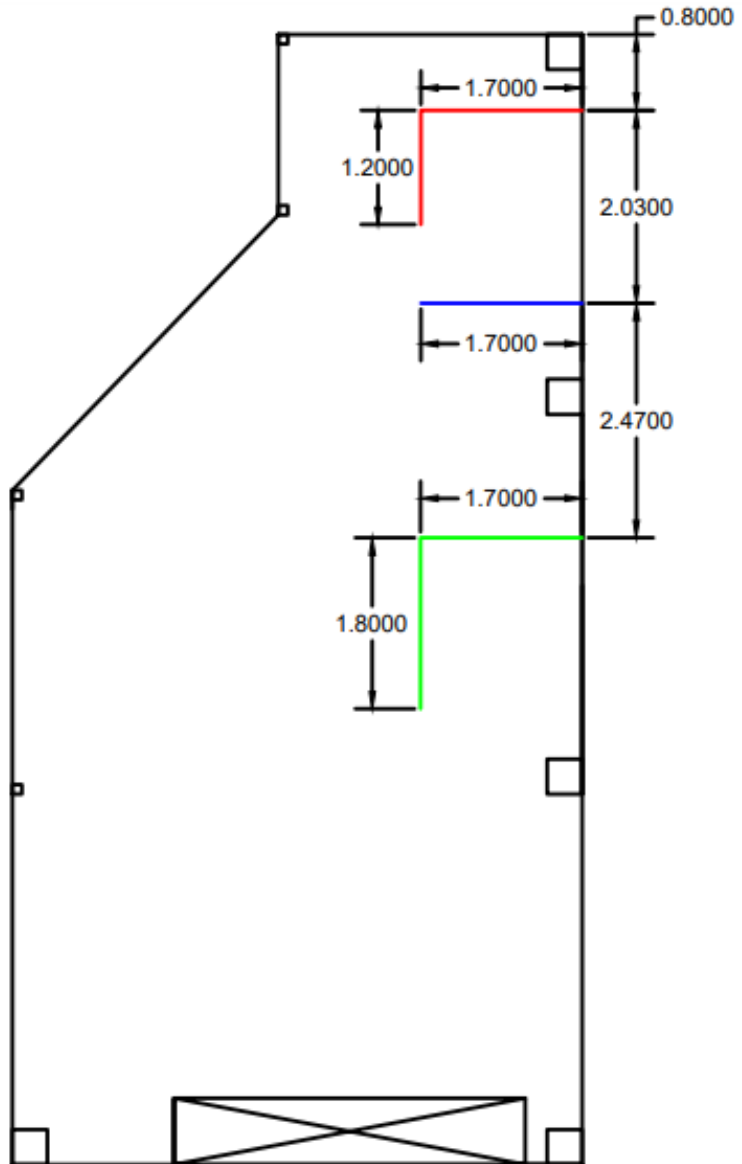
**Tabla 3.2 Tabla de líneas de aire comprimido y CO<sub>2</sub> requeridos por máquina dentro del área de empaqueo de hielo seco.**

<b>ColdJet PR750</b>	2 líneas de CO <sub>2</sub>	Reubicación
	1 línea 450 V	Nueva
	1 línea de Purga de CO <sub>2</sub>	Reubicación
<b>GiftWrapper 3000</b>	1 línea de aire comprimido a 87 psi	Nueva
	1 línea de 450 [V] - 600 [V]	Nueva
<b>Easy Palletizer</b>	1 línea 450 V	Nueva
<b>ASCO APM 120</b>	1 línea 450 V	Nueva
	1 línea de aire comprimido a 87 PSI	Nueva

En el área circundante de la planta de producción de hielo seco existen líneas de aire comprimido. A partir de estas se bifurcará una alimentación para la máquina ASCO APM 120 y la máquina GiftWrapper 3000. Las líneas de CO<sub>2</sub> existentes alimentarán a la maquina ColdJet PR750, al igual que la línea de purga existente.

La línea de aire comprimido posee conectado tres compresores SIGMA ASD, los cuales generan una presión de 125 PSI según el informe técnico entregado a planta por la compañía TERMOFLUIDOS. Se requiere de una válvula de expansión para reducir la presión que entra a los equipos de 87 PSI.

Con estas consideraciones la esquemática de las líneas de aire comprimido y CO<sub>2</sub> quedan representadas por la Figura 3.7, visto desde una vista superior.



**Figura 3.7 Diagrama de colocación de líneas de CO<sub>2</sub> y aire comprimido (unidades en m).**

La línea roja representa el trayecto de las líneas de alimentación de CO<sub>2</sub>, la línea azul representa el trayecto de la purga de CO<sub>2</sub>, y la línea verde el trayecto de la alimentación de aire comprimido. La Tabla 3.3 resume información adicional de las tuberías a utilizar en función de las líneas existentes en planta.

**Tabla 3.3 Información de requerimientos de tuberías y especificaciones basado en los datos recopilados dentro de la planta de producción de hielo seco.**

Uso	Material	Diámetro Nominal [pulg.]	Altura de línea [m]
CO2 Alimentación	Acero Inoxidable 304	1 ½	3.1
Aire comprimido	Acero Galvanizado	¾	3.1
CO2 Purga	PVC	2	2.4

El plano de distribución de sistemas eléctricos queda fuera del alcance de este proyecto.

### 3.1.2.5. Dimensionamiento y selección de bandas de transporte

La compañía seleccionada para las bandas de transporte es COVATECH. Para el material a utilizar en la base de la banda de transporte se seleccionará Acero Inoxidable 304, la cual es provista dentro de su catálogo de materiales. La selección del acero inoxidable es indispensable para evitar corrosión debido a la condensación de humedad al toparse con el hielo seco.

La banda será seleccionada utilizando el catálogo de la compañía EUROBELT. Del catálogo enviado por el proveedor podemos seleccionar la banda serie E50. Las características de esta se encuentran resumidas en la Tabla 3.4, donde la información fue extraída del catálogo de la compañía EUROBELT.

**Tabla 3.4 Tabla de características de bandas de transporte.**

Característica	Valor
Material	Polipropileno
Peso de la banda	6.89 $\frac{kg}{m}$
Ancho de la banda	Múltiplos de 20 mm

Puesto que existe una restricción de espacio para poder acceder de forma adecuada a la caja de controles de la máquina ASCO APM 120 se segmentará la banda de transporte hacia la máquina de paletizado en dos partes. En función de la esquemática de la Figura 3.4 podemos definir que el tamaño de la banda de transporte interna debe ser tal que al moverse completamente al lado derecho no interrumpa el paso a través de la puerta corrediza de acceso al tablero.

Con esto definimos que la banda de transporte dentro de la jaula de seguridad no debe exceder los 2.4 [m] de largo, valor que corresponde a la distancia entre la apertura de la puerta corrediza y la pared del área de empaçado. Establecemos la primera banda de transporte a 2 [m] de longitud. El tramo necesario para llegar hacia la banda de transporte de planta acoplado a la salida de la máquina ASCO APM 120 de 1.1 [m].

El alto de las bandas se deja a una altura de 0.9 [m] en función de la banda existente dentro de la planta. Puesto que la banda de la planta puede y las bandas a colocar ser reguladas para tener una inclinación, no existirá problemas de acoplamiento entre estas y los equipos seleccionados.

El ancho de banda estará dado por las características de banda del fabricante, obteniendo un ancho de banda de 40 [mm].

### **3.1.3. Iluminación de planta de empaque**

Para la iluminación requerida en el área nos basaremos en la normativa ISO 8995-1:2002, SO 8995-1:2002 - Iluminación en Área de Trabajo. Del documento extraemos la información resumida en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5 Información de iluminación requerida dentro de áreas de trabajos extraídos de la normativa ISO 8995-1:2002 (ISO, 2002)**

Tipo de interior o actividad realizada	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Consideraciones
Áreas de despacho y empaçado	300	25	60	
Estaciones de control	150	22	60	200 lux si el área es continuamente ocupada

Para nuestra área de trabajo tenemos que la cantidad mínima de iluminación debe ser de 300 lux continuamente. La iluminación en este espacio es semi directa o difusa puesto que las maquinarias deben ser iluminadas de forma continua. El valor óptimo de iluminación se obtiene mediante la Ecuación 3.3.

$$h = \frac{4}{5}(h' - 0.85) \quad (3.3)$$

Donde  $h'$  es la altura del espacio a iluminar. El área de empaçado cuenta con una altura de 6 [m], por lo que obtenemos que:

$$h = \frac{4}{5}(6 - 0.85) = 4.12 \text{ m} \quad (3.4)$$

Procedemos a calcular el índice de local  $k$  mediante el método europeo (Fernandez, 2020) para iluminación indirecta o semi indirecta usando la Ecuación 3.5.

$$k = \frac{3ab}{2(h + 0.85)(a + b)} \quad (3.5)$$

Donde:

a: ancho del espacio

b: largo del espacio

h: altura a luminarias

El valor obtenido de índice es:

$$k = \frac{3(14.1)(6)}{2(4.12 + 0.85)(14.1 + 6)} \quad (3.6)$$

La luminaria seleccionada para la aplicación es la SYLVANNA P23661. La luminaria es tipo LED. Se obtiene que el factor de utilización es de 0.9 según el catálogo. Adicionalmente el factor de mantenimiento es de 0.8 considerando que el ambiente de trabajo es una zona limpia y que la luminaria recibirá una limpieza periódica anual.

A partir de esto calculamos el flujo luminoso total requerido utilizando la Ecuación 3.7.

$$\Phi_T = \frac{ES}{\eta f_m} \quad (3.7)$$

Donde:

- E: iluminación media deseada
- S: superficie de trabajo total de iluminación
- $\eta$ : Factor de utilización
- $f_m$ : factor de mantenimiento

Obtenemos un valor de 35250 lúmenes, demostrado en la Ecuación 3.8.

$$\Phi_T = \frac{300(14.1)(6)}{(0.9)(0.8)} = 35250 \text{ lumenes} \quad (3.8)$$

a partir de esto se puede obtener el número de luminarias utilizando la Ecuación 3.9.

$$N = \frac{\Phi_T}{n\Phi_l} \quad (3.9)$$

Donde:

- $\Phi_T$ : Flujo luminoso total requerido
- $\Phi_l$ : Flujo luminoso de la luminaria

- n: número de lámparas por luminaria

El catálogo indica que la iluminación proporcionada por la luminaria es de 6300 lúmenes, además por cada luminaria se tiene una sola fuente de luz, por lo que obtenemos que:

$$N = \frac{35250}{1(6300)} = 5.59 \approx 6 \quad (3.10)$$

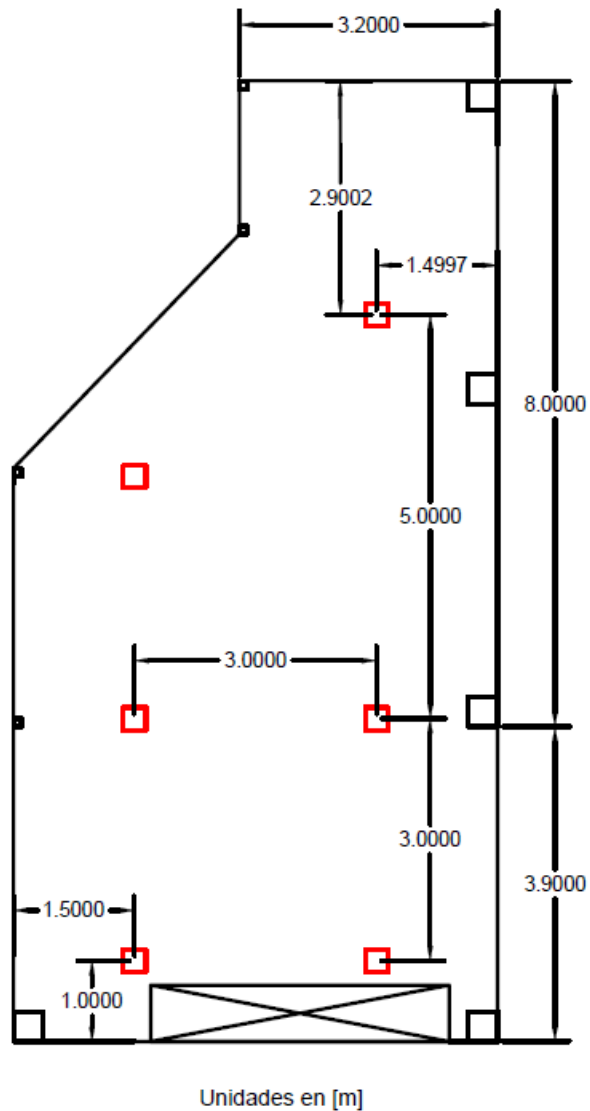
Lo colocación de la luminaria estará dado por el ángulo de proyección de luz de la fuente. La Tabla 3.6 resume las distancias máximas entre luminarias.

**Tabla 3.6 Distanciamiento entre luminarias en función de la altura de local obtenida. La distancia pared-luminaria es  $e/2$ . (Fernandez, 2020)**

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	>10 m	$e \leq 1.2h$
extensiva	6 m – 10 m	$e \leq 1.5h$
semi extensiva	4 m – 6 m	$e \leq 1.6h$
extensiva	< 4 m	$e \leq 1.6h$

Donde la luminaria seleccionada corresponde a una luminaria semi extensiva. Puesto que nuestro valor de altura del local es de 6 [m], la distancia máxima entre luminarias  $e$  es de 9 [m], con una distancia a la pared de 4.5 [m] como máximo. Basado en esto la distribución de luminaria en el plano queda representada por la Figura 3.8 desde una vista superior, donde los cuadrados delineados de rojos representan los lugares donde se colocan las luminarias.





**Figura 3.8 Diagrama de colocación de luminarias en función de los distanciamientos obtenidos de la Tabla 3.6.**

### **3.2. Análisis final**

#### **3.2.1. Análisis de ciclos de tiempo de operación**

Con la nueva distribución empleada el tiempo de operación de cada máquina y proceso queda resumido por la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7 Tiempos de operación por maquinaria y proceso obtenidos experimentalmente o mediante catálogos.**

Maquinaria	Tiempo de operación [s] para cada bloque de hielo	Tiempo muerto [s]
ColdJet PR750	38	N/A sistema continuo
Transporte de ColdJet PR750 a GiftWrapper 3000	2	36
GiftWrapper 3000	14	f
Transporte GiftWrapper 3000 a ASCO APM 140	7	31
ASCO APM 140	6	N/A sistema continuo
Transporte de ASCO APM 140 a Paletizadora	15.5	22.5
Paletizado (promedio)	8	30

Donde el tiempo muerto se calcula mediante la Ecuación 3.11

$$t_m = t_{CP} + t_{op} \quad (3.11)$$

Donde:

- $t_{CP}$  : Tiempo continuo de alimentación de producto.
- $t_{op}$ : Tiempo de la operación.

Es importante calcular la pérdida de producto según el tiempo que el bloque se encuentre expuesto según el empaque que posee colocado. La Tabla 3.8 resume el tiempo de exposición del bloque y la pérdida asociada a este tiempo de exposición a lo largo del sistema de empaque.

**Tabla 3.8 Tiempos de exposición del producto con diferente empaque durante las distintas operaciones del proceso de empaquetado.**

Tipo de empaquetado	Tiempo expuesto nuevo [s]	Tiempo expuesto anterior [s]	Perdida asociada $\frac{kg}{s} e^{-5}$	Perdida de producto total nuevo $\frac{kg}{s} e^{-5}$	Perdida de producto total anterior $\frac{kg}{s} e^{-5}$
Sin empaque	16.00	18.00	11.60	185.60	208.80
Con papel	13.00	562.50	6.99	90.87	3931.90
Empaque completo	21.50	56.00	4.66	100.19	260.96
<b>Total</b>				376.70	4401.70

El tiempo expuesto únicamente con papel anteriormente es considerado como el tiempo promedio de los bloques expuestos cuando el operador formada grupos de 64 bloques antes de proceder al torno manual.

A partir de estos datos obtenemos una pérdida de producto 11.5 veces menor a los valores de pérdida anteriores, mejorando la eficiencia de producción y minimizando la pérdida económica.

### 3.2.2. Análisis de consumo energético

La maquinaria implementada tiene dos tipos de consumo para su operación: electricidad y aire comprimido. El estudio del análisis energético se enfocó en cuanta energía requiere la planta de empaque propuesta y cuáles son los productos que ingresan y salen del proceso realizado.

La Tabla 3.9 resume los consumos por máquina y accesorios en la línea de empackado de hielo seco.

**Tabla 3.9 Tabla de consumos de aire comprimido, CO<sub>2</sub> y electricidad.**

	Consumo Eléctrico [W]	Consumo de aire $l/min$	Otros
<b>ColdJet PR750</b>	3000.00		
<b>GiftWrapper 3000</b>	1900.00	90.00	2.5 kg CO <sub>2</sub> Gaseoso / 1 kg Hielo seco
<b>Easy Palletizer</b>	615.00		
<b>ASCO APM 140</b>	6000.00	120.00	
<b>Brazo Robótico UR10e</b>	350.00		
<b>Luminarias</b>	300.00		
<b>Bandas de transporte</b>	18.64		

Para las bandas de transporte se calculó la potencia de motor requerido para operación mediante la Ecuación 3.12.

$$HP = \frac{(W + w)fs}{33000} \quad (3.12)$$

Donde:

- W: Peso del producto (lb)
- w: peso de la banda (lb)
- f: factor de fricción
- s: velocidad  $\left(\frac{ft}{min}\right)$

La velocidad de la banda será la misma de la banda ya en planta la cual se estimó por observación directa a ser aproximadamente de  $0.2 \left(\frac{m}{s}\right)$  o  $39.37 \left(\frac{ft}{min}\right)$ . La longitud de la banda es de 3.1 [m], y del fabricante sabemos que el peso de esta es de  $6.89 \left(\frac{kg}{m}\right)$ . Adicionalmente el valor promedio de coeficiente de fricción para estos sistemas es de 0.4. Con esto obtenemos que:

$$HP = \frac{(6.6 + 47.1)(0.4)(39.37)}{33000} = 0.025 \text{ HP} = 18.64 \text{ W} \quad (13)$$

En función de los tiempos de operación y tiempos muertos obtenemos un valor de consumo eléctrico aproximado por hora de la maquinaria implementada. Esta queda resumida en la Tabla 3.10, donde los tiempos de operación se extraen a partir de los datos de la Tabla 3.9 y la Tabla 3.7.

**Tabla 3.10 Consumos totalizados por máquina y sistemas anexos en kWh.**

	Tiempo de operación en una hora [s]	Consumo eléctrico [W]	Consumo eléctrico en una hora de operación [kWh]
<b>ColdJet PR750</b>	3600.00	3000.00	3.00
<b>GiftWrapper 3000</b>	1326.00	1900.00	0.70
<b>Easy Palletizer</b>	758.00	615.00	0.13
<b>ASCO APM 140</b>	3600.00	6000.00	6.00
<b>Brazo robótico UR10e</b>	758.00	350.00	0.07
<b>Luminarias</b>	3600.00	300.00	0.3
<b>Bandas de transporte</b>	2321.00	18.64	0.01

Dando un valor total de consumo eléctrico de 10.22 kWh por cada hora de operación de la planta de hielo seco. Así mismo obtenemos la tabla de consumo de aire comprimido por maquina en una hora de operación, resumido en la Tabla 3.11, donde los tiempos de operación se extraen a partir de los datos de la Tabla 3.9 y la Tabla 3.7.

**Tabla 3.11 Consumos totalizados de aire comprimido. El valor de interés es el consumo de aire por hora para cálculos posteriores.**

	Consumo de aire [l/min]	Tiempo de operación en una hora [s]	Consumo de aire en una hora de operación [l/min]
<b>GiftWrapper 3000</b>	90	1326	1989
<b>ASCO APM 140</b>	120	3600	7200

Obteniendo un valor de  $9189 \left(\frac{l}{min}\right)$ , o  $0.153 \left(\frac{m^3}{s}\right)$ , de aire comprimido por cada hora de operación.

El costo de producción de aire comprimido estará sujeto a la producción de aire comprimido de la máquina en planta SIGMA ASD 40, la cual puede generar  $0.043 \left(\frac{m^3}{s}\right)$  de aire comprimido. La potencia de la maquina es de 22 kW. Esto quiere decir que el consumo es de  $0.142 \left(\frac{kWh}{m^3 \text{ de aire comprimido}}\right)$ .

En la empresa existen dos fuentes de generación de electricidad. La primera es a través de la red de CNEL Guayas- Los Ríos, comprado a través de una tarifa de electricidad industrial de media tensión extraída del informe de CNEL (Ministerio Industrias, 2021)

**Tabla 3.12 Valores de tarifas diferenciadas por horario para industrias de consumo de media tensión.**

Horario	Valor (USD/kWh)
8h00-18h00	0.0815
18h00-22h00	0.0935
22h00-8h00	0.0456

Tarifas extraídas de un documento del Ministerio de Industrias y Productividad (Ministerio Industrias, 2021)

Una segunda fuente de electricidad para la planta constituye el uso de motores de combustión interna usando fuel oil como combustible. Del informe de la Cámara de Pesquería de Ecuador del 2018 sobre precios de Diesel y Bunker podemos extraer que el precio promedio del bunker es de \$1.0664 por galón en promedio durante los años 2016 a 2018. Del generador de planta, tenemos que la generación de electricidad promedio es de 5 kWh por cada galón de bunker, con lo que obtenemos que el precio de generación de electricidad por bunker es aproximadamente de  $0.2132 \frac{USD}{kWh}$

Para nuestros cálculos utilizaremos un valor promedio de la tarifa obtenida de la Tabla 3.12. A esto asumiremos que en la planta se opera el 3 % del tiempo con los motores bunker según lo establecido con los encargados del área de Casa de Fuerza de la planta. La tarifa para utilizar se calculó mediante la Ecuación 3.14.

$$Tarifa = 0.97 \left( 0.0815 \left( \frac{5}{12} \right) + 0.0935 \left( \frac{1}{6} \right) + 0.0456 \left( \frac{5}{12} \right) \right) + 0.03(0.2132) \quad (3.14)$$

A partir de esto el valor operativo final de la maquinaria implementada se resume en la Tabla 3.13, donde el costo se sacó por hora de operación.

**Tabla 3.13 Valores totales de consumo eléctrico en la planta de producción de hielo seco.**

	Consumo eléctrico en una hora de operación [kWh]	Costo por hora
Requerimiento eléctrico	10.22	\$0.84
Requerimiento de aire comprimido	78.27	\$6.49

### 3.2.3. Análisis Ambiental y Social

#### 3.2.3.1. Análisis Ambiental

La implementación planteada produce un incremento en 3.4 veces los valores de consumo eléctrico, obteniendo un total por hora de operación de la planta de producción de hielo seco de 88.49 kWh de consumo. A esto se asocia un incremento del impacto ambiental durante el proceso de empaquetado. A partir de esto se debe plantear una estrategia que ayude a mitigar dicho impacto, que a la vez beneficie a la compañía para promover las iniciativas eco amigables dentro de la línea de producción.

Las tarifas diferenciadas para el sector industrial están en función de la carga eléctrica de la red según los horarios de consumo. De la Tabla 3.12 podemos identificar que el incremento de los valores por kWh en los horarios de 18h00 a 22h00 está en función de un pico eléctrico de consumo.

A fin de minimizar la carga en la red, el estado incentivo con precios más bajos en el valor de kWh en horarios donde la carga en la red sea menor. Esto se debe a que para minimizar el costo de producción de energía las empresas de generación eléctrica tratan de minimizar el uso de generadores eléctricos de fuentes no renovables como los MCI (Motor de Combustión Interna) o plantas de producción térmica por turbo gas, las cuales juntas representan un total del 43.01% de la energía en la red. Realizando una planificación de producción se podrá consumir energía a una tarifa más baja que en horarios de consumo pico (ARCONEL, 2020).

esto a la vez trae un beneficio ambiental. En el Ecuador 49.72% de la generación de electricidad es en plantas (ARCONEL, 2020). Al utilizar electricidad en las horas de menor demanda el porcentaje de electricidad disponible en la red de estas fuentes incrementa.

Se observó en planta la presencia de una turbina de vapor Elliot. En la empresa el vapor obtenido de calderas sale a una presión de 120 PSI, de la cual una parte pasa a través de la turbina para disminuir su presión a los valores de operación de las torres de destilación de 40 PSI. Esto significa que la producción de vapor

para otros procesos de la planta puede aprovecharse en la disminución del consumo eléctrico de red a través de un proceso de cogeneración.

Además, durante la época de zafra que abarca desde el mes de junio hasta finales del mes de diciembre la empresa compra vapor de una azucarera cercana a la planta, obteniendo vapor producido por quema de biomasa. Esto significa que parte de la generación de electricidad de la planta viene de una fuente de producción eléctrica más limpia que el uso de combustibles en los MCI de la planta para la operación de la maquinaria.

En función de estas dos observaciones la planificación de producción de hielo seco, y adicional de otros procesos en planta que puedan planificarse en horarios, pueden realizarse de tal forma que se aprovechen estos dos recursos de fuente de energía más limpia. Al establecer horarios de producción en la madrugada se logra obtener un costo operativo menor, lo cual se traslada a una posibilidad de obtener costos competitivos mejores, y adicionalmente obtener electricidad en mayor porcentaje generado por fuentes de generación eléctrica hidráulicas (Ministerio Transición Ecológica, 2019).

Así mismo en las fechas de zafra el impacto generado por el incremento en el consumo eléctrico de la planta de empaclado se ve mitigado por la generación eléctrica de la turbina de vapor de la planta. Se considera que la emisión causada por producción y quema de biomasa tiene un factor de emisión de 0 PCG, a diferencia del valor de factor de emisión de los MCI de aproximadamente 2.180 PCG (Ministerio Transición Ecológica, 2019).



Con esto, la empresa debe establecer en función de los horarios de pedidos una planificación que se ajuste adecuadamente a las necesidades de la empresa basado en información que el jefe de despacho provea.

### **3.2.3.2. Análisis Social**

La automatización en las industrias ha ido desplazando a los operadores de las líneas de producción. La propuesta planteada posee este mismo impacto, donde se trata de minimizar el número de personas operando en planta para poder maximizar costos de producción.

En nuestro caso de estudio la planta de empacado de hielo seco busca disminuir los operadores de dos a uno, bajando adicionalmente el valor de sueldo pagado al disminuir las horas extras a que debe asistir a la planta. Sin embargo, los efectos negativos pueden ser mitigados a través de una estrategia de reubicación, y analizando los efectos positivos de disminuir las horas extras a los empleados que asistan a la planta de empacado. En el estudio de la gestión de ruptura laboral se establece una estrategia de reubicación de los empleados que estén sometidos a una ruptura laboral involuntaria por la necesidad de la empresa de reducir costes laborales (FUNIBER, 2018). Puesto que el despido de un empleado puede en ocasiones significar costes más altos que la reubicación del empleado a otra área, se sugiere realizar una evaluación de las aptitudes y capacidades del empleado, ligado a una necesidad de la empresa y análisis de costo de entrenamiento del empleado a la nueva área (FUNIBER, 2018).

Este tipo de estrategias trae un beneficio a la empresa y al empleado. La empresa es capaz de minimizar el impacto económico de la liquidación del empleado, ahorrándose adicionalmente el proceso de contratación de nuevos empleados

que poseen un coste intrínseco. La empresa ya conoce las capacidades del empleado y se le hace más fácil determinar a qué necesidad de la empresa puede ser reubicado (FUNIBER, 2018). Por otro lado, el empleado no se ve perjudicado por la implementación realizada, y brindan una oportunidad de comprender los beneficios de una línea automatizada en función de su seguridad.

Un segundo punto importante que considerar es el beneficio al empleado al disminuir las horas laborales extras. Un punto importante durante las entrevistas con los operadores de la planta de empaçado fue la fatiga causada por largas horas de trabajo continuo realizando una operación repetitiva. Esto conllevaba a dolores corporales, así como fatiga mental. Al disminuir el número de horas que el operador debe estar presente en el área de producción, y teniendo en cuenta que el proceso permite obtener un empaçado uniforme en todos los productos independiente del operador presente, se logra mejorar el ambiente laboral del empleado en la planta de elaboración de hielo seco.

Adicional a esto se incrementa las horas que el operador puede pasar en casa. A pesar de no ser un punto de análisis tomado en cuenta en muchos estudios, la oportunidad del operador de poder tener más tiempo para pasar con su familia le permitirá crear un ambiente en el hogar positivo, que se traslada a un mejor desempeño de la persona en el trabajo. La presencia del padre en el hogar para cuidados de los hijos es llevada principalmente por la mujer, abarcando un valor de 76.6% de presencia en el cuidado de los niños (Ordoñez, 2017). Esto se contrasta fuertemente con el porcentaje de los padres que oscila alrededor del 1.3%, y esto considerando que la presencia de los padres abarca el 67% de los hogares (Ordoñez, 2017).

Ante estas cifras notamos que a pesar de que un gran porcentaje de los niños en el Ecuador cuentan con un padre en casa, su presencia en el hogar es mínima en el desarrollo de sus actividades. Las implicaciones psicológicas de este hallazgo no cubren el contenido de este documento, sin embargo, se conoce ampliamente en la literatura de la importancia de los padres dentro del hogar para desarrollo de aptitudes y competencias en los hijos.

Con esto, planteamos dos puntos críticos en cuanto a que beneficios sociales pueden traer la implementación a pesar de tener repercusiones en las plazas de trabajo para los operadores. Se tiene primero una oportunidad de parte de la empresa de evitar el despido de sus empleados reubicándolos en otras áreas, donde el beneficio económico puede ser atractivo frente a liquidar al empleado. El segundo punto es un impacto social positivo en el hogar, permitiendo que exista un tiempo donde el trabajador pueda compartir más tiempo con su familia.

#### **3.2.4. Análisis de factibilidad económica**

La adquisición de la maquinaria estará sujeta a los valores de importación e impuestos existentes en Ecuador. Para importación de equipos se resume los rubros cobrados en la Tabla 3.14.

**Tabla 3.14 Tasas y valores de pago para importación de bienes a Ecuador.**

Rubro	Valor	Datos adicionales
AD-VALOREM	Porcentajes según el tipo de mercancía y se aplica sobre la suma del Costo	Seguro y flete (base imponible de la importación)
FODINFA	Se aplica el 0.5 % sobre la base imponible de la importación.	
ICE	Porcentaje variable según los bienes y servicios que se importen.	
IVA	Corresponde al 12 % sobre: Base imponible + ADVALOREM + FODINFA + ICE.	

El ICE para maquinaria industrial es igual al 0% del valor del producto. Los valores de AD-VALOREM estarán sujetos bajo la resolución No. 59 del Comité de Comercio Exterior. Los valores de interés para la implementación realizada se encuentran resumidos en la Tabla 3.15.

**Tabla 3.15 Porcentajes de tasas AD Valorem aplicables a bienes importados.**

Código	Descripción	Porcentaje aplicable
8422.40.10	Máquinas para envolver mercancías previamente acondicionadas en sus envases	0.00
8418.69.91	Para la fabricación de hielo	10.00
8479.50.00	Robots industriales, no expresados ni comprendidos en otra parte	0.00

En función de esto podemos obtener un valor estimado del costo de importación de la maquinaria requerida. Los costos de fletes fueron estimados utilizando la plataforma iContainers o fueron dados

directamente por los fabricantes. Los valores quedan resumidos en la Tabla 3.16.

**Tabla 3.16 Valores totales de las maquinas seleccionadas.**

%	Rubro	ASCO APM 140	EASY Palletizer	Brazo robótico UR10e	GiftWrapper 3000
	<b>Maquinaria</b>	\$118,820.85	\$12,300.00	\$24,900.00	\$89,000.00
	<b>Flete y Seguro</b>	\$ 9,901.74	\$ 1,320.00	\$135.00	\$ 9,901.74
	<b>Base imponible de importación</b>	\$128,722.59	\$ 13,620.00	\$ 25,035.00	\$ 98,901.74
<b>0%</b>	<b>ADVALOREM</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>0.5%</b>	<b>FODINFA</b>	\$643.61	\$68.10	\$125.18	\$494.51
<b>0%</b>	<b>ICE</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	<b>Base imponible del IVA</b>	\$129,366.20	\$13,688.10	\$25,160.18	\$99,396.25
<b>12%</b>	<b>IVA</b>	\$15,523.94	\$1,642.57	\$3,019.22	\$11,927.55
	<b>Total</b>	\$144,890.15	\$15,330.67	\$28,179.40	\$111,323.80

Estos valores incluyen el transporte, aranceles, impuestos y el costo de la maquinaria obtenida de páginas o de proformas hechas por las compañías seleccionadas.

Con la maquinaria implementada se debe obtener también un valor aproximado de costo de mantenimiento para cada una. Podemos estimar el valor de costo de mantenimiento por hora mediante la Ecuación 3.15.

$$\text{Costo Mantenimiento} = \frac{\text{Valor de maquinaria}}{\text{Vida útil}} \quad (3.15)$$

La siguiente tabla resume los valores promedios de vida útil para las maquinarias seleccionadas tomadas de la guía de evaluación de estandarización de Nevada:

**Tabla 3.17 Vida útil esperada para distintos componentes y maquinarias. (Nevada Department Of Taxation, 2019)**

Tipo de maquina	Vida útil en años
Manufactura de productos plásticos	15
maquinaria de manufactura	15
Bodegaje y almacenamiento	15

En función de esto podemos estimar el valor de mantenimiento por hora. En la Tabla 3.18. Se resumen los valores de coste de mantenimiento por máquina según lo establecido.

**Tabla 3.18 Costo de mantenimiento por cada hora de operación de la maquinaria seleccionada para el área de empaque y maquinaria ya existente en planta.**

	<b>Valor del equipo</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Costo de mantenimiento por hora de operación</b>
<b>ColdJet PR750</b>	\$ 200,000.00	15	\$ 1.52
<b>ASCO APM 140</b>	\$ 144,890.15	15	\$ 1.10
<b>Easy Palletizer</b>	\$ 15,330.67	15	\$ 0.12
<b>Brazo robótico UR10e</b>	\$ 28,179.40	15	\$ 0.21
<b>GiftWrapper 3000</b>	\$ 111,323.80	15	\$ 0.85

Un segundo rubro calculado es la depreciación de la maquinaria adquirida. De la guía de evaluación de estandarización de Nevada se extrae la información para un equipo con vida útil de 15 años se obtienen los valores de depreciación (Nevada Department Of Taxation, 2019), resumidos en la tabla de la Figura A.5.

Para nuestro análisis el valor de depreciación tomado será dividido a lo largo del tiempo de duración del proyecto de forma equitativa anualmente. El valor de depreciación estará sujeto al periodo seleccionado de duración del proyecto.

Para la implementación del proyecto se realizó cotizaciones con contratistas que ya trabajan con la empresa a fin de garantizar trabajos conforme los requerimientos de la empresa. Los valores de los trabajos requeridos se describen la Tabla 3.19.

**Tabla 3.19 Costos de implementación y ajustes del área de empaçado de hielo seco.**

Contratista	Descripción	Valor [USD]
Contratista 1	Construcción de Jaula de seguridad de Paletizadora, Materiales requeridos y mano de obra	990
Contratista 1	Ampliación del área de producción de hielo seco, materiales y mano de obra	1200
Contratista 2	Colocación de Maquinaria e instalación en sitio, construcción de líneas de tubería y Colocación de luminarias	1600

Los valores fueron dados por proveedores con los cuales la empresa ya trabaja a fin de garantizar una implementación fluida.

La venta de hielo seco es realizada principalmente a 3 compradores. Los valores colocados son aproximados a fin de salvaguardar información sensible de la empresa. Adicionalmente se consideró que la maquinaria de producción estará parada por 3 semanas al año, lo cual corresponde a los periodos de mantenimiento establecidos en la empresa. No se consideró paros no planificados en estos cálculos. La Tabla 3.20 resume el valor total de esta información.

**Tabla 3.20 Cantidades de hielo seco comprados a la empresa por los tres principales clientes.**

	Cantidades semanales [kg]	Bloques
<b>Total</b>	9243	3081

De la información obtenida podemos hacer un comparativo del precio operativo actual y el precio operativo que tendría la planta de hielo seco. Para esto debemos adicionalmente obtener un valor aproximado de sueldo para estimar el costo operativo actual. Se conoce que el sueldo que ganan los operadores de la planta de hielo seco se encuentra alrededor de los \$800 según las entrevistas realizadas, con lo que se obtiene el valor anual por operador descrito en la tabla de la Figura A.6. El costo de operación actual con la maquinaria existente y los nuevos costos obtenidos, con un sueldo de operador de 600 dólares que es el valor nominal de pago a operadores en la empresa analizada. Se requiere

de un solo operador que supervise dentro de los horarios normales de trabajo. Esta información se resume en la Tabla 3.21 y la Tabla 3.22 respectivamente.

**Tabla 3.21 Valores de operación en la planta de producción de hielo seco.**

<b>Rubro</b>	<b>Valor USD anual</b>
Sueldo base (600)	\$ 15,604.00
Sueldos horas extra	\$ 7,802.00
Materia prima	\$ 14,141.79
Operación maquinaria	\$ 89.17
Mantenimientos	\$ 542.64
<b>Total</b>	<b>\$ 38,179.00</b>

Estos valores incluyen el sueldo a dos operadores dentro de la planta de producción.

**Tabla 3.22 Valores proyectados para la operación de la planta de producción de hielo seco.**

<b>Rubro</b>	<b>Valor USD anual</b>
Sueldo base (600)	\$ 8,862.40
Materia prima	\$ 14,141.79
Operación maquinaria	\$ 2,616.81
Mantenimientos	\$ 1,356.60
<b>Total</b>	<b>\$ 26,977.60</b>

Estos valores incluyen el sueldo a un operador dentro de la planta de producción.

Observamos una mejora en el costo de operación anual del 41%, lo cual corresponde a un ahorro anual de \$11,202. Se denota que esto corresponde a condiciones de operación actual, donde la implementación a realizar está pensada en incrementar productividad de fabricación de hielo seco, con lo que los valores de ganancia pueden ser mayores.

Para analizar la rentabilidad del proyecto se estableció cuáles eran los valores de proyección en el aumento de costo de producción y aumento de ventas del producto. Los datos de la empresa de los últimos tres años permiten obtener las tasas de crecimiento para estos rubros resumidos en la Tabla 3.23, los cuales son valores estimados a fin de salvaguardar la confidencialidad de la empresa analizada.



**Tabla 3.23 Valores porcentuales de proyección de aumento de ventas y aumento de costos operativos.**

<b>Rubro</b>	<b>% Variación anual</b>
Costo de producción	\$ 11.20
Ventas	\$ 7.60

Los datos están basados en una recopilación de información económica de la empresa de los años 2017 a 2019.

Estos valores pueden cambiar en función de la volatilidad de la industria alimenticia y agrícola. Durante una entrevista con el Economista Staynley Vera, analista financiero para el sector de agroindustria, se recomendó realizar el análisis con un valor de rentabilidad del accionista de entre el 12% y 15%. Adicionalmente se recomendó realizar una proyección de recuperación de entre 5 y 7 años. Con base a estas recomendaciones el análisis realizado se realizó a 5 años, buscando volver el producto más atractivo a la empresa, analizando a un valor de rentabilidad del accionista del 15% (Vera, 2021).

La depreciación de la maquinaria al periodo seleccionado en función de la tabla de la Figura A.5 a 5 años de proyecto será del 51%. Con esto los valores de depreciación por equipo están descritos en la Tabla 3.24.

**Tabla 3.24 Valores totales de depreciación.**

<b>Maquinaria</b>	<b>Depreciación</b>
ASCO APM 140	\$ 102,000.00
EASY Palletizer	\$ 73,893.98
Brazo robótico UR10e	\$ 7,818.64
GiftWrapper 3000	\$ 14,371.49

Depreciaciones por maquina implementada basado en los datos de la Tabla de la Figura A.5 y los valores de los equipos obtenidos en la 3.16.

Con lo que se obtiene que anualmente existirá una depreciación de equipos de \$39,616.82.

En nuestro análisis asumiremos que la empresa no se endeudará para la inversión inicial requerida. Adicional a esto los ingresos serán netamente los de la venta del producto con un valor aproximado de \$1.14 por cada 3

[kg] de hielo seco. Finalmente se considerará un porcentaje de participación de utilidades del 15% por recomendación del Economista Staynley Vera, y un valor de impuesto a la renta del 25% en función de la normativa nacional (Vera, 2021). El balance financiero del proyecto queda resumido en la Tabla 3.26.

A partir de esta información podemos obtener los valores de VNA (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) del proyecto. El valor de inversión inicial estará dado por la adquisición de la maquinaria y el costo de implementación del proyecto, dándonos un valor de inversión de \$303,514.01. Utilizando la última fila del balance financiero del proyecto como el valor del flujo de accionista se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 3.25 VAN y TIR calculados para el proyecto a un tiempo de implementación de 5 años.**

<b>TIR</b>	31%
<b>Tasa de descuento</b>	15%
<b>VAN Accionistas</b>	\$ 140,188.57

La tasa de retorno supera le tasa de descuento (recuperación esperada de accionistas), por lo que se considera al proyecta rentable.

El rendimiento del proyecto duplica la tasa de descuento esperada por los accionistas. El valor adicional de retorno del proyecto a 5 años es de \$140,118.57. Se considera que el proyecto es rentable y provee una utilidad atractiva a la empresa, otorgando el doble de rentabilidad esperada para la industria analizada.

**Tabla 3.26 Análisis financiero del proyecto a implementar con costos anuales.**

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ingresos</b>	\$ 179,129.34	\$ 192,743.17	\$ 207,391.65	\$ 223,153.42	\$ 240,113.08
<b>Gastos</b>	\$ 26,977.60	\$ 29,999.09	\$ 33,358.99	\$ 37,095.20	\$ 41,249.86
<b>Depreciación</b>	\$ 39,616.82	\$ 39,616.82	\$ 39,616.82	\$ 39,616.82	\$ 39,616.82
<b>Beneficio Neto</b>	\$ 112,534.92	\$ 123,127.26	\$ 134,415.84	\$ 146,441.40	\$ 159,246.40
<b>Gastos Financieros (Interés)</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Utilidad Operacional</b>	\$ 112,534.92	\$ 123,127.26	\$ 134,415.84	\$ 146,441.40	\$ 159,246.40
<b>Participación Utilidades</b>	\$ 16,880.24	\$ 18,469.09	\$ 20,162.38	\$ 21,966.21	\$ -
<b>Utilidad Antes de Impuesto</b>	\$ 95,654.68	\$ 104,658.17	\$ 114,253.46	\$ 124,475.19	\$ 159,246.40
<b>Impuesto Renta</b>	\$ 23,913.67	\$ 26,164.54	\$ 28,563.37	\$ 31,118.80	\$ -
<b>Utilidad Neta</b>	\$ 71,741.01	\$ 78,493.63	\$ 85,690.10	\$ 93,356.39	\$ 159,246.40
<b>Depreciación</b>	\$ 39,616.82	\$ 39,616.82	\$ 39,616.82	\$ 39,616.82	\$ 39,616.82
<b>Pago de capital (préstamo)</b>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Flujo de Caja Neto</b>	\$ 111,357.83	\$ 118,110.45	\$ 125,306.92	\$ 132,973.21	\$ 198,863.22
<b>Flujo Final</b>	\$ 111,357.83	\$ 118,110.45	\$ 125,306.92	\$ 132,973.21	\$ 198,863.22

Los valores obtenidos asumen el crecimiento de ventas y costos operativos planteados en la Tabla 3.23. Asumimos que la empresa realiza la inversión completa sin requerir de un préstamo, por lo que no se incurre en gastos financieros.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Se minimizó considerablemente el riesgo laboral que impone la línea de empaque actual al quitar la manipulación del operador en cada paso del empaque del producto en un valor mayor al 90% del proceso, requiriendo únicamente alimentar la maquinaria seleccionada de los insumos requeridos para operación. Se logró plantear una solución que cumple con normativas de seguridad basada en regulaciones nacionales y normativas ISO, garantizando que la implementación no impondría un riesgo adicional a los operadores o la planta.
- Los componentes seleccionados para el sistema de empaque se acoplan adecuadamente entre ellos. Se identificó tres procesos principales que son: envoltura, embalaje y paletizado. Para cada uno se selecciona maquinaria según los requerimientos de planta, resumidos en la Tabla 2.17. Se identificó proveedores que pudiesen enviar las máquinas a Ecuador puesto que todas ellas son importadas. Adicional a esto se pudo identificar los costos para la adquisición de las máquinas.

Se pudo identificar costos adicionales para la implementación de la maquinaria. Esto incluye cambios en la distribución de la estructura que cubre el área de producción de hielo seco, cambio de líneas de alimentación de CO<sub>2</sub>, incorporar nuevas líneas de suministro de aire comprimido y crear jaulas de seguridad para salvaguardar a los operadores de posibles lesiones al trabajar cerca de la maquinaria. Estas implementaciones se encuentran resumidas en distintas figuras y tablas a lo largo del desarrollo del documento.

- Se identificó que el proyecto es económicamente viable. Se obtuvo una tasa de retorno del 31% a 5 años, obteniendo un VAN de \$140,118.57 considerando que el grupo accionista espera un retorno del proyecto del 15%. Se identificó que el costo de inversión sería de \$303,514.01. Se logró obtener los costos operativos del sistema empleado, identificando que la implementación tendría un costo anual 41% menor al costo operativo actual.
- Se obtuvo los valores de consumo eléctrico de la implementación. esta se encuentra resumida en la Tabla 3.10. A partir de esto se identificó que la planta consumiría 3.4 veces más kWh de lo que se consume actualmente en la planta. No obstante, a pesar de este incremento en el consumo eléctrico, el valor de operación sigue siendo menor al valor de operación actual en la planta.

Adicional a esto se obtuvo los consumos por máquina y los flujos de producto requerido para la producción de hielo seco resumidos en la Tabla 3.11 y en la Tabla 3.9

#### **4.2. Recomendaciones**

- Puesto que no se encontró literatura respecto a la colocación de líneas de seguridad alrededor de maquinaria contenida dentro de una protección acrílica, se recomienda colocar líneas de seguridad al menos a 10 cm de las máquinas que no imponen un riesgo directo a los operadores.
- La maquinaria seleccionada fue de proveedores que importan productos a Ecuador o dan las facilidades de importación. Se recomienda hacer un análisis más exhaustivo de otras máquinas que pudiesen importarse que cumplan las funciones requeridas en la línea de empaque, las cuales podrían tener un costo menor de adquisición. Se identificó esto al encontrar que el brazo robótico a implementar tenía un costo menor de venta de un proveedor en China comparado al valor dado directamente por la página del fabricante.

- Se recomienda analizar costos adicionales a la ejecución del proyecto. Esto incluirá costos operativos, valores de seguros para maquinaria y el costo de producción del CO<sub>2</sub>. Con esto podría incrementarse la exactitud del análisis económico realizado. Algunos de estos rubros no pudieron considerarse por confidencialidad de la empresa, por lo que las personas en planta pueden agregar estos rubros en el análisis de factibilidad económico.
- Los consumos eléctricos analizados no incluyen el valor cobrado a industria de potencia, un rubro que CNEC agrega a industrias pesadas. Este valor es proporcional al valor de consumo eléctrico de la planta, la cual es información confidencial de la empresa. Se recomienda agregar el valor que incurre la potencia consumida por la maquinaria de la empresa en el análisis de valores de consumo eléctrico a fin de mejorar la precisión de los datos de costos operativos obtenidos por parte del personal de la empresa.

# BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, M. (2014). *Hiring Costs Ecuador*. Obtenido de marceloandrader: <http://marceloandrader.github.io/hiring-costs-ecuador/#/>
- ARCONEL. (2020). *Produccion de energia e importaciones*. Obtenido de regulacioneolica: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/ecuador-posee-un-5155-de-energia-renovable/>
- ARC-Robotics. (2020). *Automated production lines and machine operation*. Obtenido de ARC-Robotics: <https://www.arc-robotics.com/production-operation>
- ASCO. (2020). *ASCO Wrapping Machine APM120*. Obtenido de ASCO: <https://www.ascoco2.com/en/dry-ice-production/ancillary-equipment/asco-wrapping-machine-apm120-for-dry-ice-slices>
- Comité Comercio Exterior. (2013). Valores Arancelarios para Importación. *Resolución 59*.
- Easy Robotics. (2020). *Easy Palletizer*. Obtenido de Easy Robotics: <https://www.easyrobotics.biz/products/palletize-line/easypalletizer/>
- Fernandez, J. G. (2020). *Calculo de Instalaciones de Alumbrado*. Obtenido de <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>
- FIU. (2019). Guidelines for Safe Storage and Use and Handling of Dry Ice. *FIU*, 1-3.
- FUNIBER. (2018). *Administración y dirección de empresas*. Barcelona: Fundación Universitaria Iberoamericana.
- GEA. (2020). *Packaging Lines*. Obtenido de GEA: <https://www.gea.com/en/solutions/packaging-lines.jsp>
- INDEX. (2018). Anclaje de expansión por par controlado, para uso en hormigón fisurado y no fisurado. *Anclajes Metálicos*.
- INEN. (2017). *Transporte etiquetado, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos*. Obtenido de NTE INEN 2266: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2266.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2266.pdf)
- ISO. (2002). Lighting of work places-Part 1: Indoor. *ISO 8995-1:2002*.
- ISO. (2019). Safety of machinery-Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs. *ISO 13857:2019*.
- Linde. (2011). Handling and Usage of Dry Ice. *Safety Advice*, 1-2. Obtenido de [https://www.linde-gas.nl/nl/images/Handling%20and%20usage%20of%20dry%20ice\\_tcm172-72937.pdf](https://www.linde-gas.nl/nl/images/Handling%20and%20usage%20of%20dry%20ice_tcm172-72937.pdf)
- Méndez, P. V. (2009). Reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios. *Acuerdo Ministerial 1257*.
- MIES. (2020). Prevención de Incendios. *Reglamento Oficial 114*.
- Ministerio Industrias. (2021). *Costos para el Sector Industrial en Ecuador*. Obtenido de [http://www.inteligenciaproductiva.gob.ec/archivos/costos\\_de\\_produccion\\_en\\_el\\_ecuador\\_junio\\_2018.xlsx](http://www.inteligenciaproductiva.gob.ec/archivos/costos_de_produccion_en_el_ecuador_junio_2018.xlsx)
- Ministerio Transición Ecológica. (2019). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Obtenido de miteco:

[https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia\\_huella\\_carbono\\_tcm30-479093.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf)

Nevada Department Of Taxation. (2019). *Perso Property Manual: Valuation Guidelines 2019-2020 Taxation. Division of Local Government Services.*

New York Department of Health. (2011). *What is Dry Ice?* New York. Obtenido de <https://www.health.ny.gov/publications/7081.pdf>

Ordoñez, A. (2017). *Papá, el hombre invisible.* Obtenido de ser-papa-en-ecuador: <https://gk.city/2017/06/18/ser-papa-en-ecuador/>

Parmar, J. (2012). *Safety Clearance Recommendations for Electrical Panel.* Obtenido de electrical-engineering-portal: <https://electrical-engineering-portal.com/safety-clearance-recommendations-for-electrical-panel>

Permentier, K. (2017). Carbon dioxide poisoning: a literature review of an often forgotten cause of intoxication in the emergency department. *BMC.*

Queensland. (2019). Guide to machinery and equipment safety. *Workplace Health and Safety Queensland.*

ROBOPAC. (2020). *HELIX 4/2.* Obtenido de ROBOPAC: [http://www.robopacsistemi.com/en-IT/products/vertical\\_wrapping\\_machines/helix\\_4\\_2](http://www.robopacsistemi.com/en-IT/products/vertical_wrapping_machines/helix_4_2)

Vera, E. S. (2021). Rendimientos Económicos en empresas Agrícolas. (H. V., Entrevistador)



# APÉNDICES

# APÉNDICE A – FIGURAS

TABLA 2

UBICACION DE EXTINTORES						
Area máxima protegida por extintores m <sup>2</sup> y recorrido hasta extintores m						
Riesgo	Ligero		Ordinario		Extra	
Clasificación Extintor	Area protegida (m <sup>2</sup> )	Recorrido a extintor (m)	Area protegida (m <sup>2</sup> )	Recorrido a extintor	Area protegida (m <sup>2</sup> )	Recorrido a extintor
1ª						
2ª	557	16,7	278,7	11,8		
3ª	836	20,4	418	14,46		
4ª	1045	22,7	557	16,7	371,6	13,62
6ª	1045	22,7	836	20,4	557,4	16,7
10ª	1045	22,7	1045	22,7	929	21,56
20ª	1045	22,7	1045	22,7	1045	22,7
30ª	1045	22,7	1045	22,7	1045	22,7
40ª	1045	22,7	1045	22,7	1045	22,7
5B	162	9,15				
10B	452	15,25	162	9,15		
20B			452	15,25	162	9,15
40B					452	15,25

\*Referencias tablas NFPA 10

Figura A.1 Tabla de colocación de extintores en áreas de riesgo de incendios.

Dimensions in millimetres

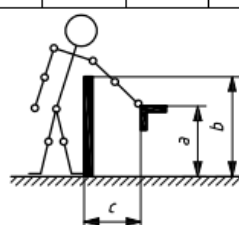
Height of hazard zone <sup>c</sup> <i>a</i>	Height of protective structure <sup>a, b</sup> <i>b</i>									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800 ③	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
Horizontal safety distance to hazard zone, <i>c</i>										
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100	0
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	0	0
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400	0	0	0
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600	0	0	0	0
1 600 ①	1 500	1 400	1 100	900	800 ②	500	0	0	0	0
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800	0	0	0	0	0
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700	0	0	0	0	0
1 000	1 500	1 400	1 000	800	0	0				
800	1 500	1 300	900	600	0	0				
600	1 400	1 300	800	0	0	0				
400	1 400	1 200	400	0	0	0				
200	1 200	900	0	0	0	0				
0	1 100	500	0	0	0	0				

Figura A.2 Colocación de guardas de seguridad

Colocación de guardas de seguridad para los operadores para protección de miembros superiores basados en la normativa ISO 13857. Los valores están en función de la especificación de la figura acoplada a la tabla. Basado en la maquinaria seleccionada y la evaluación de la altura del riesgo, se usó

la normativa para el diseño de las guardas de seguridad a implementar en la planta de producción de hielo seco (ISO, 2019).

INSTALLATION DATA							
SIZE		M8	M10	M12	M16	M20	
Code		APX08XXX	APX10XXX	APX12XXX	APX16XXX	APX20XXX	
$d_0$	Nominal diameter of drill bit	[mm]	8	10	12	16	20
$T_{ins}$	Installation torque moment	[Nm]	15	40	60	100	200
$d_{f\leq}$	Diameter of clearance hole in the fixture	[mm]	9	12	14	18	22
$h_1$	Minimum drill hole depth	[mm]	60	75	85	105	125
$h_{nom}$	Installation depth	[mm]	55	68	80	97	114
$h_{ef}$	Effective embedment depth	[mm]	48	60	70	85	100
$h_{min}$	Minimum base material thickness	[mm]	100	120	140	170	200
$t_{fix}$	Maximum thickness of fixture	[mm]	L - 66	L - 80	L - 96	L - 117	L-138
$S_{cc,N}$	Critical spacing	[mm]	144	180	210	255	300
$C_{cc,N}$	Critical edge distance	[mm]	72	90	105	128	150
$S_{cc,sp}$	Critical distance (splitting)	[mm]	288	300	350	510	600
$C_{cc,sp}$	Critical edge distance (splitting)	[mm]	144	150	175	255	300
$S_{min}$	Minimum spacing	[mm]	50	60	70	128	150
$C_{min}$	Minimum edge distance	[mm]	50	60	70	128	150
SW	Installation wrench		13	17	19	24	30

**Figura A.3** Tabla de características dimensionales de los pernos

Tabla provista por la compañía INDEX. Los valores corresponden a cada variable representada en la Figura 3.1. Los valores considerados corresponden al perno APX20XXX (INDEX, 2018).

Voltage	Exposed live parts to Not live parts (or grounded parts)	Exposed live parts to Grounded parts (concrete/brick/walls)	Exposed live parts on both sides
Up to 150 V	0.914 Meter (3 Ft)	0.914 Meter (3 Ft)	0.914 Meter (3 Ft)
150 V to 600 V	0.914 Meter (3 Ft)	1.07 Meter (3'6")	1.22 Meter (4 Ft)

**Figura A.4** Tabla de distancias recomendadas de tableros eléctricos

Tabla de distancias recomendadas de tableros eléctricos de equipos hasta paredes o elementos circundantes (Parmar, 2012).

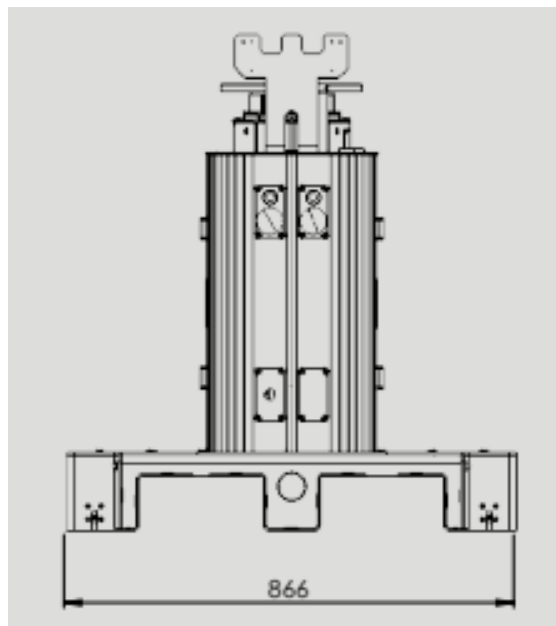
NEVADA DEPARTMENT OF TAXATION					
2010-2011 COST CONVERSION FACTORS					
15 YEAR LIFE					
200% DECLINING BALANCE					
YEAR		COST	PERCENT	PERCENT	CONVERSION
ACQUIRED	AGE	INDEX	DEPRECIATION	GOOD	FACTOR
2010	0	1.00	0.0	100.0	1.0000
2009	1	1.00	13.0	87.0	0.8700
2008	2	1.01	25.0	75.0	0.7575
2007	3	1.06	35.0	65.0	0.6890
2006	4	1.10	44.0	56.0	0.6160
2005	5	1.13	51.0	49.0	0.5537
2004	6	1.18	58.0	42.0	0.4956
2003	7	1.21	63.0	37.0	0.4477
2002	8	1.22	68.0	32.0	0.3904
2001	9	1.23	72.0	28.0	0.3444
2000	10	1.26	76.0	24.0	0.3024
1999	11	1.28	80.0	20.0	0.2560
1998	12	1.29	84.0	16.0	0.2064
1997	13	1.30	87.0	13.0	0.1690
1996	14	1.32	91.0	9.0	0.1188
1995	15	1.35	95.0	5.0	0.0675
Residual		1.35	95.0	5.0	0.0675

**Figura A.5 Tabla de valores de porcentajes de depreciación para maquinarias según el tiempo de operación.**

La tabla es extraída del documento de estandarización del departamento de Nevada (Nevada Department Of Taxation, 2019).

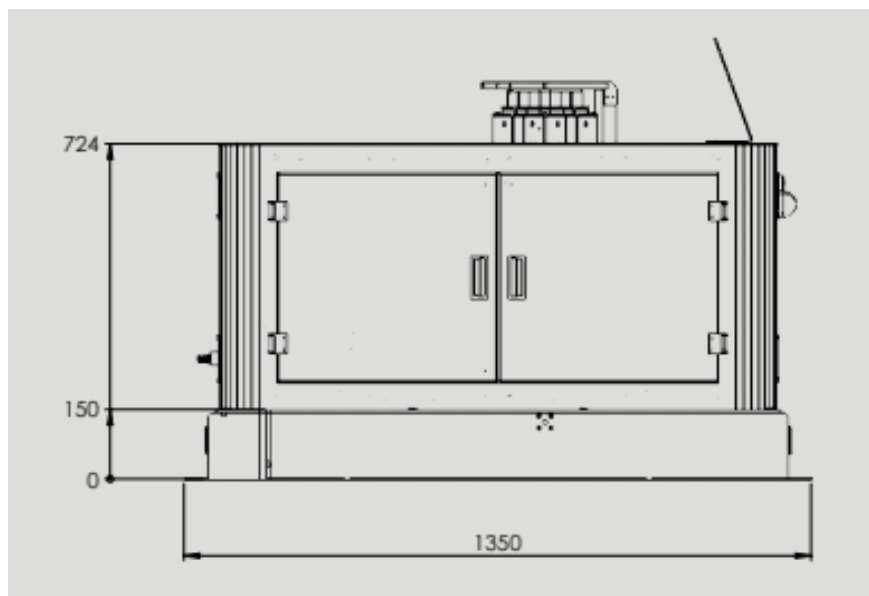
Concepto	Frecuencia	Valor
Salario acordado	mensual	\$800.00
IESS Empleado (9.45%)	mensual	\$75.60
Fondos de Reserva (a partir del 13er mes) 1 sueldo/12	mensual	\$66.67
IESS Empleador (11.15%)	mensual	\$89.20
Salario a recibir por Empleado (sin descontar impuesto a la renta)	mensual	\$724.40
Salario a pagar por Empleador	mensual	\$889.20
Décimo Tercero	anual	\$800.00
Décimo Cuarto	anual	\$340.00
<b>Total para el Empleado</b>	<b>anual</b>	<b>\$9,832.80</b>
<b>Total para el Empleador</b>	<b>anual</b>	<b>\$10,903.20</b>
<b>Total para el Empleador (Incluye fondos de reserva)</b>	<b>anual</b>	<b>\$11,703.20</b>

**Figura A.6 Desglose de valores de pagos a trabajadores en planta a un sueldo de \$800 (Andrade, 2014).**



**Figura A.7 Diagrama de la maquinaria EASY Palletizer.**

El plano es una vista frontal del producto, donde se extrae de la imagen las dimensiones del lado más ancho de la máquina (Easy Robotics, 2020).



**Figura A.8 Diagrama de la maquinaria EASY Palletizer.**

El plano es una vista lateral del producto, donde se extrae de la imagen las dimensiones del alto y largo. Se denota que la base de colocación de robot no está considerada en las dimensiones específicas, por lo que de la página del fabricante se extrae el valor de altura total con la base para el brazo robótico de 855 [mm] (Easy Robotics, 2020).

## **APÉNDICE B – DOCUMENTOS DE ENTREVISTAS**

Guayaquil, 4 de febrero 2021

**Sr. Ing.**  
**Manuel Vargas**  
**Gerente de Producción**

En su despacho

De mis consideraciones:

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en búsqueda de enlazar el ambiente académico con la investigación y como complemento a la formación integral de sus estudiantes, tiene reglamentado que todos sus estudiantes realicen un proyecto de materia integradora previo a la obtención de su título de ingeniero mecánico.

Al respecto, yo, Heinz Ernesto Vera Teran con C.I. 0959749159, de la carrera Ingeniería Mecánica, requiero de información que permita validar los datos obtenidos referente a los requerimientos de la línea de producción de hielo seco, para lo cual mediante este documento dejo constancia de las entrevistas realizadas dentro de la planta.

En caso de ser acogida esta petición, solicito a usted una firma que deje constancia de las entrevistas realizadas dentro de las distintas áreas donde se extraerá dicha información pertinente.

Reciba de mi la más cordial gratitud en el aporte brindado en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Heinz Vera Teran



Firma de la persona entrevistada:



Guayaquil, 4 de febrero 2021

**Sr. Ing.  
Iván Mejía  
Jefe de Despacho**

En su despacho

De mis consideraciones:

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en búsqueda de enlazar el ambiente académico con la investigación y como complemento a la formación integral de sus estudiantes, tiene reglamentado que todos sus estudiantes realicen un proyecto de materia integradora previo a la obtención de su título de ingeniero mecánico.

Al respecto, yo, Heinz Ernesto Vera Teran con C.I. 0959749159, de la carrera Ingeniería Mecánica, requiero de información que permita validar los datos obtenidos referente a los requerimientos de la línea de producción de hielo seco, para lo cual mediante este documento dejo constancia de las entrevistas realizadas dentro de la planta.

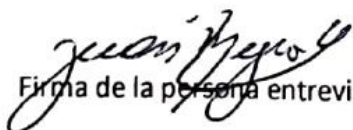
En caso de ser acogida esta petición, solicito a usted una firma que deje constancia de las entrevistas realizadas dentro de las distintas áreas donde se extraerá dicha información pertinente.

Reciba de mi la más cordial gratitud en el aporte brindado en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Heinz Vera Teran



Firma de la persona entrevistada:

Guayaquil, 4 de febrero 2021

**Sr.**  
**Boris Solorzano**  
**Operador de Planta de Hielo Seco**

En su despacho

De mis consideraciones:

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en búsqueda de enlazar el ambiente académico con la investigación y como complemento a la formación integral de sus estudiantes, tiene reglamentado que todos sus estudiantes realicen un proyecto de materia integradora previo a la obtención de su título de ingeniero mecánico.

Al respecto, yo, Heinz Ernesto Vera Teran con C.I. 0959749159, de la carrera Ingeniería Mecánica, requiero de información que permita validar los datos obtenidos referente a los requerimientos de la línea de producción de hielo seco, para lo cual mediante este documento dejo constancia de las entrevistas realizadas dentro de la planta.

En caso de ser acogida esta petición, solicito a usted una firma que deje constancia de las entrevistas realizadas dentro de las distintas áreas donde se extraerá dicha información pertinente.

Reciba de mi la más cordial gratitud en el aporte brindado en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Heinz Vera Teran



Firma de la persona entrevistada: