



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Ampliación de la Capacidad Frigorífica en una Línea de
Producción de Banano Congelado IQF”

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

Presentada por:

Xavier Andrés Cárdenas Arteaga

Federico Andrés Arenas Viteri

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Ernesto Martínez L., por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Kléber Barcia V., P.hD.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR

Ing. Eduardo Donoso P.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Xavier Andrés Cárdenas Arteaga

Federico Andrés Arenas Viteri

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló dentro de una planta de procesamiento de frutas congeladas para exportación. La línea para frutas congeladas cuenta con dos túneles de congelación instantánea IQF de lecho fluidizado.

El objetivo primario de este proyecto fue realizar el estudio para incrementar la capacidad de producción de la línea de congelados IQF, en su presentación de banano en rodajas, que actualmente es de 1700 kg/h, considerando el uso de ambos túneles. De acuerdo a la demanda actual y futura de este producto la compañía requiere ir incrementando gradualmente la capacidad de producción con una proyección final de 2400 kg/h para abastecer la demanda requerida. Para esto, fue necesario revisar cada una de las etapas involucradas en el proceso de esta línea de congelado IQF, que va desde el almacenamiento de materia prima, lavado, pelado y selección, congelamiento instantáneo, empaque y almacenamiento de producto terminado.

Este trabajo se enfocó en realizar un análisis completo del sistema de refrigeración actual, evaluando los requerimientos de cada una de las etapas del proceso vigente, se calculó los nuevos requerimientos por etapa para poder abastecer la nueva capacidad de producción. Con los datos obtenidos se elaboró un cuadro comparativo de requerimientos actuales versus nuevos

requerimientos, para determinar las áreas en las que será necesario hacer modificaciones al sistema de refrigeración actual siempre basados en el conocimiento de las propiedades y condiciones del producto con el que se va a trabajar.

Una vez calculados los nuevos requerimientos se procedió a seleccionar los equipos de refrigeración, rediseñar el sistema de tuberías, calcular aislamientos y seleccionar accesorios para optimizar el sistema.

Se calculó también el costo estimado de la implementación del nuevo sistema y de acuerdo a la proyección de ventas de la empresa se calculó la tasa de retorno de la inversión de este proyecto.

Se entregan planos y diagramas de instalación, listado de equipos, cronograma de montaje, costo de equipos, maquinaria complementaria y necesidad de mano de obra.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	1
-----------------------------------	---

CAPÍTULO 2

2. CAPACIDAD Y CONDICIONES ACTUALES DEL PROCESO.....	7
2.1. Análisis del Proceso Actual.....	7
2.2. Definición de Etapas del Proceso.....	21
2.2.1. Almacenamiento de Materia Prima.....	21
2.2.1.1. Capacidad Física Disponible.....	21
2.2.1.2. Carga Térmica Actual.....	22

2.2.1.3. Capacidad Frigorífica Instalada.....	24
2.2.2. Cámaras de Maduración.....	25
2.2.2.1. Capacidad Física Disponible.....	25
2.2.2.2. Carga térmica actual.....	27
2.2.2.3. Capacidad Frigorífica Instalada.....	28
2.2.3. Lavado y Desinfección.....	29
2.2.3.1. Capacidad Física Disponible.....	29
2.2.4. Pelado y Corte.....	30
2.2.4.1. Capacidad Máxima de Pelado y Corte.....	30
2.2.5. IQF.....	31
2.2.5.1. Descripción del Equipo.....	32
2.2.5.2. Carga Térmica.....	33
2.2.5.3. Capacidad Frigorífica Instalada.....	33
2.2.6. Almacenamiento de Producto Terminado.....	34
2.2.6.1. Capacidad de Almacenamiento.....	34
2.2.6.2. Capacidad Frigorífica Instalada.....	35
2.3. Resumen de Condiciones Iniciales.....	36

CAPÍTULO 3

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y NUEVOS REQUERIMIENTOS.....	38
3.1. Definición del problema.....	38
3.2. Requerimientos Generales de la Planta.....	42

3.3. Determinación de las Cargas Frigoríficas Requeridas para cada Etapa.....	45
3.3.1. Determinar Cargas Térmicas.....	45
3.3.1.1. Cámaras de Maduración.....	45
3.3.1.2. Túneles de Congelación.....	49

CAPÍTULO 4

4. CÁLCULOS, SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN APLICADO A LAS NUEVAS CARGAS TÉRMICAS.....	52
4.1. Capacidad y Características del Sistema Actual.....	52
4.2. Selección de Equipos y Accesorios.....	56
4.3. Rediseño de Tuberías y Válvulas.....	68
4.3.1. Sistema de Enfriamiento de Cámaras de Fruta Fresca.....	68
4.3.2. Sistema de Congelamiento Instantáneo IQF.....	72
4.4. Diagrama de Nuevo Sistema de Refrigeración.....	74
4.5. Distribución y Montaje.....	75

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INVERSIÓN.....	78
--	----

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 92

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

A	Amperios
bar	Bares
C	Grado Centígrado
dB	Decibeles
GPM	Galones por Minuto
HP	Caballos de Fuerza.
Hz	Hertz
in	Pulgadas
Kg/h	Kilogramo por Hora
Kw	Kilowatio
m	Metro
m/s	Metros por Segundos
m ²	Metro Cuadrado
m ³	Metro Cúbico
mm	Milímetros
N/A	No Aplica
ppm	Partes por Millón
RPM	Revoluciones por Minuto
Ton	Toneladas
V	Voltaje

SIMBOLOGÍA

IQF	Congelamiento Instantáneo
NH3	Amoniaco
R717	Amoniaco
R718	Agua

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Etapas del Proceso de Congelados IQF.....	8
Figura 2.2. Descarga de Banano Verde.	9
Figura 2.3. Almacenamiento de Gavetas de Banano Verde.....	10
Figura 2.4. Cámaras de Maduración.	12
Figura 2.5. Escala de Maduración.....	12
Figura 2.6. Tinas de Lavado de Fruta.....	14
Figura 2.7. Mesas de Corte y Pelado de Banano durante el Proceso.....	15
Figura 2.8. Cuchillas de Corte Rodajas 8-10 mm utilizadas en Planta.....	16
Figura 2.9. Banano en Rodajas.....	17
Figura 2.10. Cintas de Inspección.....	17
Figura 2.11. Cajas para Producto Terminado.....	18
Figura 2.12. Pesaje de Producto.....	19
Figura 2.13. Detector de Metales.....	19
Figura 2.14. Cámaras de Conservación de Congelados.....	20
Figura 2.15. Flujo de Maduración de Banano Actual.....	26
Figura 2.16. Gráficos Comparativos del Efecto del Tiempo en la Congelación del Banano.....	32
Figura 3.1. Gráfico Comparativo de Productos de Banano Congelado.....	39
Figura 3.2. Participación en el Mercado Norteamericano.....	40
Figura 3.3. Ventas Mensuales de Congelados IQF.....	41
Figura 3.4. Flujo de Maduración de Banano Propuesto.....	47
Figura 4.1. Intercambiador de Placas Alfa Laval.....	60
Figura 4.2. Estación de Bombeo de los Túneles IQF.....	63
Figura 4.3. Relación entre la Tasa de Evaporación y Temperatura de Evaporación.....	64
Figura 4.4. Diagrama de Compresores a Doble Etapa.....	66
Figura 4.5. Diagrama de Compresor a Simple Etapa.....	67
Figura 4.6. Cronograma de Montaje.....	67
Figura 5.1. Detalle de Inversión en el Proyecto.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Capacidad Física de las Cámaras de Fruta Fresca.....	22
Tabla 2	Carga Térmica Actual en Cámaras de Fruta Fresca.....	23
Tabla 3	Capacidad Frigorífica Instalada en las Cámaras de Fruta Fresca.....	24
Tabla 4	Capacidad Física de las Cámaras de Maduración.....	25
Tabla 5	Carga Térmica Actual en Cámaras de Maduración.....	28
Tabla 6	Capacidad Frigorífica Instalada en las Cámaras de Maduración.....	29
Tabla 7	Capacidad de Volteo en Área de Lavado y Selección.....	30
Tabla 8	Capacidad de Volteo en Área de Pelado y Corte.....	31
Tabla 9	Capacidad Frigorífica de los Túneles IQF.....	33
Tabla 10	Capacidad Física de las Cámaras de Producto Terminado.....	34
Tabla 11	Capacidad Frigorífica de las Cámaras de Producto Terminado.....	35
Tabla 12	Cuadro Comparativo de Condiciones Actuales del Proceso.....	36
Tabla 13	Nuevos Requerimientos de Producción.....	42
Tabla 14	Cuadro Comparativo de Condiciones Actuales vs Requerimientos de Producción.....	44
Tabla 15	Incremento de Capacidad en Cámaras de Maduración.....	48
Tabla 16	Dimensiones de las Cámaras de Maduración Nuevas.....	49
Tabla 17	Descripción de Equipos Principales en el Sistema de Refrigeración Instalado.....	53
Tabla 18	Descripción de Enfriador de Aire Güntner.....	57
Tabla 19	Capacidad de Chiller de Cámaras de Maduración.....	59
Tabla 20	Capacidad Frigorífica de Compresores Reciprocantes.....	60
Tabla 21	Descripción de Equipos en Estación de Bombeo IQF.....	62
Tabla 22	Capacidad Frigorífica de los Compresores de Tornillo de los Túneles IQF.....	67
Tabla 23	Capacidad Frigorífica en Función de los Diámetros de Tuberías.....	69
Tabla 24	Capacidad Frigorífica de las Válvulas.....	70
Tabla 25	Capacidad Frigorífica de Tuberías para Túnel IQF.....	72
Tabla 26	Capacidad Frigorífica en Función de los Diámetros de Válvulas.....	73

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Plano de Planta Inicial.
Plano 2	Sistema de Amoniaco Completo Actual.
Plano 3	Sistema de Amoniaco Completo Final.
Plano 4	Balance de Cargas Final.
Plano 5	Plano de Planta Final.

INTRODUCCIÓN

El procesamiento y congelamiento de frutas tropicales permite conservar la frescura y sabores de productos nacionales para la exportación, logrando que sean productos de alta calidad en el mercado extranjero.

Este trabajo permite mediante el análisis de las capacidades físicas y frigoríficas instaladas en cada una de las etapas del procesamiento de frutas congeladas determinar las áreas en las que será necesario hacer modificaciones, tanto del proceso como del sistema de refrigeración actual siempre basados en el conocimiento de las propiedades y condiciones del producto con el que se va a trabajar.

En el primer capítulo, se realiza una descripción completa de la empresa Agroindustrial, desde sus inicios hasta la actualidad y contemplando las Políticas de Calidad y las normas estrictas en la exportación de productos alimenticios.

En el segundo capítulo, se definen las capacidades y condiciones actuales del proceso, se realiza un análisis individual de las etapas del procesamiento de congelados, revisando las capacidades físicas y frigoríficas de los equipos instalados en cada área de proceso.

En el tercer capítulo, se definen las necesidades y requerimientos de la empresa y se realiza la comparación para determinar las modificaciones necesarias en cada área. En este capítulo, se calculan las cargas térmicas de las áreas que necesitan ser modificadas para cumplir con la demanda de producción requerida.

La selección de los equipos a instalar se encuentra detallada en el capítulo cuatro. Se realizó la descripción de los equipos del sistema de refrigeración para comparar los requerimientos actuales con las nuevas demandas y determinar las áreas a modificar.

Se realizó la selección de los nuevos equipos según las capacidades determinadas en el capítulo anterior.

También, se rediseño y dimensionaron las tuberías y accesorios del sistema de refrigeración, de acuerdo a las capacidades frigoríficas y las propiedades termodinámicas del refrigerante utilizado en la empresa.

Se incluyen los planos de la distribución de los equipos en planta, de las modificaciones de las líneas del sistema de refrigeración y un esquema del período de montaje en planta de los equipos seleccionados.

El análisis de la inversión total en el proyecto se describe en el capítulo cinco, se adjuntan las cotizaciones de los equipos considerados para la ampliación de la capacidad frigorífica. Se realizó la proyección de las ventas

anuales para estimar un modelo de flujo de caja y calcular el VAN, TIR y el período de recuperación de la inversión.

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa Agroindustrial se dedica al procesamiento y exportación de frutas congeladas IQF, está ubicada en la costa del Ecuador cerca de Guayaquil

A inicios del 2001 la compañía empieza a producir y comercializar productos congelados IQF a partir de banano y otras frutas tropicales.

Desde sus inicios fue concebida con un compromiso sólido con la calidad. Durante su construcción se tomaron en consideración los requisitos de BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM) iniciando así con paso firme y seguro el camino hacia la Calidad.

Como complemento básico y fundamental se establece el Control del Proceso basado en el estudio de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de control (HACCP) estableciendo además los pre-requisitos necesarios

como el Control de Plagas y los Procedimientos de Sanitización y Limpieza (SSOP). La aplicación del Sistema HACCP para el Control de un producto inocuo era una condición indispensable para la empresa, con el fin de poder garantizar sus productos en el mercado internacional.

La empresa Agroindustrial diseña entonces su Sistema de Gestión de Calidad, contando para ello con el compromiso esencial de todos sus colaboradores. Es así como se convierte en una de las primeras agroindustrias del Ecuador con sistema HOMÓLOGADO ISO:9002:1996 / HACCP.

A mediados del 2006 se certifica la planta como procesadora de productos orgánicos con el fin de poder exportar productos IQF orgánicos que cada día son más requeridos por el mercado.

En el año 2008 se incorpora el segundo túnel de producción de congelados IQF, con la finalidad de poder abastecer la demanda incremental que se venía dando hasta esa fecha.

Misión

Producir y comercializar en el mercado nacional e internacional elaborados de frutas, contribuyendo al desarrollo agrícola y agroindustrial del país a través de acciones innovadoras y alta tecnología enmarcados en principios éticos y morales. Para lo cual se cuenta con talento humano

comprometido con la calidad y el manejo sostenible de los recursos, manteniendo niveles de rentabilidad que permitan el crecimiento y retribución justa a los accionistas, a sus colaboradores y a la comunidad

Política de calidad e inocuidad

Producir y comercializar alimentos congelados inocuos y de calidad para el consumo humano, cumpliendo con las normas legales y técnicas aplicables a través de la prevención, control de riesgos y del mejoramiento continuo de nuestros productos y procesos orientados a mejorar el desempeño de la gestión de inocuidad y a satisfacer las necesidades de cada uno de nuestros clientes.

CAPÍTULO 2

2. CAPACIDAD Y CONDICIONES ACTUALES DEL PROCESO.

A continuación, se realiza una breve descripción de las etapas involucrados en el proceso de producción de las líneas de congelados IQF.

Adicional, se evalúan las cargas térmicas presentes durante las etapas para realizar el posterior análisis del actual sistema de refrigeración instalado.

2.1. Análisis del Proceso Actual.

En la Figura 2.1, se observan las etapas del proceso de producción de congelados en la planta.

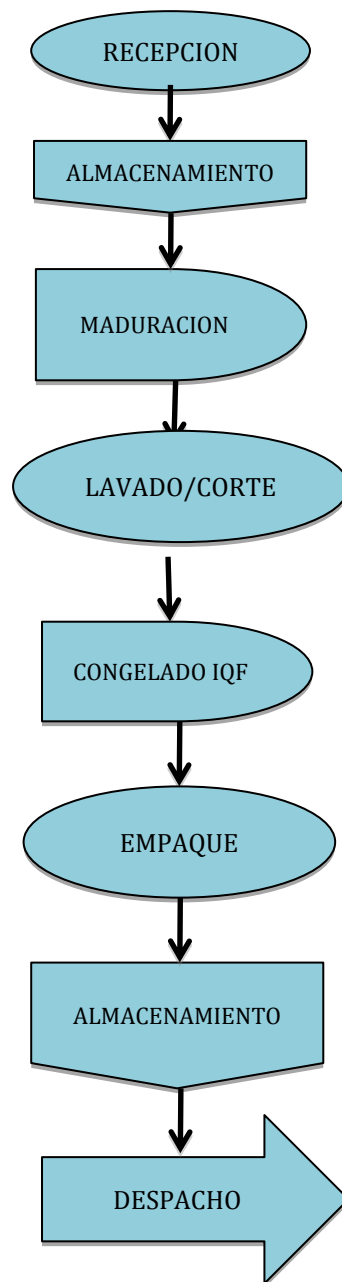


FIGURA 2.1. ETAPAS DEL PROCESO DE CONGELADOS IQF,

FUENTE: Elaborado por Autores.

Se detallan a continuación las etapas del proceso.

Recepción:

Actualmente, la planta en su área de recepción, recibe camiones al granel de banano sin madurar; los cuales, como se observa en la Figura 2.2, son descargados y distribuidos en bins o gavetas de aproximadamente 350 kg de peso cada uno.

Durante la distribución se realizan muestreos de calidad del producto recibido para verificar los requerimientos de los estándares solicitados por el cliente para el proceso.



FIGURA 2.2. DESCARGA DE BANANO VERDE.

Almacenamiento:

Los bines o gavetas son transportados por montacargas hasta los galpones techados para ser almacenados previo al proceso de maduración, según los requerimientos de producción. En la Figura 2.3 se observan los bines arreglados de acuerdo al sistema FIFO, para garantizar la calidad del producto recibido.



FIGURA 2.3. ALMACENAMIENTO DE GAVETAS DE BANANO VERDE.

Maduración:

Las gavetas se transportan desde los galpones hasta las cámaras de maduración, según Figura 2.4. La planta tiene 4 cámaras de

maduración, con control de temperaturas independientes con capacidad de 204 toneladas en total. El proceso de maduración controlada tiene una duración de 2.4 días, bajo condiciones de temperatura de 24°C y se aplica gas acetil dentro de la cámara. La maduración bajo estas condiciones se puede observar en la Figura 2.5.

Se realizan renovaciones de aire programados para aeración del producto; la primera, después de 24 horas del primer gaseo del producto y las siguientes durante intervalos de 12 horas. Una vez concluido el tiempo de aeración de 1.5 horas, se deben cerrar las puertas y esperar una hora y media hasta alcanzar 24°C. Durante la última etapa del proceso, se monitorean los grados Brix, mediante el uso de un refractómetro portátil.

Luego de terminado el proceso, la fruta es transportada a las cámaras de fruta fresca o directo al área de lavado y corte para continuar con el flujo de producción.



FIGURA 2.4. CÁMARAS DE MADURACIÓN.

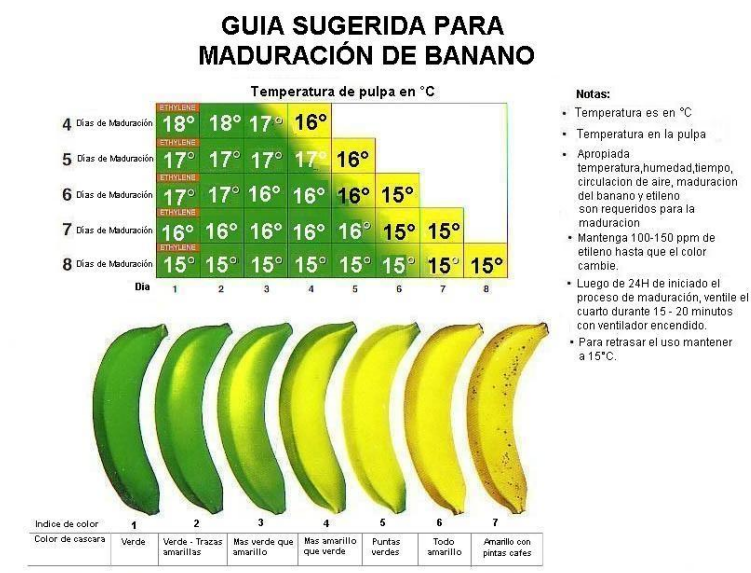


FIGURA 2.5. ESCALA DE MADURACIÓN.

FUENTE: Elaborado por la empresa Agroindustria.

Conservación de fruta fresca:

El banano madurado para proceso es almacenado a temperaturas de 10 a 12 °C para su conservación fresca, punto en el cual se desacelera el proceso de maduración. La planta tiene 3 cámaras de almacenamiento de fruta fresca con capacidad de aproximadamente 130 toneladas cada una.

Lavado y corte:

Continuando con el flujo de producción, los bins o gavetas de banano madurado se voltean en las tinas de lavado, ver Figura. 2.6, para la limpieza de impurezas y desinfección, con un periodo de permanencia de aproximadamente 5 minutos; para que se dé la desinfección, el agua utilizada es una solución de agua con cloro a concentraciones de 150-200 ppm.



FIGURA 2.6. TINAS DE LAVADO DE FRUTA.

Previo al corte, se retiran los bananos con defectos que no están dentro de las especificaciones de la hoja de procesos de calidad. Luego el banano ingresa a las mesas de pelado y corte, ver Figura 2.7, para posteriormente manualmente cortar el banano en rodajas de 8 a 10 mm de espesor, con el uso de cuchillas diseñadas especialmente para este producto, ver Figura 2.8.



FIGURA 2.7. MESAS DE CORTE Y PELADO DE BANANO DURANTE EL PROCESO.

Finalmente, se inspeccionan las rodajas y se retira la fruta que no está cortada correctamente o no tiene el tamaño y forma requerida, antes de ingresar a la tina de aplicación de una solución antioxidante, previa a la congelación.



**FIGURA 2.8. CUCHILLAS DE CORTE RODAJAS 8-10 MM
UTILIZADAS EN PLANTA**

Congelamiento Instantáneo:

En esta etapa del proceso, las rodajas, ver Figura 2.9, son congeladas dentro de un Túnel de lecho fluidizado en aproximadamente 10 minutos. La fruta ingresa con temperatura de +20°C y sale a -18°C aproximadamente. A la salida del túnel el producto pasa por cintas de inspección, ver Figura 2.10, posteriormente al empaque y almacenamiento respectivamente.



FIGURA 2.9. BANANO EN RODAJAS.



FIGURA 2.10. BANDA DE INSPECCIÓN.

Empaque:

En esta etapa, las rodajas congeladas a -18°C son rápidamente revisadas por analistas de calidad, luego son empacados en cajas de cartón de tamaño variable según la orden de producción. Esta sección se mantiene a temperatura ambiente de $+5^{\circ}\text{C}$ aproximadamente para mantener la cadena de frío. En la Figura 2.11. se observa el proceso de empaque del producto congelado terminado.



FIGURA 2.11. CAJAS PARA PRODUCTO TERMINADO.

Dentro del área de empaque se revisa el peso de las cajas en las balanzas, ver Figura 2.12, se codifica la caja con la información: del producto, fecha, hora, número de lote. Las cajas pasan a través de

un detector de metales, que se observa en la Figura 2.13. y luego son enviadas al transportador que las dirige a la pre cámara de producto terminado.



FIGURA 2.12. PESAJE DE PRODUCTO.



FIGURA. 2.13. DETECTOR DE METALES.

Conservación de congelados:

A la salida del área de empaque, las cajas llegan a la pre cámara donde son palletizadas inmediatamente. Esta pre cámara se encuentra aproximadamente a +8°C. Las cajas de banano en rodajas son distribuidas en 4 cámaras de producto terminado que suman una capacidad de 780 Ton. y se almacenan a una temperatura de -20°C hasta su despacho en contenedores refrigerados. En la Figura 2.14 se observa una de las cámaras de almacenamiento de productos congelados.



FIGURA 2.14. CÁMARAS DE CONSERVACIÓN DE CONGELADOS.

Despacho:

Para el despacho, se tienen muelles con capacidad para cargar hasta 3 contenedores simultáneamente. Los pallets son transportados desde las cámaras de almacenamiento hasta dentro del contenedor utilizando montacargas eléctricos.

2.2. Definición de Etapas del Proceso.

A continuación, se entrará en detalle a describir cada uno de las etapas del proceso de congelados IQF, para determinar las cargas energéticas actuales y equipos disponibles para la implementación del proyecto.

2.2.1. Almacenamiento de Materia Prima**2.2.1.1. Capacidad Física Disponible**

La planta tiene 3 cámaras de almacenamiento de materia prima con las siguientes características:

TABLA 1
CAPACIDAD FÍSICA DE LAS CÁMARAS DE FRUTA FRESCA

Cámara	Capacidad (Ton)	Capacidad (número de bines)
FRUTA FRESCA #1	126	360
FRUTA FRESCA #2	126	360
FRUTA FRESCA #3	147	420

FUENTE: Datos de la empresa. Elaborado por Autores.

2.2.1.2. Carga Térmica Actual

El uso de las cámaras de almacenamiento de materia prima está en relación con el programa de producción. Para calcular la capacidad frigorífica se toma en consideración la carga energética del producto a refrigerar; en el caso del banano, es crucial considerar el calor por respiración de la fruta, las pérdidas por diferencias de temperatura hacia el ambiente, las aperturas de puertas o cambios de

aire, el uso de montacargas para distribuir los bines, la iluminación y los equipos eléctricos dentro de la cámara.

La mayor carga térmica se estima en las condiciones de operación más crítica, las cuales se dan cuando se llena la cámara con el banano madurado a temperatura de 24°C (163 bines) y se debe disminuir la temperatura a 12°C en 24 horas

TABLA 2

	CARGAS TÉRMICAS			
Cámara	Por Transpiración de la fruta	Por Empaque	Por Pérdidas	Por Enfriamiento (291 Bines de 24°C a 12°C en 24 horas)
FRUTA FRESCA #1	5.544 KW	3.52 KW	26.9 KW	60 KW
FRUTA FRESCA #2	5.544 KW	3.52 KW	26.9 KW	60 KW
FRUTA FRESCA #3	6.468 KW	3.52 KW	26.9 KW	60 KW

CARGA TÉRMICA ACTUAL EN CÁMARAS DE FRUTA FRESCA

FUENTE: Elaborado por Autores.

2.2.1.3. Capacidad Frigorífica Instalada

La capacidad frigorífica está relacionada con la capacidad de los difusores instalados en las cámaras y la capacidad disponible por el sistema de refrigeración. Se detalla ambos casos y se usará la menor para efectos de cálculos de equipos necesarios a implementar.

TABLA 3
CAPACIDAD FRIGORÍFICA INSTALADA EN LAS
CÁMARAS DE FRUTA FRESCA

Cámara	Capacidad Nominal Difusor	Capacidad del Sistema de Refrigeración
FRUTA FRESCA #1	96 KW	120 KW
FRUTA FRESCA #2	150 KW	120 KW
FRUTA FRESCA #3	96 KW	120 KW

FUENTE: Datos de Placa de Difusores Güntner y Compresor Reciprocante Mycom instalados en las cámaras.

2.2.2. Cámaras de Maduración

2.2.2.1. Capacidad Física Disponible

La planta cuenta con 4 cámaras de maduración controlada, cada una posee su circuito de gas acetil independiente para la maduración del banano.

TABLA 4
CAPACIDAD FÍSICA DE LAS CÁMARAS DE
MADURACIÓN

Cámara	Capacida d (Ton)	Capacida d (Kg/h)	Capacida d (Bines)
MADURACIÓN #1	45	900	128
MADURACIÓN #2	45	900	128
MADURACIÓN #3	57	1225	163
MADURACIÓN #4	57	1225	163

FUENTE: Datos de la empresa. Elaborado por Autores.

Adicional, se presenta en la Figura 2.15 el Flujo actual de maduración de banano con el cual se maneja la empresa para la producción de 1700 Kg/h de producto. El tiempo de maduración que se contempla en este flujo depende de los requerimientos de producción, esto viene de la mano de las temperaturas programadas en las cámaras para agilizar el proceso.

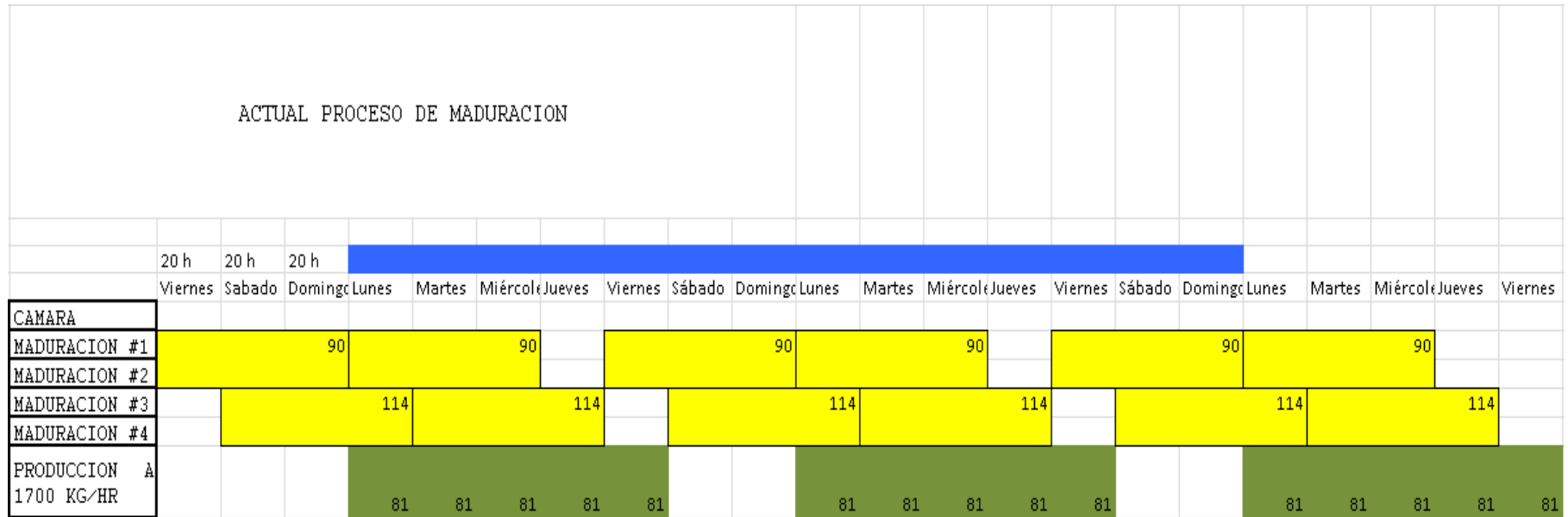


FIGURA 2.15. FLUJO DE MADURACIÓN DE BANANO ACTUAL.

FUENTE: Datos de proceso actual de la empresa. Elaborado por Autores.

2.2.2.2. Carga térmica actual

El manejo de las cámaras de maduración va de la mano del programa de producción, en algunos casos se utiliza 1 cámara y en otros podría necesitarse utilizar las 4 cámaras simultáneamente. El proceso de maduración lleva una serie de pasos donde la temperatura promedio de la cámara, varía de $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y se debe controlar la concentración de gas acetil producto de la transpiración del banano mediante la apertura de puertas para realizar cambios de aire en el interior.

Para el cálculo de la carga térmica, se consideró trabajando las 4 cámaras, como el escenario más crítico. Adicional, hay que tomar en cuenta mantener la temperatura con respecto a la temperatura ambiente y la tasa de respiración del banano a las temperaturas de maduración predefinidas, siendo esta la mayor carga térmica. El proceso de maduración toma aproximadamente 56 horas.

TABLA 5

CARGA TÉRMICA ACTUAL EN CÁMARAS DE MADURACIÓN

Cámara	Por mantener 22°C	Enfriamiento de 24°C a 10°C en 24 horas
MADURACION #1	5.370 KW	33.45 KW
MADURACION #2	5.370 KW	33.45 KW
MADURACION #3	6.850 KW	37.50 KW
MADURACION #4	6.850 KW	37.50 KW

FUENTE: Elaborado por Autores.

2.2.2.3. Capacidad Frigorífica Instalada

Siguiendo el mismo patrón de las cámaras de almacenamiento, la capacidad frigorífica instalada de las cámaras de maduración dependerá de los equipos instalados en las cámaras y de la capacidad que el sistema de refrigeración pueda entregar.

TABLA 6
CAPACIDAD FRIGORÍFICA INSTALADA EN LAS CÁMARAS
DE MADURACIÓN

Cámara	Capacidad Difusor	Capacidad del Sistema de Refrigeración
MADURACIÓN #1	35. KW	53 KW
MADURACIÓN #2	35. KW	53 KW
MADURACIÓN #3	37.7 KW	55 KW
MADURACIÓN #4	37.7 KW	55 KW

FUENTE: Datos de Placa de Difusores Güntner y Compresor Mycom instalados en las cámaras.

2.2.3. Lavado y Desinfección

2.2.3.1. Capacidad Física Disponible

La capacidad del área de lavado se encuentra determinada por la capacidad de la lavadora de frutas. En la planta el uso de la lavadora no es continuo, porque su capacidad de diseño es mayor a la demanda actual. Se analiza cuánto tiempo se tarda en lavar una cantidad determinada de

Kilogramos de fruta, desde el volteo, pasando por el lavado hasta la evacuación del producto hacia las mesas de corte para determinar su capacidad en Kg/h.

TABLA 7
CAPACIDAD DE VOLTEO EN AREA DE LAVADO Y SELECCIÓN

Cantidad de Kg. Que ingresan a la lavadora	Tiempo de lavado en horas	Capacidad de diseño en Kg/h
7000	1	7000

FUENTE: Datos de placa de Lavadora Induhorst. Elaborado por Autores.

2.2.4. Pelado y Corte

2.2.4.1. Capacidad Máxima de Pelado y Corte

La capacidad de pelado y corte está en base al espacio físico disponibles en las bandas transportadoras y el máximo número de personas que se puede ubicar en la mesa de trabajo donde se realiza la labor de pelado y corte del banano.

TABLA 8
CAPACIDAD DE VOLTEO EN ÁREA DE PELADO Y CORTE

Banda Transportadora	Capacidad Física en Kg/h	Rendimiento por Persona en Kg/h	Capacidad en Personas
ABASTECIMIENTO	10000	N/A	N/A
PELADO	10000	250	40
CORTE EN RODAJAS	4000	333	12

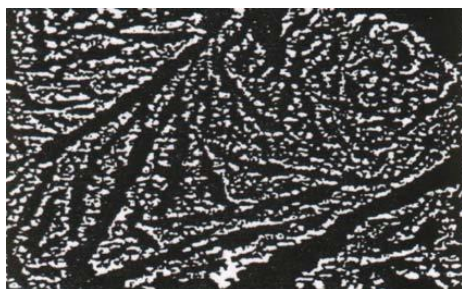
FUENTE: Datos de placa de Bandas Transportadoras Induhorst. Elaborado por Autores.

2.2.5. IQF (Individual Quick Freezing)

La tendencia en la congelación de alimentos se orienta al sistema de congelación IQF en línea. Hay una serie de razones en cuanto a calidad del producto que justifican este cambio, como se puede observar en la Figura 2.16. Aquí sólo se va a comentar sobre la congelación rápida de productos pequeños que normalmente se congelan en un congelador continuo IQF.

Congelación lenta

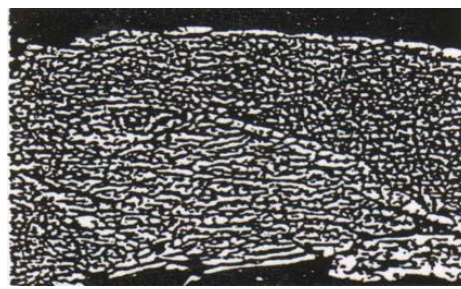
La expansión del agua durante la congelación produce cristales de hielo más grandes que rompen la delicada estructura, membranas, etc. que no vuelven a su estado normal después descongelado el producto



Congelación lenta con grandes cristales de hielo

Congelación rápida

Expansión de cristales de hielo son limitados y las estructuras y membranas no se destruyen. El efecto negativo de la congelación es muy reducido



Congelación rápida con pequeños cristales de hielo

FIGURA 2.16. GRÁFICOS COMPARATIVOS DEL EFECTO DEL TIEMPO EN LA CONGELACIÓN DEL BANANO.

FUENTE: Manual de Túnel IQF OCTOFROST AB MODEL 11-25.

2.2.5.1. Descripción del Equipo

La planta cuenta con dos Túneles IQF de Lecho Fluidizado con un sistema de movimiento de placas de entrada y salida de producto. El principio de este tipo de túnel consiste en congelar la superficie del producto que ingresa en la primera placa para garantizar la textura y durante la segunda placa se logra alcanzar las temperaturas de congelación deseadas.

2.2.5.2. Carga Térmica

La carga térmica se determina con el flujo de banano a congelar, las pérdidas por los ventiladores e iluminación dentro del túnel, la diferencia de temperatura con el área de proceso así como las pérdidas en la descarga del producto. Estos valores están definidos por el fabricante del equipo.

2.2.5.3. Capacidad Frigorífica Instalada

La capacidad frigorífica instalada está dada por las características del equipo y por la potencia frigorífica que puede entregarle el equipo de refrigeración.

TABLA 9
CAPACIDAD FRIGORÍFICA DE LOS TUNELES IQF

Equipo	Capacidad del Túnel según Fabricante	Capacidad en Kg/h	Capacidad del Sistema de Refrigeración
OCTOFROST AB MODEL 4/2-LH	246 KW	1100	249 KW
OCTOFROST AB MODEL 11-25	182 KW	600	273 KW

FUENTE: Datos de placa de Túneles Octofrost y Compresores de Tornillo Mycom.
Elaborado por Autores.

2.2.6. Almacenamiento de Producto Terminado.

El producto congelado se debe mantener refrigerado a temperaturas por debajo de los -18°C para asegurar la inocuidad del producto.

2.2.6.1. Capacidad de Almacenamiento

La carga térmica de las cámaras de producto terminado consiste en mantener a -20°C el producto que ingresa a su interior, para calcular esto se va suponer el escenario más extremo que significa tener las cámaras en su máxima capacidad.

TABLA 10
CAPACIDAD FÍSICA DE LAS CÁMARAS DE PRODUCTO
TERMINADO

Descripción	Capacidad en ton
Cámara # 1	172
Cámara # 2	172
Cámara # 3	280
Cámara # 4	280

FUENTE: Datos de la empresa. Elaborado por Autores.

2.2.6.2. Capacidad Frigorífica Instalada

La capacidad frigorífica está basada en los datos de placa de los evaporadores y en lo que el sistema de refrigeración puede entregar.

TABLA 11
CAPACIDAD FRIGORÍFICA DE LAS CÁMARAS DE
PRODUCTO TERMINADO

Descripción	Capacidad Nominal del Evaporador	Capacidad del sistema de refrigeración
Cámara #1	182 KW	90 KW
Cámara #2	182 KW	90 KW
Cámara #3	65 KW	90 KW
Cámara #4	65 KW	90 KW

FUENTE: Datos de Placa de Evaporadores Güntner y Compresor de Tornillo N200V Mycom instalados en las cámaras.

2.3. Resumen de Condiciones Iniciales

Se describe en la Tabla 12, las condiciones actuales de las diferentes etapas proceso de congelación de banano para

determinar las adecuaciones necesarias a implementar con el fin de lograr los objetivos de aumento de capacidad que busca la empresa.

TABLA 12

CUADRO COMPARATIVO DE CONDICIONES ACTUALES DEL PROCESO

Etapas	Capacidad Actual Kg/h	Capacidad utilizada actual Kg/h	Capacidad de almacenamiento ton.
FRUTA FRESCA	N/A	N/A	399
MADURACION	4250	4250	N/A
LAVADO DESINFECCION	10000	4250	N/A
PELADO Y CORTE	10000	4250	N/A
TUNELES IQF	1700	1700	N/A
PRODUCTO TERMINADO	N/A	N/A	904

FUENTE: Datos de la empresa. Elaborado por Autores.

Adicional, se incluye un plano de la Distribución de equipos en planta para verificar las posibles ubicaciones de los equipos nuevos a instalar. Esto será determinado después de inspeccionar las etapas del proceso para elegir el sitio del montaje. **Ver Plano 1**

En el **Plano 2** se observan los equipos, tuberías y accesorios instalados en el sistema de refrigeración. Esto permite observar las capacidades frigoríficas actuales de cada una de las etapas involucradas en el proceso de congelados IQF para determinar la implementación o montaje de nuevos equipos para suplir la nueva demanda de consumo energético del túnel a seleccionar.

CAPÍTULO 3

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y NUEVOS REQUERIMIENTOS.

3.1. Definición del Problema.

La empresa actualmente cuenta con dos túneles de lecho fluidizado para elaborar rodajas o cubos de otras frutas en sus diferentes líneas de producción. La creciente demanda en busca de un valor agregado al producto, exige diversificar la presentación de los productos de banano. **Ver Apéndice A** Para cumplir con estas exigencias se viene realizando un proceso manual o no automatizado de las diferentes presentaciones que no se pueden producir en túneles de lecho fluidizado por su configuración.

La planta desde su diseño inicial ha incrementado su gama de productos, teniendo actualmente una creciente demanda de banano con paletas, banano mitades y banano con cubierta de chocolate,

como se aprecia en la Figura 3.1, por lo que la empresa proyecta que va a necesitar una solución para industrializar estos procesos que se realizan actualmente en un túnel estático con un alto costo de producción.

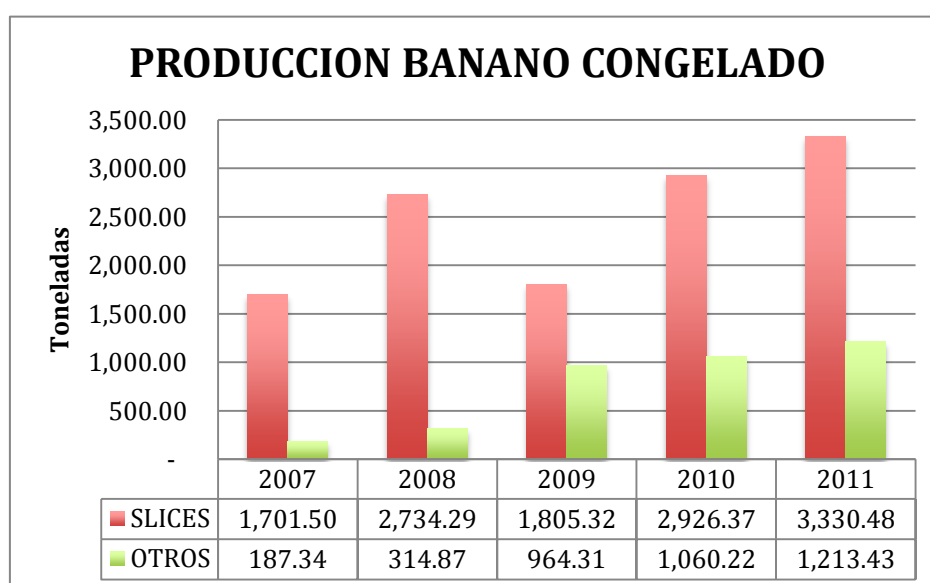


FIGURA 3.1. GRÁFICO COMPARATIVO DE PRODUCTOS DE BANANO CONGELADO

FUENTE: Datos de producción de la empresa Agroindustrial. Elaborado por Autores.

Considerando estos incrementos se necesita aumentar la capacidad de la línea de banana congelado y los nuevos equipos a utilizar deben estar en capacidad de producir banana en rodajas y otras presentaciones.

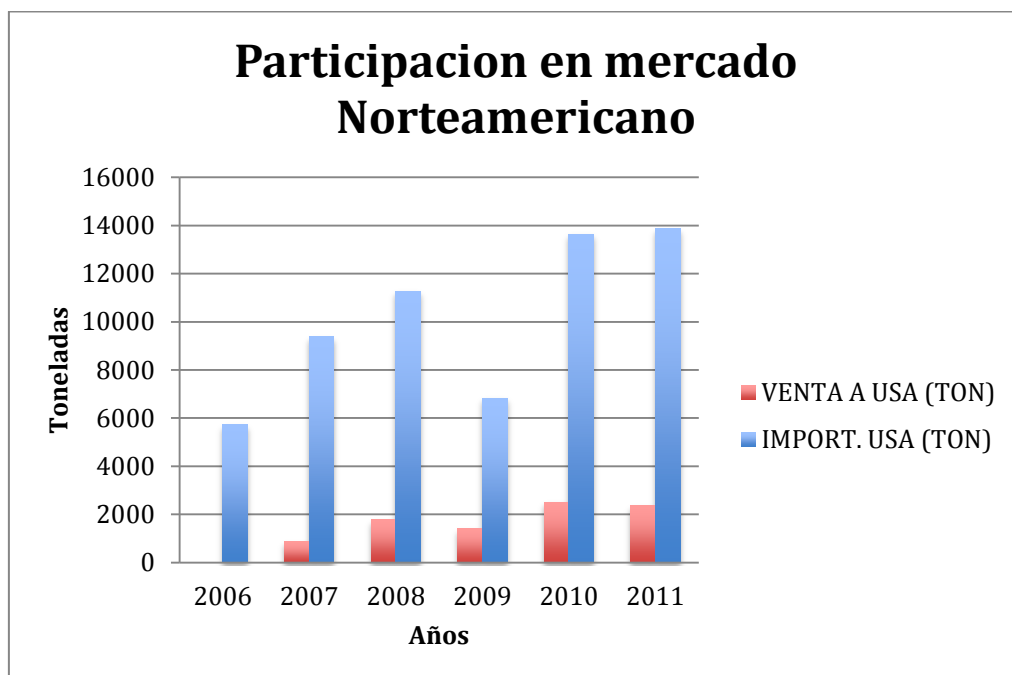


FIGURA 3.2. PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO NORTEAMERICANO.

FUENTE: Datos de ventas de la empresa Agroindustrial. Elaborado por Autores.

Las temporadas altas o los picos de venta mensuales descritos en la Figura 3.3., están marcado en el año por lo que se debe tener capacidad para producir y despachar en los meses de temporada alta, ya que las normativas internas de la planta prohíben almacenar el producto por más de 4 semanas para garantizar su calidad.

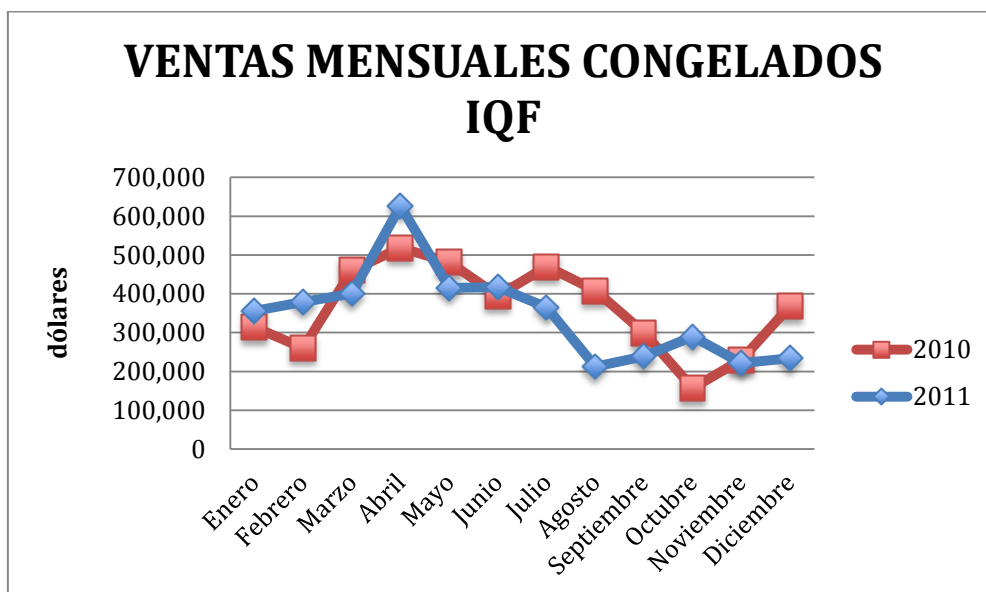


FIGURA 3.3. VENTAS MENSUALES DE CONGELADOS IQF.

FUENTE: Datos de ventas de la empresa Agroindustrial. Elaborado por Autores.

Actualmente la capacidad máxima de producción de los túneles IQF es de 136 toneladas semanales, la misma también está limitada por el abastecimiento de banano maduro, el cual tiene una capacidad máxima de 140 toneladas semanales.

A partir de esta problemática y al análisis de condiciones actuales en la Tabla 12, este trabajo se va enfocar en las áreas que necesitan incrementar su capacidad que son el proceso de maduración y el congelado instantáneo.

3.2. Requerimientos Generales de la Planta

Los nuevos requerimientos de producción de la planta se presentan en la Tabla 13.

TABLA 13
NUEVOS REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN

Capacidad de Producción Real requerida		Producto
OPCIÓN 1	2000 kg/hr	Rodajas
OPCIÓN 2	1000 kg/hr	Rodajas
	1000 kg/hr	Otros

FUENTE: Elaborado por Autores.

Se realiza un análisis individual del flujo de proceso de producción para realizar la comparación entre las condiciones actuales, de diseño y los nuevos requerimientos de la Planta, para determinar los puntos a mejorar en la línea.

Para esto, se ha considerado el rendimiento estándar del 40 % de la fruta desde que ingresa como banano maduro hasta obtener el producto terminado y una eficiencia operacional de 0.8 en la línea de producción para estimar los nuevos requerimientos solicitados por la planta.

Considerando las premisas anteriores de rendimiento y eficiencia de operación se requiere diseñar la línea de congelado IQF con una capacidad nominal de 2500 kg/hr de producto terminado y la maduración deberá tener una capacidad nominal de 6250 kg/hr para abastecer la línea.

En la Tabla 14 se puede observar una matriz comparativa de las condiciones actuales y las requeridas con la finalidad de determinar los puntos a incrementar capacidad.

TABLA 14

CUADRO COMPARATIVO DE CONDICIONES ACTUALES vs

REQUERIMIENTOS DE PRODUCCIÓN

Etapa	Capacidad Actual Kg/h	Capacidad utilizada actual Kg/h	Capacidad requerida Kg/h	Diferencial	Capacidad de almacenamiento en ton.	Capacidad requerida	Diferencial
FRUTA FRESCA	N/A	N/A	N/A	N/A	399	399	0
MADURACIÓN	4250	3400	6250	-2000	N/A	N/A	N/A
LAVADO DESINFECCIÓN	7000	4250	6250	750	N/A	N/A	N/A
PELADO Y CORTE (fruta entera)	1000 0	4250	6250	3250	N/A	N/A	N/A
TUNEL IQF	1700	1700	2500	-800	N/A	N/A	N/A
PRODUCTO TERMINADO	N/A	N/A	N/A	N/A	904	800	104

FUENTE: Elaborado por Autores.

3.3. Determinación de las Cargas Frigoríficas Requeridas para cada Etapa

3.3.1. Determinar Cargas Térmicas

Del cuadro comparativo anterior se determina que las áreas a incrementar capacidad son la maduración de la fruta y los túneles de congelación.

3.3.1.1. Cámaras de Maduración

En las condiciones actuales, se está en capacidad de entregar 4250 Kg/h de fruta madura a la línea, con lo que se puede producir de forma continua por 100 horas (5 días laborables) semanalmente. Con el nuevo requerimiento se desea producir de forma continua a una capacidad nominal de 2500 Kg/h por lo que se necesitará incrementar la capacidad de maduración a 6250 Kg/h, esto se puede observar más claramente en la Figura 3.4. Frente a este requerimiento se encuentra con un déficit actual de 2000 Kg/h.

Para poder cumplir con este requerimiento será necesario construir nuevas cámaras de maduración y por motivos de estandarización de equipos, en caso

de presentarse problemas o sea necesario compensar cuando uno de estos equipos se encuentre fuera de servicio por mantenimientos se tomarán como referencia las actuales dimensiones de las cámaras existentes en Planta.

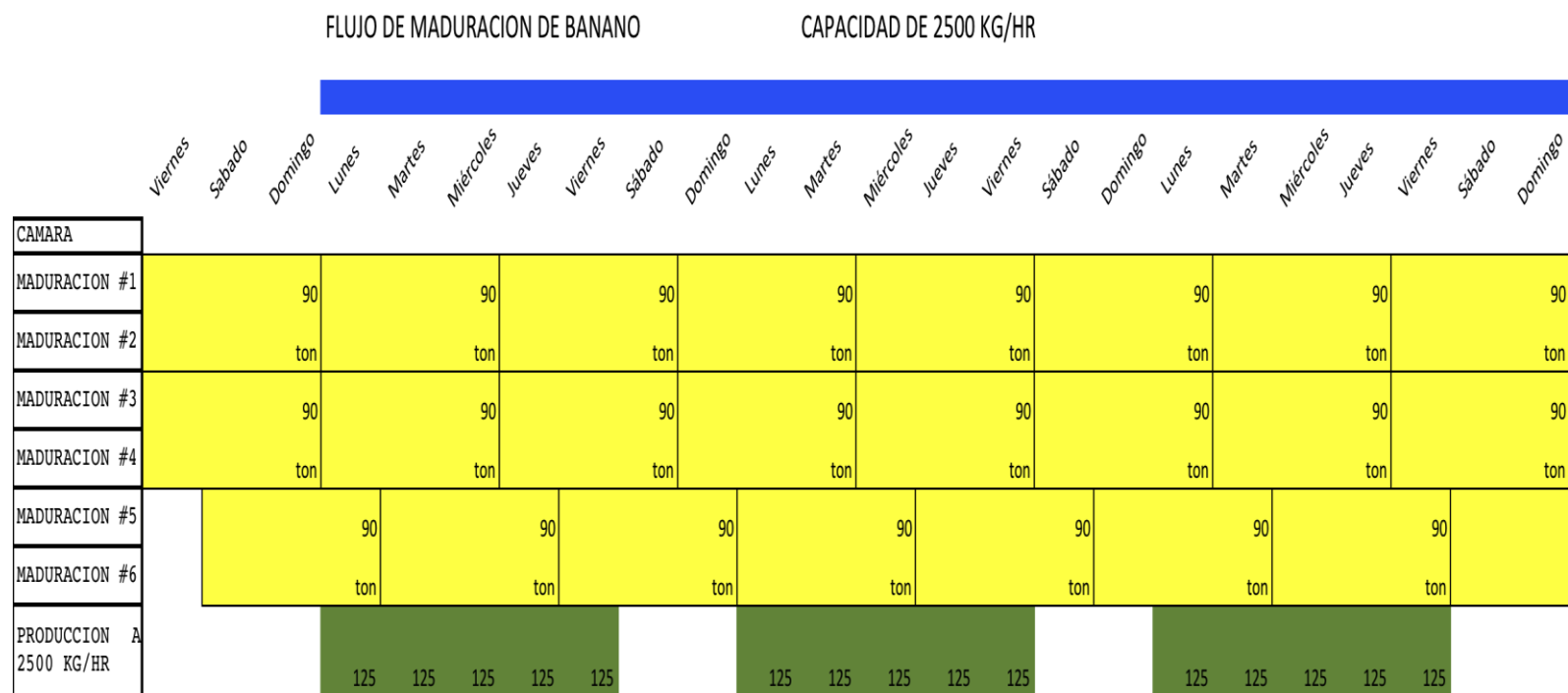


FIGURA 3.4. FLUJO DE MADURACIÓN DE BANANO PROPUESTO.

FUENTE: Elaborado por Autores.

Para cumplir con este incremento se requieren 2 cámaras adicionales con capacidad para madurar 90 toneladas en cada una, lo que equivale a aumentar la carga térmica de 133.80 KW a 200.7 KW. En la Tabla 15, se describen las capacidades estimadas en las cámaras de maduración

TABLA 15

INCREMENTO DE CAPACIDAD EN CÁMARAS DE MADURACIÓN

Cámara	Capacidad en Kg/h	Carga Térmica
MADURACIÓN #1	1050	33.45 KW
MADURACIÓN #2	1050	33.45 KW
MADURACIÓN #3	1050	37.50 KW
MADURACIÓN #4	1050	37.50 KW
MADURACIÓN #5	1050	33.45 KW
MADURACIÓN #6	1050	33.45 KW
	TOTAL	208.8 KW

FUENTE: Elaborado por Autores

De acuerdo a las capacidades descritas se construirán cámaras que tendrán las dimensiones descritas en la Tabla 16.

TABLA 16

DIMENSIONES DE LAS CÁMARAS DE MADURACIÓN NUEVAS

Cámara	Largo	Ancho	Altura	Volumen
MADURACIÓN #5	12.30 m	5.80 m	6.00 m	428.04 m ³
MADURACIÓN #6	12.30 m	5.80 m	6.00 m	428.04 m ³

FUENTE: Elaborado por Autores

3.3.1.2. Túneles de Congelación

Actualmente se tienen 2 túneles de congelamiento de 600 y 1100 kg/h de capacidad nominal respectivamente, se va optar por cambiar el túnel de menor capacidad, por lo tanto, se requiere un túnel de 1400 kg/h de capacidad para banano congelado. Este nuevo túnel deberá estar en capacidad de producir rodajas y otras presentaciones de banano como: con paletas, mitades, enteros, etc.

El calor a extraer de un producto para llevarlo a la zona de congelación viene determinado por lo siguiente:

- Calor sensible
- Calor latente de congelación
- Calor sensible de producto congelado
- Calor de motores e iluminación
- Calor área de proceso
- Calor por filtraciones de aire

Estos valores son calculados por el fabricante del equipo de acuerdo al requerimiento de producción solicitado, para esto se le proporciona al fabricante la siguiente información:

- Capacidad de 1400 Kg/h de producto terminado
- Especificaciones del Producto:
 - Banano rodajas de 10 mm de espesor por 32-35 mm de diámetro con 20-21 grados Brix.
 - Banano entero
 - Banano paletas
 - Banano en cubos
 - Banano mitades

- Temperatura de entrada de producto entre 20°C y 22°C
- Temperatura de salida del producto -18°C
- Sistema de descongelamiento con gas caliente
- Refrigerante: Amoniacó R717 – NH₃
- Temperatura de Evaporación: -40°C
- Tasa de Recirculación de 4:1

CAPÍTULO 4

4. CÁLCULOS, SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN APLICADO A LAS NUEVAS CARGAS TÉRMICAS.

A continuación, se realiza la descripción del sistema actual de refrigeración, con los equipos instalados con sus respectivas capacidades frigoríficas y la comparación considerando los nuevos requerimientos de capacidad a instalar.

4.1. Capacidad y Características del Sistema Actual

El sistema de refrigeración instalado en la planta se usa para la producción de banano congelado con un sistema de compresión en doble etapa y un sistema de compresión simple de alta con condensación no centralizada ya que dispone de dos condensadores evaporativos. Dispone de 4 compresores

reciprocantes interconectados en paralelo que en conjunto con 4 chillers refrigeran por medio de agua helada a las cámaras de fruta fresca, maduración, áreas de proceso y un pasteurizador de pulpas.

Los equipos principales, usados en el sistema de refrigeración se describen en la Tabla 17, **Ver Apéndice B**

TABLA 17

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN INSTALADO.

Cant	Descripción	Modelo	Fabricante	Capacidad
1	Compresor tornillo Booster	N200VMD-LB	MYCOM	249 KW
1	Compresor Tornillo de Alta	N160VSD-M	MYCOM	332 KW
1	Compresor Tornillo	N200VMD-H	MYCOM	383 KW
1	Compresor Tornillo	N200VLD-HE	MYCOM	583 KW
1	Compresor pistón	N8WB	MYCOM	391 KW
1	Compresor	N6WB	MYCOM	358 KW

	pistón			
1	Compresor pistón	N4WB	MYCOM	224 KW
1	Compresor pistón	N4WBH	MYCOM	198 KW
1	Recirculador	LRV-11	MYCOM	N/A
1	Recirculador	PVR30	PHILLIPS	N/A
1	Recirculador	PVR20	PHILLIPS	N/A
1	Intercooler	IC8	MYCOM	N/A
1	Trampa de Succión	B16442	PHILLIPS	N/A
1	Tanque de alta	C16441	PHILLIPS	N/A
1	Tanque termosifón	TS3	MYCOM	N/A
2	Evaporador cámara Congelado	NTL4-3300-W- 500L	EVAPCO	180 KW
1	Evaporador Antecámara	NL1-2063-200K5	EVAPCO	21 KW
2	Evaporador cámara Congelado	4xS- MAN065.1C/37- HL/12P	GUNTNER	58 KW

1	Condensador Evaporativo	PMCB-690	EVAPCO	1600 KW
1	Condensador Evaporativo.	PMCB-630	EVAPCO	1753 KW
3	Difusor Fruta Fresca	ECPI-4-42	Environmental Cooling P.	93 KW
4	Difusor Maduración	2 x MGN 071B/24-AL/10P	GUNTNER	37 KW
1	Enfriador de Glicol Fruta Fresca	M10-BWFGR 34	Alfa Laval	279 KW
1	Enfriador de Glicol Concentrado de Jugo	M10-BWFGR 27	Alfa Laval	232 KW
1	Enfriador de agua para áreas de proceso.	36	THERMOWAWE	189 KW
1	Enfriador de agua para Maduración	M10-BWFGR 16	Alfa Laval	148 KW
4	Bomba	2CBS-2-4	Cornell	N/A

	Centrífuga			
3	Bomba Centrífuga	R41-216F4AG- 0204SX1-A	TEIKOKU	N/A
1	Túnel de congelación	4/2-LH	AB Octofrost	248 KW
1	Túnel de congelación	1124	AB Octofrost	182 KW

FUENTE: Datos de placa de equipos en planta. Elaborado por Autores

4.2. Selección de Equipos y Accesorios

MADURACIÓN

Según los datos obtenidos en el capítulo anterior, se determinó que se va incrementar la capacidad de maduración construyendo 2 cámaras nuevas con una carga térmica de 33.45 KW cada una. Al igual que en las cámaras existentes, se utiliza refrigerante R718 (H₂O). Del **Software de Guntner para cálculo termodinámico** se eligió el modelo **GGHN 050.2H/47-ANL50/8P.M** para las cámaras, con las características descritas en la Tabla 18:

TABLA 18

DESCRIPCIÓN DE ENFRIADOR DE AIRE GÜNTNER.

Enfriador de aire GGHN 050.2H/47-ANL50/8P.M

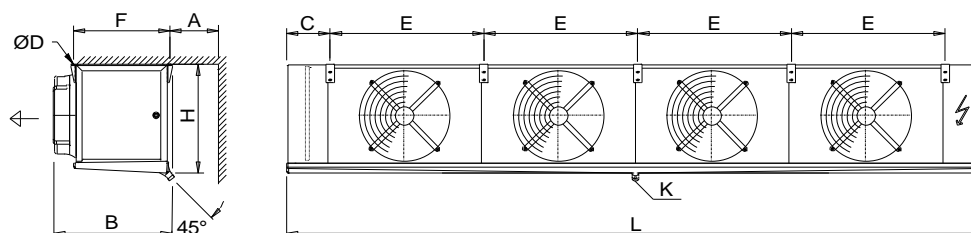
Capacidad:	40.0 kW		
Superficie de reserva:	5.9 %	Medio:	Agua (R718)
Caudal de aire:	26000 m ³ /h	Entrada:	1.0 °C
Velocidad del aire:	2.6 m/s	Salida:	4.0 °C
Temp. de aire:	6.0 °C	Pérdida de presión:	0.61 bar
Humedad rel.:	74 %	Caudal:	11.40 m ³ /h
Altura de instalación:	2 m		

Ventiladores:	4 Unidad(es) 3~460V 60HzY/(--)	Diámetro del ventilador:	500 mm
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	61 dB(A)
Revoluciones:	1390	a una distancia de:	3.0 m
Capacidad:	0.80 kW, 1/2 hp mecánico		
Corriente:	1.25 A	Tiro de aire:	aprox. 2'

Caja:	AlMg3, Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Cobre
Superf. de intercambio:	316.6 m ²	Aletas:	Aluminio ⁽²⁾
Volumen de tubos:	86.5 l	Conexiones por cada aparato:	
Paso de aleta:	7.00 mm	Entrada:	2 5/8 in
Peso vacío:	344 kg ⁽³⁾	Salida:	2 5/8 in
Presión de servicio máxima:	16.0bar		

Dimensiones:

L	=	4570 mm
B	=	835 mm
H	=	760 mm
E	=	1000 mm
F	=	700 mm
C	=	290 mm
A	=	550 mm
ØD	=	14 mm
K	=	G1¼



FUENTE: Tomado del Catálogo de Enfriadores de Aire Güntner Modelo GGHN

Una vez seleccionado este equipo, se procede a revisar la nueva carga del Chiller que corresponde a las cámaras de maduración.

TABLA 19
CAPACIDAD DE CHILLER DE CÁMARAS DE MADURACIÓN.

Chiller	Capacidad	Carga térmica actual	Nueva Carga térmica	Porcentaje de reserva
Maduración	160 KW	148 KW	207.7	-40%

FUENTE: Datos de Placa de Chiller Alfa Laval. Elaborado por Autores

Por lo tanto se debe incrementar la capacidad del chiller en un 40%, para esto se va seleccionar un chiller adicional conectado a las nuevas cámaras de maduración.

Se selecciona un enfriador de placas marca ALFA LAVAL, modelo M10BW-REF, fabricado con placas en acero inox A-304 con espesor de 0.6mm. Capacidad de 96 KW (26 TR) para enfriamiento de agua glicolada al 20%. Procedencia: Suecia. **Ver Apéndice C**



FIGURA 4.1. INTERCAMBIADOR DE PLACAS ALFA LAVAL.

FUENTE: Catálogo Alfa Laval Gasketed Plate Heat Exchangers M10

Adicional al Chiller es necesario instalar una trampa de succión, tipo vertical para operación del enfriador de placas.

Con el incremento de capacidad en el sistema de Chillers es necesario evaluar que los compresores conectados a este sistema están en capacidad de suplir esta demanda.

TABLA 20

CAPACIDAD FRIGORÍFICA DE COMPRESORES RECIPROCANTES

Equipos	Capacidad de diseño	Nueva carga térmica en chillers	Porcentaje de reserva
4 Compresores reciprocantes	1171.4 KW	942.1 KW	19.5%

FUENTE: Datos de Placa de Compresores Reciprocantes Mycon Serie WB.

Elaborado por Autores

Se concluye que los compresores reciprocantes actualmente instalados están en capacidad de suplir la demanda requerida por el aumento de las nuevas cámaras de maduración.

CONGELAMIENTO INSTANTÁNEO

Para la selección del túnel de congelamiento se contactó al fabricante de equipos de congelación MAYEKAWA solicitando un túnel de la siguiente capacidad y características:

- Capacidad de 1400 Kg/Hr de producto terminado
- Especificaciones del Producto:
 - Banano en rodajas de 10 mm de espesor por 32-35 mm de diámetro con 20-21 grados Brix.
 - Banano entero
 - Banano con paletas
 - Banano mitades
- Temperatura de entrada de producto entre 20°C y 22°C
- Temperatura de salida del producto -18°C
- Sistema de descongelamiento con gas caliente
- Refrigerante: Amoníaco R717 – NH₃
- Temperatura de Evaporación: -40°C
- Tasa de Recirculación 4:1

El fabricante propone utilizar el siguiente equipo, **Ver Apéndice D**

MAYEKAWA IQF Spiral Freezer

Modelo: MSP-600K-23-113

El requerimiento de refrigeración de este nuevo túnel es de 183 KW, y ratio de circulación de refrigerante de 4. Primero se va revisar la capacidad de la estación de bombeo y luego la capacidad de los compresores de amoníaco.

Estación de bombeo

Se conoce que la estación de bombeo está conformada por los equipos descritos en la Tabla 21:

TABLA 21

DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS EN ESTACIÓN DE BOMBEO IQF

Equipo	Capacidad	Cantidad
Tanque de baja	4 m3	1
Bombas Teikoku	21 GPM	3
Tanque de aceite	0.091 m3	1

FUENTE: Datos de Placa de Bombas Centrífugas Teikoku. Elaborado por Autores

La Figura 4.2 muestra un diagrama de las tuberías y accesorios conectados al sistema de bombeo de los Túneles IQF. Ver **Apéndice E**

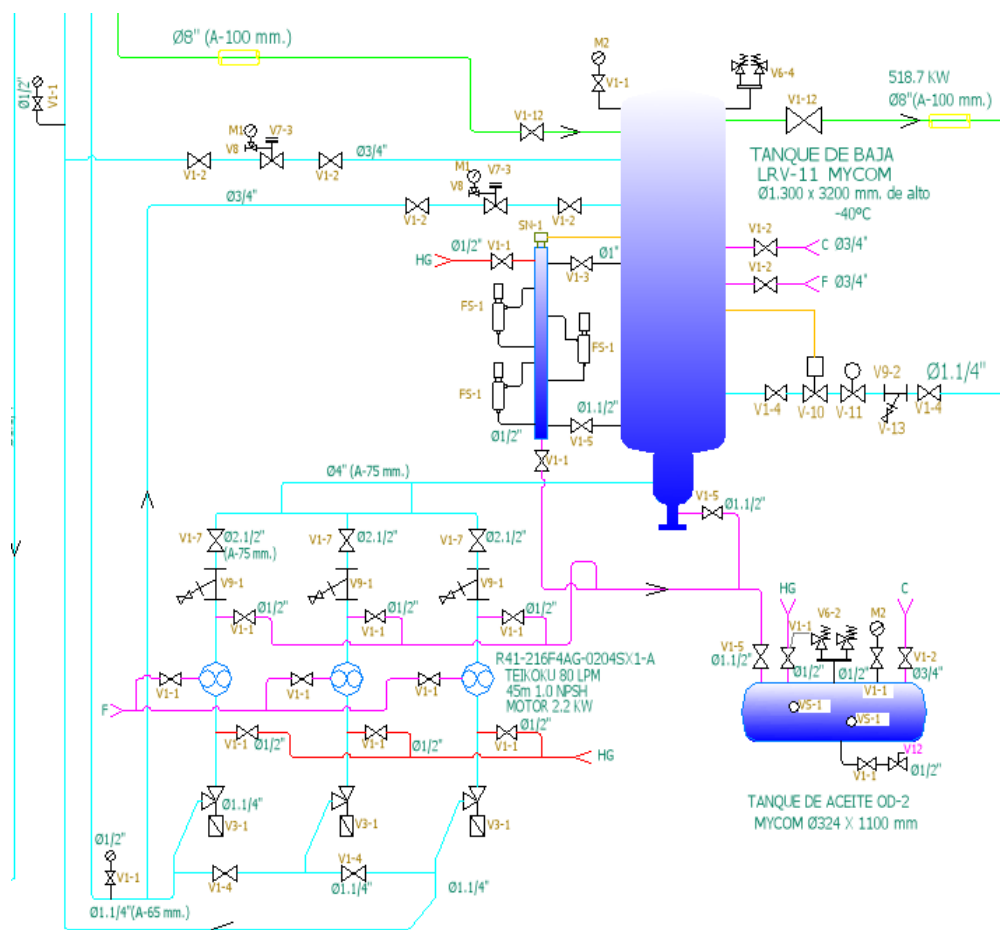


FIGURA 4.2. ESTACIÓN DE BOMBEO DE LOS TÚNELES IQF.

FUENTE: Base de Datos de Planos de la empresa Agroindustrial. Sistema de Amoniaco

La figura 4.3 muestra la relación entre la temperatura de evaporación y la tasa de evaporación por unidad de tiempo. En

nuestro caso, la temperatura de evaporación es de -40 C por lo que el refrigerante se evapora a un ratio de 0.0582 gpm por cada tonelada de refrigeración.

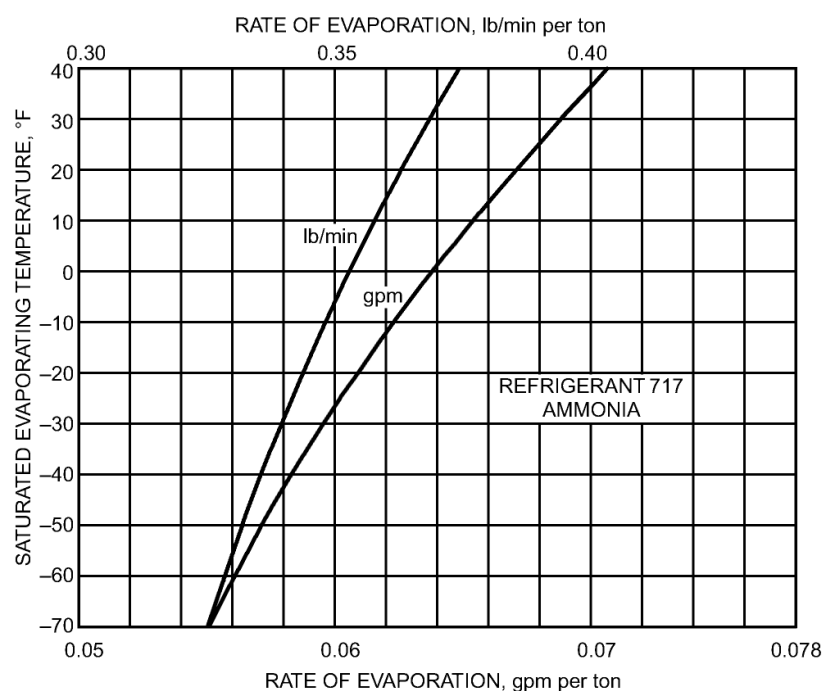


FIGURA 4.3. RELACIÓN ENTRE LA TASA DE EVAPORACIÓN Y TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN,

FUENTE: 2002 ASHRAE REFRIGERANT HANDBOOK

Capacidad del túnel = 183 KW = 52.04 TR

Te = -40 C

Q = 0.0582 gpm/TR @-40C ec. 1

Q = 0.0582 gpm/TR x 52.04 TR

$$Q = 3.02873 \text{ gpm}$$

De los requerimientos del túnel, se necesita un ratio de recirculación de 4 veces.

Entonces

$$Q = 3.02873 \text{ gpm} \times 4 \quad \text{ec. 2}$$

$$Q = 12.11492 \text{ gpm}$$

Este caudal requerido está dentro del rango de operación de la bomba actualmente instalada que tiene capacidad de 21 gpm.

Compresores de NH3

Para el sistema de congelamiento instantáneo se tienen 3 compresores de tornillo, de los cuales 2 trabajan en serie a doble etapa, ver Figura 4.4 y el otro en paralelo o una etapa, ver Figura 4.5.

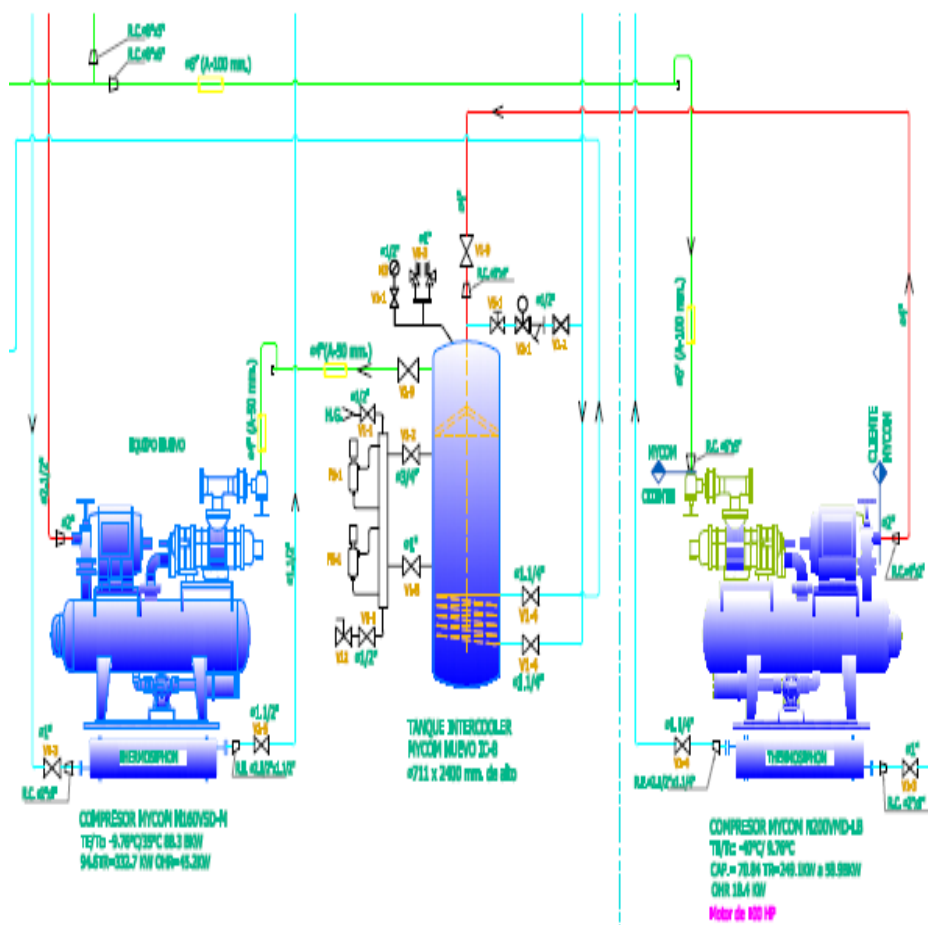


FIGURA 4.4. DIAGRAMA DE COMPRESORES A DOBLE ETAPA.

FUENTE: Base de Datos de Planos de la empresa Agroindustrial. Sistema de Amoniaco

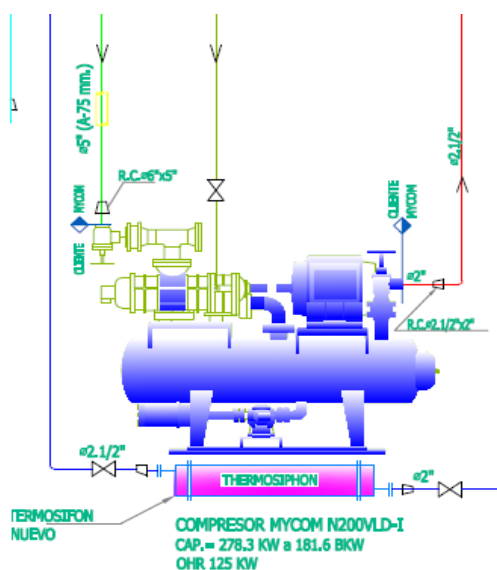


FIGURA 4.5. DIAGRAMA DE COMPRESOR A SIMPLE ETAPA.

FUENTE: Base de Datos de Planos de la empresa Agroindustrial. Sistema de Amoniaco

En la Tabla 22, se observa la capacidad instalada en los compresores del sistema de refrigeración que abastecen a los Túneles IQF

TABLA 22
CAPACIDAD FRIGORÍFICA DE LOS COMPRESORES DE
TORNILLO DE LOS TÚNELES IQF

Equipos	Capacidad de diseño	Carga total en túneles	Porcentaje de reserva
Compresores de tornillo	527.7 KW	429 KW	23%

FUENTE: Datos de Placa de Compresores de Tornillo Mycom Serie V.

Elaborado por Autores

Por lo tanto, los equipos existentes están en capacidad de abastecer los nuevos requerimientos.

4.3. Rediseño de Tuberías y Válvulas

En esta parte, se va a evaluar las tuberías y válvulas actualmente instaladas para determinar si están en capacidad de cubrir la nueva carga térmica por el aumento de capacidad de producción.

4.3.1. Sistema de Enfriamiento de Cámaras de Fruta Fresca

Las cámaras de fruta fresca y maduración pueden ser utilizadas para estas dos aplicaciones dependiendo de la demanda de producción.

Se analizarán los sistemas de tuberías para el caso más crítico, es decir, cuando las cámaras trabajan como cámaras de fruta fresca cargadas en su totalidad y se utiliza el 100% de la capacidad del chiller.

Del **Apéndice F** de capacidades en KW por diámetro de tuberías se tiene lo siguiente:

TABLA 23
CAPACIDAD FRIGORÍFICA EN FUNCIÓN DE LOS DIÁMETROS DE
TUBERÍAS

Línea de NH3	Diámetro	Capacidad Nominal	Capacidad Chiller
Líquido Chiller #3	3/4"	250.2 KW	140 KW
Succión Chiller #3	2 1/2"	248.6 KW	140 KW
Líquido Chiller #5	3/4"	250.2 KW	96 KW
Succión Chiller #5	2 1/2"	248.6 KW	96 KW

FUENTE: Tomado del 2002 ASHRAE Refrigeration Handbook. Table 1, 2 y 3

Capacities in KW for Ammonia. Sección 3.9

Considerando las capacidades nominales descritas en la Tabla 23, se determina que las líneas están correctamente dimensionadas para la carga.

A continuación, se considera las válvulas a utilizar para el refrigerante dependiendo de la capacidad, uso y caídas de presión a través de la válvula. **Ver apéndice G**

TABLA 24
CAPACIDAD FRIGORÍFICA DE LAS VÁLVULAS

Línea de NH3	Modelo	Diámetro	Capacidad Nominal	Capacidad Chiller
Líquido Chiller #3	Solenoides HS4A	¾" (20 mm)	601 KW	140 KW
Líquido Chiller #3	Expansión RS	¾" (20 mm)	753 KW	140 KW
Succión Chiller #3	Reguladora HA4A	2 ½" (65 mm)	500 KW	140 KW
Líquido Chiller #5	Solenoides HS4	¾" (20 mm)	601 KW	96 KW
Líquido Chiller #5	Expansión RS	¾" (20 mm)	753 KW	96 KW
Succión Chiller #5	Reguladora HA4A	2 ½" (65 mm)	500 KW	96 KW

FUENTE: Tomado del Refrigerant Valve Capacity Tables for Ammonia. Hansen Technologies Corporation. Págs. 40, 41, 43.

Para esta selección de válvulas se ha considerado lo siguiente:

- Las mínimas caídas de presión de las válvulas reguladoras y solenoides, esto indica la pérdida de temperatura de evaporación en el equipo que representa costo energético.
- La válvula de expansión seleccionada considera el 50% de la capacidad requerida en el equipo, esto significa que si la

capacidad del chiller es de 140 Kw, la válvula se dimensiona para valores de 280 Kw, considerando el número de vueltas de apertura de la válvula. Para el caso del Chiller #3, la expansión estaría abierta 4 vueltas y para el Chiller #5, 3 vueltas. Se debe mantener la distancia mínima entre el solenoide y la expansión para evitar los golpes de ariete al momento de activarse el solenoide adyacente y conservar las velocidades máximas permisibles en líquido enfriado. Esta válvula de expansión permite disminuir la presión del líquido de alta al momento de ingresar al tanque pulmón del chiller.

- Para el caso de los chillers, es necesario considerar un diferencial de temperatura de 15°C entre el ambiente en la cámara de maduración requerido y la temperatura de evaporación del amoníaco, por lo que es necesario la instalación de una válvula reguladora de presión para mantener la presión constante en el equipo sin afectar al desempeño de los compresores reciprocantes. **Ver**

Apéndice H

4.3.2. Sistema de Congelamiento Instantáneo IQF.

En este sistema se va a revisar las tuberías de entrada de líquido y succión del nuevo túnel de congelación en espiral, utilizando el **Apéndice F**, se obtiene lo siguiente:

TABLA 25
CAPACIDAD FRIGORÍFICA DE TUBERÍAS PARA TÚNEL
IQF.

Línea	Diámetro	Capacidad Nominal	Capacidad Túnel Nuevo
Líquido @ ofr 4:1	32 mm	387 KW	183 KW
Succión @ -40C	150 mm	608.7 KW	183 KW

FUENTE: Tomado del 2002 ASHRAE Refrigeration Handbook. Table 1, 2 y 3
Capacities in KW for Ammonia. Sección 3.9

De la Tabla 25, se puede asegurar que las líneas de líquido y succión están en capacidad de cubrir la nueva demanda.

A continuación, se considera las válvulas a utilizar en las líneas del evaporador del túnel nuevo seleccionado. **Ver apéndice G**

TABLA 26
CAPACIDAD FRIGORÍFICA EN FUNCIÓN DE LOS DIÁMETROS DE
VÁLVULAS

Línea de NH3	Modelo	Diámetro	Capacidad Nominal	Capacidad Túnel
Líquido @ ofr 4:1	Solenoides HS7	1.1/4" (32 mm)	455 KW	183 KW
Líquido @ ofr 4:1	Expansión RS	1.1/4" (32 mm)	278 KW	183 KW
Succión @ - 40°C	Reguladora HA4AB	4" (100 mm)	288 KW	183 KW

FUENTE: Tomado del Refrigerant Valve Capacity Tables for Ammonia. Hansen Technologies Corporation. Págs. 40, 41, 43.

Para esta selección de válvulas se ha considerado lo siguiente:

- Las mínimas caídas de presión de las válvulas reguladoras y solenoides, esto se indica la pérdida de temperatura de evaporación en el equipo que representa costo energético.
- La válvula de expansión seleccionada considera la tasa de circulación del refrigerante y la temperatura de líquido bombeado al evaporador. Para el caso del túnel seleccionado el número de vueltas de apertura de la válvula debe ser de 6. Esta válvula de expansión permite disminuir la presión de bombeo del líquido desde el Tanque de Baja,

que representa aumento de temperatura en la evaporación del equipo nuevo.

- Para el caso de la línea de succión, se consideró una válvula reguladora para mantener la temperatura de evaporación requerida de -40°C , esta válvula también sirve para realizar el deshielo por gas caliente del evaporador al poder ser regulable en dos presiones distintas de trabajo.

Ver Apéndice H

4.4. Diagrama de Nuevo Sistema de Refrigeración

En este trabajo se va presentar el Diagrama del sistema de refrigeración de la planta incluyendo los equipos nuevos con sus respectivas conexiones de NH_3 y circuitos de agua glicolada. En este plano se puede observar la descripción de las tuberías y accesorios de las tuberías amoniaco seleccionadas. **Ver Plano 3.**

Adicionalmente, se entregará el Balance de Cargas final de la planta con los equipos nuevos incorporados y las capacidades respectivas del sistema de refrigeración. **Ver Plano 4.**

4.5. Distribución y Montaje

Para el montaje de los equipos, se iniciarán con los trabajos que no influyen en el proceso de producción de la planta. En esta parte se incluirá el Plano de la Distribución Final de equipos de Planta, donde se propone el lugar del montaje de túnel recomendado para el proceso de congelados IQF. **Ver Plano 5.**

Se debe considerar los tiempos estimados de entrega de los equipos seleccionados para el montaje, para coordinar la parada de planta para la instalación final.

En el cronograma de trabajo de la Fig.4.6 se realizan trabajos simultáneos para finalizar con la puesta en marcha y prueba del Túnel IQF.

Los equipos a instalar son:

1 Túnel MAYEKAWA IQF Spiral Freezer

2 Cámaras de Maduración.

2 Enfriadores de Aire Güntner.

1 Intercambiador de Placas Alfa Laval M10BW.

El Túnel IQF a instalar es el IQF Spiral Freezer MAYEKAWA, modelo 600K, 25 pisos, capacidad de 1400 Kg/h, 183 Kw de

refrigeración, operando con refrigerante amoníaco a T. evaporación de -40°C. **Ver Apéndice I.**

Las 2 cámaras de maduración son construidas con paneles de planchas de aluminio electropintadas con relleno de poliuretano de 12 mm de espesor.

Los dos Enfriadores de Aire Güntner, modelo GGHN 050.2H/47-ANL50/8P.M, 40 Kw de refrigeración, refrigerante Agua (R718) con glycol al 20%, temperaturas de ingreso 1°C, salida 4°C. Motores de ½ HP. **Ver Apéndice J.**

1 Intercambiador de Placas Alfa Laval, modelo M10BW-REF, 96 Kw de refrigeración, acero inoxidable A-304, espesor de placas 0.60mm, agua glicolada al 20 %. **Ver Apéndice K.**

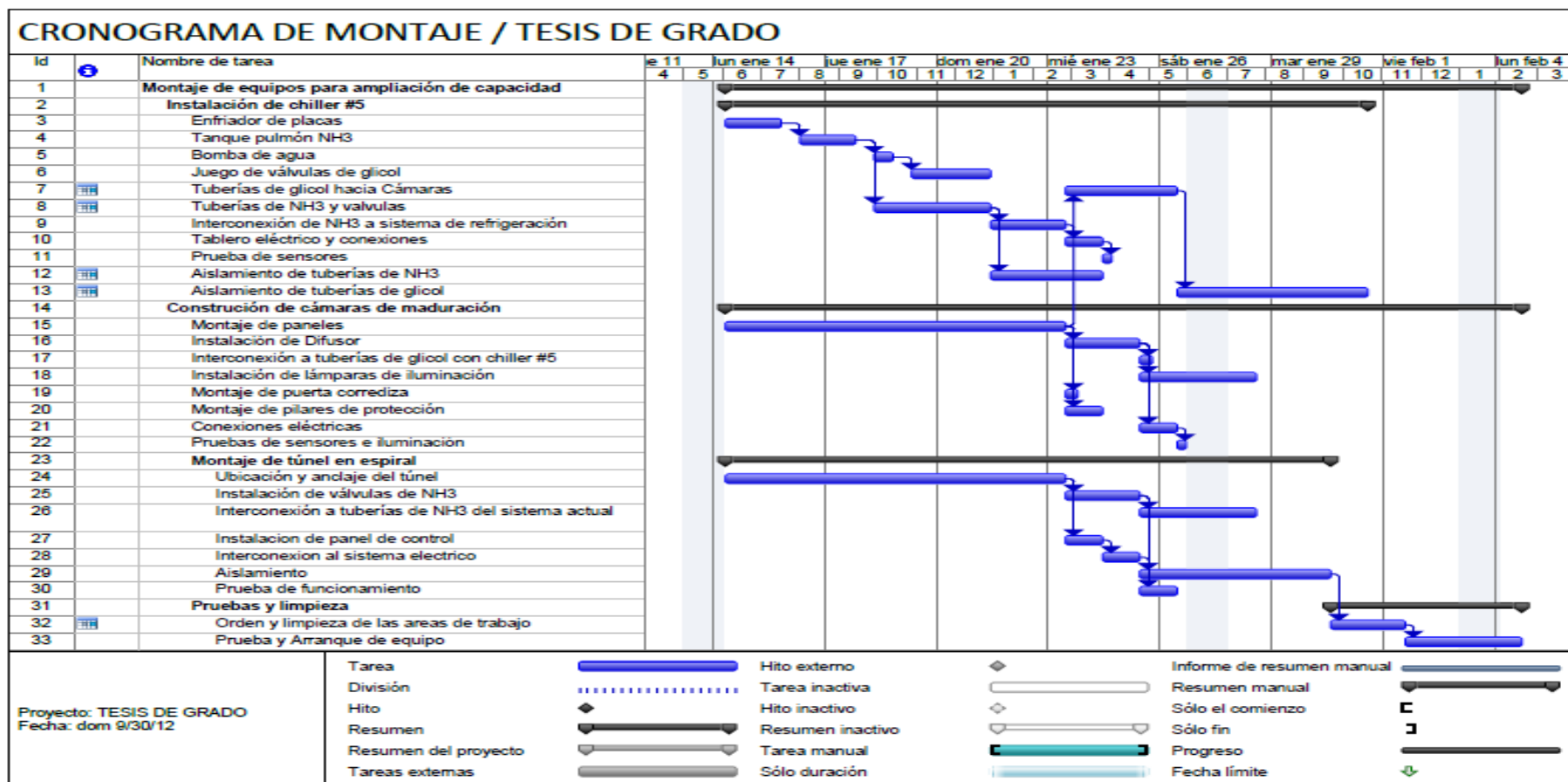


FIGURA 4.6. CRONOGRAMA DE MONTAJE,

FUENTE: Elaborado por Autores.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INVERSIÓN.

En este capítulo se pretende determinar la factibilidad económica y financiera del proyecto, a través de los criterios evaluativos (VAN, TIR, PR). Para esto se deben hacer proyecciones tanto de egresos, como de ingresos que el proyecto supone va a tener, sobre la base de algunas premisas que son:

- Crecimiento de las ventas anuales en toneladas de 20% los próximos 5 años.
- El análisis del flujo del proyecto se lo desarrollará, sin reinversión de utilidades.
- La instalación del nuevo túnel, a más de incrementar la capacidad productiva, significará para la compañía una mejora en el costo de fabricación de los productos que se elaborarán en este y que actualmente se producen en las líneas a reemplazar, ahorro en el

costo que se estima en alrededor de US\$ 52.50 por tonelada producida.

- El margen de contribución considerado para análisis es de US\$ 502 por ton. Que se lo considera adecuado para este tipo de producto.
- El incremento de producción para los próximos 5 años, se exigirá un incremento anual de capital de trabajo por este periodo, que hay que considerar en la matriz del flujo de la inversión. **Ver apéndice O.**
- La vigencia del proyecto para análisis lo ha considerado en 10 años, aunque NIIF acepta hasta 25 años, para depreciar equipos.
- La compañía tiene como política para aceptar una inversión de esta naturaleza, que la tasa mínima de retorno (TIR) sea de 35% y una recuperación de la inversión en no más de 4 años, a más de otros considerandos que tienen que ver con las marcas y prestigio de los equipos que se estén incorporando en los proyectos.
- El proyecto requiere de los equipos listados en la Figura 5.1, todos los otros elementos como bandas de transportación, mesas de trabajo, herramientas, etc., seguirán utilizándose las existentes.

DETALLE DE INVERSIÓN EN \$US.	
	<u>CAPITAL</u>
1 Túnel de congelación en espiral (CIF GYE) ver Apéndice L	\$ 315,172.00
1 Sistema de agua helada para cámaras de maduración ver Apéndice M	
CIF GYE	\$ 61,470.00
2 cámaras de maduración ver Apéndice N	\$ 85,600.00
Gastos nacionalización, traslado a planta y otros	\$ 12,333.21
Instalación y montajes	\$ 92,448.40
Técnico - Supervisión Instalación	\$ 7,620.00
<hr/>	
Total de Inversión	\$ 574,644
Capital de Trabajo AÑO 1 ver Apéndice O	\$ 38,100
Total de Inversión + Capital de Trabajo AÑO 1	\$ 612,744
VALOR TOTAL INDICADO EN LA SOLICITUD	\$ 612,744

FIGURA 5.1. DETALLE DE INVERSIÓN EN EL PROYECTO

FUENTE: Información tomada de las cotizaciones de proveedores Mayekawa y Máfrico. Formato elaborado por Autores.

Una vez determinado el monto total de la inversión y con el incremento proyectado de las ventas anuales se realiza un modelo de flujo de caja y se calcula el VAN, TIR y el período de recuperación de la inversión.

Realizando un análisis económico sin reinversión de utilidades con el incremento de ventas proyectado se obtienen los siguientes resultados.

Ver Apéndice O

- VAN= \$ 1,996,269
- TIR= 44.6%
- PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN= 2.7 AÑOS

Con los resultados obtenidos se puede concluir que es un proyecto viable y rentable.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en este trabajo permiten concluir la viabilidad de nuestra propuesta que permitirá optimizar el uso de los recursos existentes en combinación con lo propuesto de manera que se podrá estar listo para un crecimiento de demanda.
- La metodología utilizada en este proyecto estuvo siempre orientada al uso eficiente de la energía considerando que este es un recurso que cada día es más costoso.
- Proyectos de este tipo permiten elaborar productos de alta calidad que pueden entrar al mercado internacional con lo que se puede generar el ingreso de divisas para beneficio del país.

RECOMENDACIONES

- Los análisis y cálculos realizados a lo largo de este proyecto, se considera que pueden ser utilizados por compañías que se encuentren en líneas similares de negocio como una guía para realizar cálculos de cargas y selección de equipos para procesos similares.
- Para garantizar la factibilidad de un proyecto es importante analizar el comportamiento del mercado, la disponibilidad de materia prima para el proceso y debe hacerse siempre un análisis de las capacidades instaladas para luego determinar los cambios necesarios para cumplir con los nuevos requerimientos.

APÉNDICES

APÉNDICE A

BASE DE DATOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES EN EE.UU. – EXPORTACIONES DE BANANO IQF

FUENTE PIERS : BANANO IQF (SLICES, HALVES, CHUNKS, WHOLE, PEELED)

2005 - 2012 Abril

DETALLE POR MESES

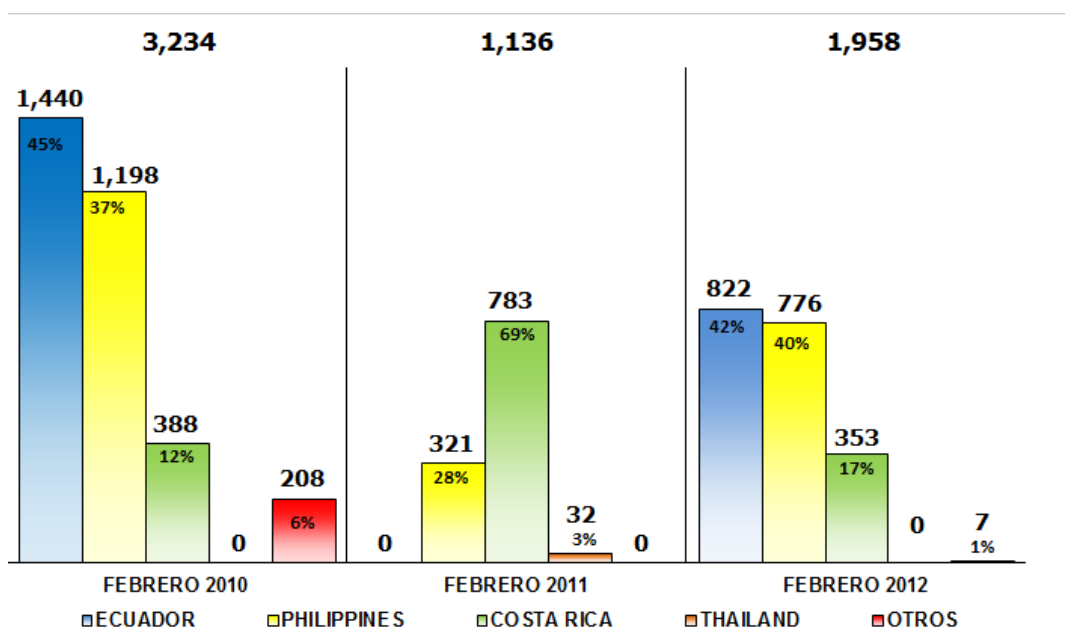
CATEGORIA	BANANA
SUB-CATEGORIA	IQF

KG	AÑO							
MES	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ENERO	56,307	537,375	778,086	532,474	101,774	2,279,977	522,895	931,932
FEBRERO	211,917	418,047	818,367	505,685	300,544	953,996	612,873	1,026,511
MARZO	285,999	313,441	1,042,027	621,819	735,061	1,106,907	841,526	1,782,118
ABRIL	446,329	402,689	1,075,602	921,623	446,184	1,057,303	1,450,372	997,273
MAYO	485,815	364,664	633,668	1,289,501	703,473	1,242,734	1,519,454	
JUNIO	574,823	432,548	1,015,623	1,099,210	667,491	646,376	1,613,035	
JULIO	507,078	744,062	690,716	1,578,936	588,292	1,173,034	1,711,315	
AGOSTO	649,716	515,143	792,853	1,334,849	854,266	1,326,917	1,051,119	
SEPTIEMBRE	824,110	621,536	656,960	1,582,802	855,748	1,419,506	1,888,232	
OCTUBRE	600,607	654,730	733,232	900,179	46,527	1,041,030	932,273	
NOVIEMBRE	405,043	502,035	543,816	669,237	742,188	799,394	901,789	
DICIEMBRE	280,807	215,369	614,015	244,205	790,257	600,486	851,677	
Total general	5,328,552	5,721,639	9,394,966	11,280,519	6,831,804	13,647,660	13,896,560	4,737,834

APÉNDICE A

BASE DE DATOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES EN EE.UU. – ORIGEN DE LAS EXPORTACIONES DE BANANO IQF

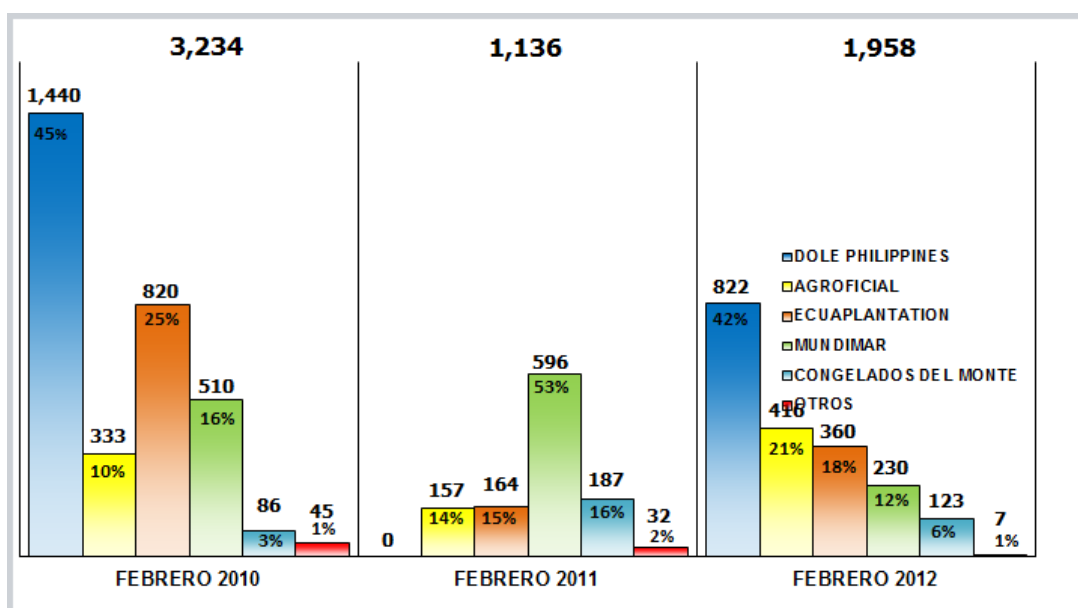
ORIGEN	FEBRERO 2010	FEBRERO 2011	FEBRERO 2012
ECUADOR	1,440	0	822
PHILIPPINES	1,198	321	776
COSTA RICA	388	783	353
THAILAND	0	32	0
OTROS	208	0	7
TOTAL	3,234	1,136	1,958
VERIFICACIÓN	3,234	1,136	1,958



APÉNDICE A

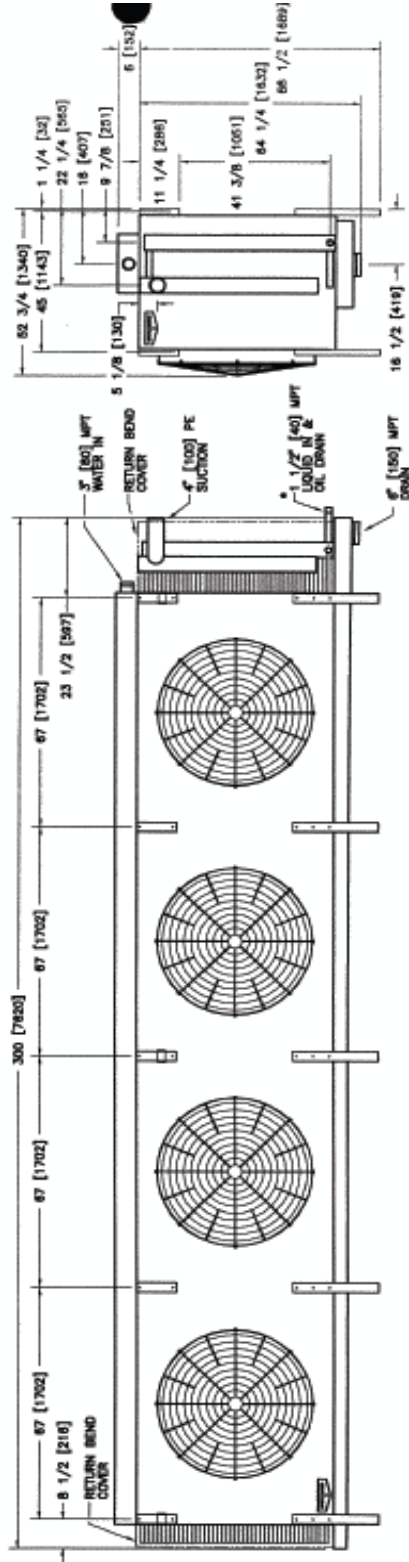
BASE DE DATOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES EN EE.UU. – EXPORTADORES DE BANANO IQF

EXPORTADOR	FEBRERO 2010	FEBRERO 2011	FEBRERO 2012
MUNDIMAR	510	596	230
DOLE PHILIPPINES	1,440	0	822
AGROFICIAL	333	157	416
ECUAPLANTATION	820	164	360
CONGELADOS DEL MONTE	86	187	123
OTROS	45	32	7
TOTAL	3,234	1,136	1,958
VERIFICACIÓN	3,234	1,136	1,958



APÉNDICE B

DATOS TÉCNICOS EVAPORADOR EVAPCO



NOTES:

- 1) ALL HANGER & LEG HOLES ARE 13/16"
- *2) 4.5 PSI LIQUID FEED PRESSURE REQUIRED ABOVE COIL SATURATED SUCTION PRESSURE.

QTY. 2	MODEL NL4-3300-W-500L	CERTIFIED FOR	PROJECT 982931-32	ROOM BLAST FREEZER	DATE 3/98
PERFORMANCE DATA: 621,656 BTUH AT 11.9°F TD -13.1°F ROOM TEMP. -25°F SST R-717 REFRIGERANT BOTTOM FEED -25°F LIQ. FEED TEMP. 4 : 1 RECIRC. RATE 6 PSIG LIQ. FEED PRESS.	FAN DATA: 79,056 CFM @ .5" ESP 813 FPM FACE VELOCITY (4) 5-HP FAN MOTORS 1160 RPM TEAO TYPE 460 / 3 / 60 SERVICE 99 dBA @ 6 FT.	PHYSICAL DATA: EXCLUSIVE PATENTED THERMAL-PAK® FINNED COIL 97.2 SQ. FT. FACE AREA 6 ROWS DEEP 3 FPI 20.36 CU. FT. COIL VOLUME 9,308 LBS. SHIPPING WEIGHT	REFERENCE	REV	DATE 3/16/98 JO
REMARKS: Water Defrost (128 GPM [485 L/min] @ 1 PSIG [7 kPa])					



P.O. Box 1300
Westminster, Maryland 21158 USA
Phone (410)756-2600
Fax (410)756-6450

APÉNDICE B

DATOS TÉCNICOS CONDENSADOR EVAPORATIVO EVAPCO

Power-Mizer Models									
Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base
PMCB-190	818	PMCB-360	1550	PMCB-580	2497	PMCB-885	3810	PMCB-1380	5941
210	904	375	1614	600	2583	960	4133	1410	6070
220	947	390	1679	630	2712	1000	4305	1485	6393
235	1012	415	1787	660	2841	1015	4370	1540	6630
240	1033	435	1873	690	2970	1030	4434	1630	7017
250	1076	455	1959	725	3121	1080	4649	1710	7362
275	1184	480	2066	755	3250	1120	4822	1770	7620
295	1270	510	2196	775	3336	1175	5058		
325	1399	535	2303	815	3509	1260	5424		
350	1507	560	2411	855	3681	1320	5683		

Alternate Power-Mizer Models*									
Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base
PMCB-175	753	PMCB-425	1830	PMCB-585	2518	PMCB-805	3466	PMCB-1060	4563
290	1248	450	1937	645	2777	850	3659	1110	4779
330	1421	475	2045	705	3035	910	3918	1510	6501
335	1442	495	2131	770	3315	950	4090	1550	6673
385	1657	540	2325						

Unit Selections

Selections for all evaporative condensers can be made by using EVAPCO's IES computer selection software. IES provides quick and accurate selections at the click of a button. In addition to selections, the program displays unit drawings, dimensional and shipping information. Please contact your local sales representative or visit the EVAPCO Europe web.

NOTE: For applications requiring layout or fan kW combinations not shown above, please consult the factory or your EVAPCO representative.

* Alternate Power-Mizer models represent selections for alternate plan area or low fan kW applications. Standard models should be used for the lowest first-cost selection.

APÉNDICE C

FUNCIONAMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE PLACAS ALFA LAVAL

English

Description

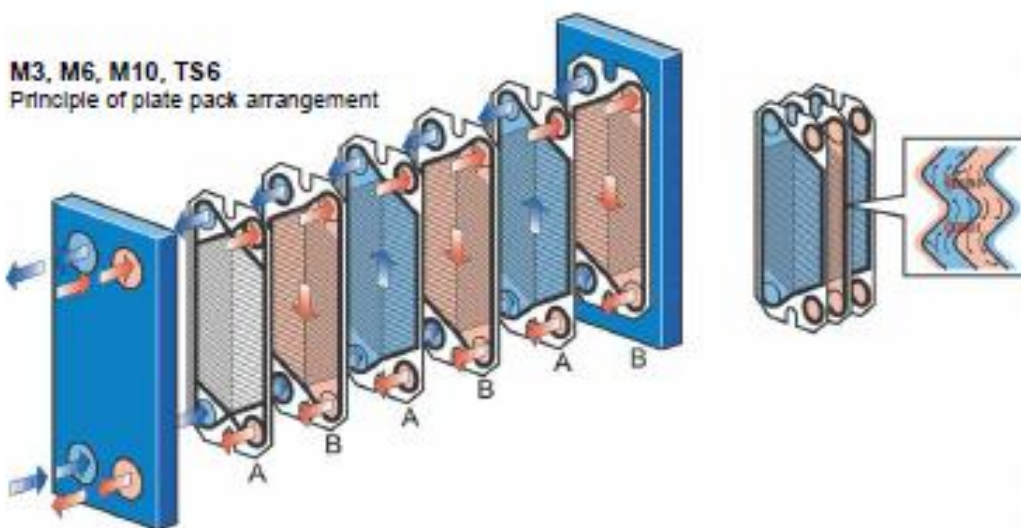


Function

The plate heat exchanger consists of a pack of corrugated metal plates with portholes for the passage of the two fluids between which heat transfer will take place.

tightening bolts. The plates are fitted with a gasket which seals the channel and directs the fluids into alternate channels. The plate corrugation promotes fluid turbulence and supports the plates against differential pressure.

The plate pack is assembled between a frame plate and a pressure plate and compressed by



M3, M6, M10, TS6



The A-plate is a plate hanging with the chevron pointing downwards.



The B-plate is a plate hanging with the chevron pointing upwards.

T2, T5



The A-plate is a plate hanging with the chevron pointing upwards.



The B-plate is a plate hanging with the chevron pointing downwards.

Semi-welded PHE

For certain plate sizes there are semi-welded plates (Cassettes) available. The function of the semi-welded PHE is the same as that of the conventional PHE. Chapters Installation and Operation of this manual are applicable to full extent. Chapter Maintenance is fully applicable when it

comes to the parts Cleaning-In-Place and Pressure test after maintenance and partially applicable for the remaining part. To cover the specific requirements of the semi-welded PHE a separate additional manual has been made.

APÉNDICE D

HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL MAYEKAWA IQF SPIRAL FREEZER



FREEZER PROPOSAL SPECIFICATION SHEET

Date:	30 Aug 12	Freezer Model :	600 K
Proposal / Job No. :	MCV-12-035	No. Of Tier :	25
Customer	Ecuador	Tier Pitch :	113

PRODUCT DATA

Base Product :	Half Banana with stick (Raw and Peeled)				Overall Belt Width :	24 inch	609.6 mm
Other Products :	n/a				Net Usable Belt Width :	21 inch	533.4 mm
Product Capacity :	3080 Lb/hr	1400 Kg/hr			Belt Turn Radius :	1.6	
Product Dimension (inch) :	R	L	W	H	Tier Pitch	4.5 inch	114.3 mm
	-	3.50	1.20	1.20	Total Eff. Belt Length :	818 ft	249.4 m
Product Weight :	0.123 lb	56 g			Total Net Belt Area :	1157 ft ²	107.5 m ²
Retention Time	45 min				Prod. Loading :	Random	
Infeed Temperature :	68.9°F	20°C			Belt Coverage	47%	
Discharge Temperature :	0°F	-18°C					

REFRIGERATION LOAD

Total Load :	52 TR	183 Kw
Refrigerant :	Ammonia pumped	

COIL DATA

Coil Material :	SS Tubes	AL Fins			Fan Type :	Axial	
Coil Tube Diameter :	1 " OD				Model :	48/5-10/23/AL/5WR	
Coil Size (FL x RH x RD) :		11.0 ft	30	12	Power Supply :	460v/3/60Hz	
No. Of Coils :	1				Total No. Of Fans :	2	
Coil Volume :	18 ft ³	501 dm ³			Air Vel. Across Coil :	556 fpm	2.8 m/s
Defrost Water	71 gpm	270 L/min					

FAN DATA

COIL PERFORMANCE

Coil TD :	19.5°F	10.8°C		
Evaporator Temp :	-40°F	-40°C		

APÉNDICE D

HOJA DE ESPECIFICACIONES DEL MAYEKAWA IQF SPIRAL FREEZER



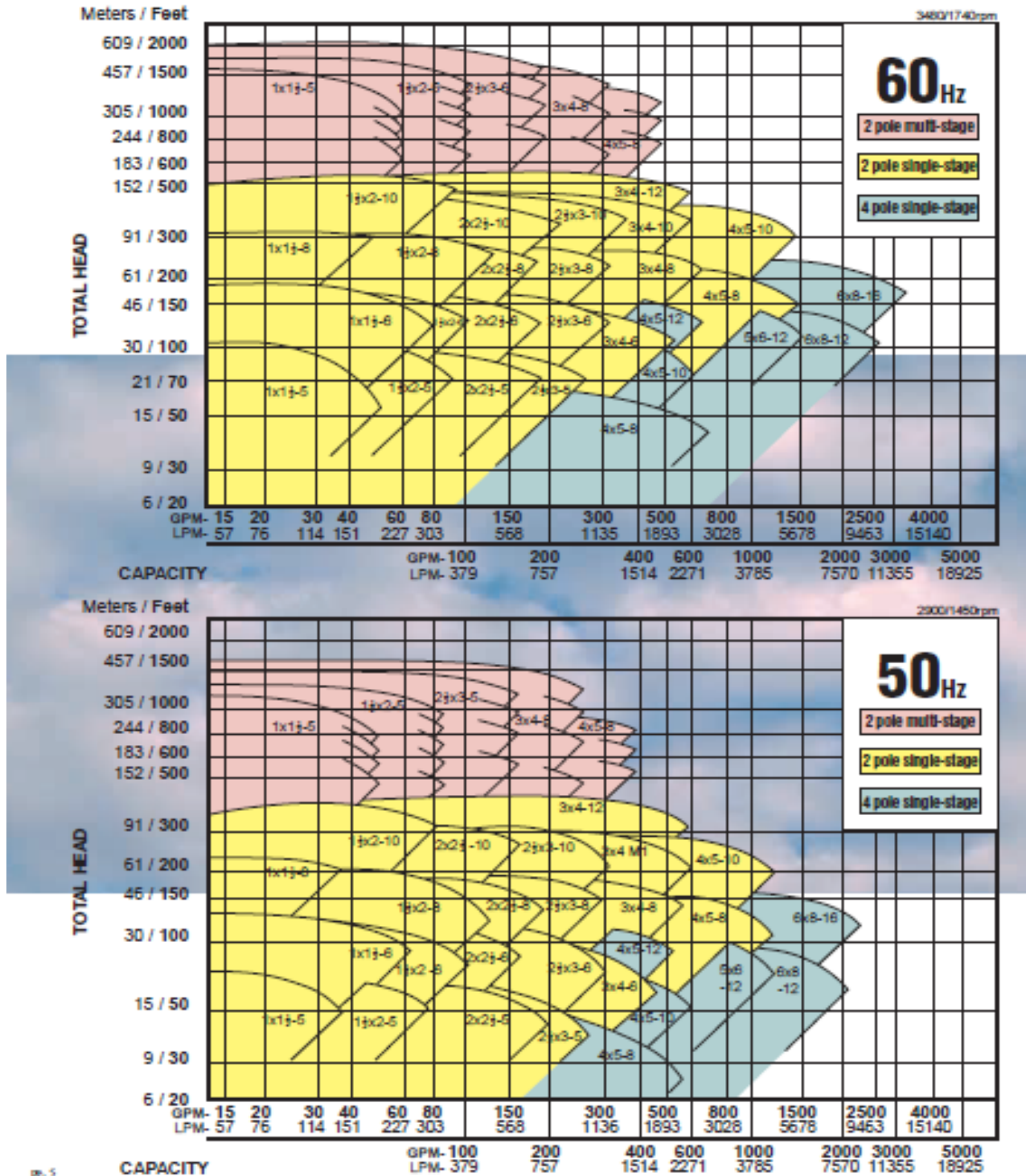
SPIRAL BELT: STAINLESS STEEL vs PLASTIC

Stainless Steel Belt	Acetal Plastic Belt
Heavy weight on mesh belt and flatwire belt. NEG	Relative light weight and save power on driving system. POS
Less expansion & contraction rate due to temperature change. POS	High expansion & contraction rate due to temperature change. NEG
Heavy belt marking on raw flat products freezing NEG	Light belt marking on raw flat products freezing POS
Easy to collect dirt and debris inside mesh loops during operation. NEG	Dirt and debris hard to stay on smooth plastic surface during operation. POS
Black speck can found on belt and products during operation. 200 hours run-in period before actual production is recommended. NEG	No black speck issue. Run-in period is not required. POS
UHMW wear strips on drum and belt supports are required to prevent metal to metal contact. More components to monitor and more cleaning time. NEG	Steel drum surface and bare steel supports for plastic belt. Less maintenance & more hygienic. POS
Time and labour consuming and expensive on belt repair NEG	Fast and less expensive on belt repair, shorter recovery downtime POS
Skill worker knows welding, metal cutting, grinding are required to repair or replace the belt section. NEG	Non-skill worker required to repair or replace the belt section. POS
Steel rods remain bent after high tension belt flip. Replace bad section is required. NEG	Plastic rods do not stay bent even after high tension belt flip. POS
Steel material can detect by metal detector. Any steel particles can reject before packing. POS	Plastic material can not detect by metal detector. Broken piece may packed with products to consumer. (Metal detectable material is available as option). NEG
Excellent fire resistance POS	Belt & rods material sustain live fire. (Fire retardent material available as option). NEG
Belt flip over is recommended by manufacturer after couple years of operation. (1.6 turn radius belt can not flip over) NEG	Belt flip over is not required after years of operation. POS
Cleaning steel particles and grinding dusts is required after belt repair NEG	No fine particles left after belt repair, no hygiene issues. POS
High spare belt stock cost. More difference belt width equipment, more spare stock belt. They are not interchangeable. NEG	Low stock cost. Actually, stock plastic modules and rods only. It fits all difference belt width. POS
long lead time and expensive on small order. NEG	Next day delivery and standard pricing for modules & rods even small order. POS

APÉNDICE E

CURVA DE RENDIMIENTO DE BOMBA PARA AMONIACO

PUMP PERFORMANCE CURVE



APÉNDICE F

TABLAS DE CAPACIDADES FRIGORÍFICAS – ASHRAE 2002

3.8

2002 ASHRAE Refrigeration Handbook (SI)

Table 1 Suction Line Capacities in Kilowatts for Ammonia with Pressure Drops of 0.005 and 0.01 K/m Equivalent

Steel Nominal Line Size, mm	Saturated Suction Temperature, °C					
	-50		-40		-30	
	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 12.1$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 24.2$ Pa/m	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 19.2$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 38.4$ Pa/m	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 29.1$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 58.2$ Pa/m
10	0.19	0.29	0.35	0.51	0.58	0.85
15	0.37	0.55	0.65	0.97	1.09	1.60
20	0.80	1.18	1.41	2.08	2.34	3.41
25	1.55	2.28	2.72	3.97	4.48	6.51
32	3.27	4.80	5.71	8.32	9.36	13.58
40	4.97	7.27	8.64	12.57	14.15	20.49
50	9.74	14.22	16.89	24.50	27.57	39.82
65	15.67	22.83	27.13	39.27	44.17	63.77
80	28.08	40.81	48.36	69.99	78.68	113.30
100	57.95	84.10	99.50	143.84	161.77	232.26
125	105.71	153.05	181.16	261.22	293.12	420.83
150	172.28	248.91	294.74	424.51	476.47	683.18
200	356.67	514.55	609.20	874.62	981.85	1402.03
250	649.99	937.58	1107.64	1589.51	1782.31	2545.46
300	1045.27	1504.96	1777.96	2550.49	2859.98	4081.54

Steel Nominal Line Size, mm	Saturated Suction Temperature, °C					
	-20		-5		+5	
	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 42.2$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 84.4$ Pa/m	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 69.2$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 138.3$ Pa/m	$\Delta t = 0.005$ K/m $\Delta p = 92.6$ Pa/m	$\Delta t = 0.01$ K/m $\Delta p = 185.3$ Pa/m
10	0.91	1.33	1.66	2.41	2.37	3.42
15	1.72	2.50	3.11	4.50	4.42	6.37
20	3.66	5.31	6.61	9.53	9.38	13.46
25	6.98	10.10	12.58	18.09	17.79	25.48
32	14.58	21.04	26.17	37.56	36.94	52.86
40	21.99	31.73	39.40	56.39	55.53	79.38
50	42.72	61.51	76.29	109.28	107.61	153.66
65	68.42	98.23	122.06	174.30	171.62	245.00
80	121.52	174.28	216.15	308.91	304.12	433.79
100	249.45	356.87	442.76	631.24	621.94	885.81
125	452.08	646.25	800.19	1139.74	1124.47	1598.31
150	733.59	1046.77	1296.07	1846.63	1819.59	2590.21
200	1506.11	2149.60	2662.02	3784.58	3735.65	5303.12
250	2731.90	3895.57	4818.22	6851.91	6759.98	9589.56
300	4378.87	6237.23	7714.93	10973.55	10810.65	15360.20

Note: Capacities are in kilowatts of refrigeration resulting in a line friction loss per unit equivalent pipe length (Δp in Pa/m), with corresponding change in saturation temperature per unit length (Δt in K/m).

Pipe Joints

Joints between lengths of pipe or between pipe and fittings can be threaded if the pipe size is 32 mm or smaller. Pipe 40 mm or larger should be welded. An all-welded piping system is superior.

Threaded Joints. Many sealants and compounds are available for sealing threaded joints. The manufacturer's instructions cover compatibility and application method. Do not use excessive amounts or apply on female threads because any excess can contaminate the system.

Welded Joints. Pipe should be cut and beveled before welding. Use pipe alignment guides to align the pipe and provide a proper gap between pipe ends so that a full penetration weld is obtained. The weld should be made by a qualified welder, using proper procedures such as the Welding Procedure Specifications, prepared by the National Certified Pipe Welding Bureau (NCPWB).

Gasketed Joints. A compatible fiber gasket should be used with flanges. Before tightening flange bolts to valves, controls, or flange unions, properly align the pipe and bolt holes. When flanges are used to straighten pipe, they put stress on adjacent valves, compressors, and controls, causing the operating mechanism to bind. To prevent leaks, flange bolts are drawn up evenly when connecting the

flanges. Flanges at compressors and other system components must not move or indicate stress when all bolts are loosened.

Union Joints. Steel (21 MPa) ground joint unions are used for gage and pressure control lines with screwed valves and for joints up to 20 mm. When tightening this type of joint, the two pipes must be axially aligned. To be effective, the two parts of the union must match perfectly. Ground joint unions should be avoided if at all possible.

Pipe Location

Piping should be at least 2.3 m above the floor. Locate pipes carefully in relation to other piping and structural members, especially when the lines are to be insulated. The distance between insulated lines should be at least three times the thickness of the insulation for screwed fittings, and four times for flange fittings. The space between the pipe and adjacent surfaces should be three-fourths of these amounts.

Hangers located close to the vertical risers to and from compressors keep the piping weight off the compressor. Pipe hangers should be placed no more than 2.5 to 3 m apart and within 0.6 m of a change in direction of the piping. Hangers should be designed to bear on the outside of insulated lines. Sheet metal sleeves on the lower half of the insulation are usually sufficient. Where piping penetrates a wall,

APÉNDICE F

TABLAS DE CAPACIDADES FRIGORÍFICAS – ASHRAE 2002

System Practices for Ammonia Refrigerant

3.9

Table 2 Suction, Discharge Line, and Liquid Capacities in Kilowatts for Ammonia (Single- or High-Stage Applications)

Steel Nominal Line Size, mm	Suction Lines ($\Delta t = 0.02$ K/m)					Discharge Lines $\Delta t = 0.02$ K/m, $\Delta p = 684.0$ Pa/m			Steel Nominal Line Size, mm	Liquid Lines	
	Saturated Suction Temperature, °C					Saturated Suction Temp., °C				Velocity = 0.5 m/s	$\Delta p = 450.0$
	-40 $\Delta p = 76.9$	-30 $\Delta p = 116.3$	-20 $\Delta p = 168.8$	-5 $\Delta p = 276.6$	+5 $\Delta p = 370.5$	-40	-20	+5			
10	0.8	1.2	1.9	3.5	4.9	8.0	8.3	8.5	10	3.9	63.8
15	1.4	2.3	3.6	6.5	9.1	14.9	15.3	15.7	15	63.2	118.4
20	3.0	4.9	7.7	13.7	19.3	31.4	32.3	33.2	20	110.9	250.2
25	5.8	9.4	14.6	25.9	36.4	59.4	61.0	62.6	25	179.4	473.4
32	12.1	19.6	30.2	53.7	75.4	122.7	126.0	129.4	32	311.0	978.0
40	18.2	29.5	45.5	80.6	113.3	184.4	189.4	194.5	40	423.4	1469.4
50	35.4	57.2	88.1	155.7	218.6	355.2	364.9	374.7	50	697.8	2840.5
65	56.7	91.6	140.6	248.6	348.9	565.9	581.4	597.0	65	994.8	4524.8
80	101.0	162.4	249.0	439.8	616.9	1001.9	1029.3	1056.9	80	1536.3	8008.8
100	206.9	332.6	509.2	897.8	1258.6	2042.2	2098.2	2154.3	—	—	—
125	375.2	601.8	902.6	1622.0	2271.4	3682.1	3783.0	3884.2	—	—	—
150	608.7	975.6	1491.4	2625.4	3672.5	5954.2	6117.4	6281.0	—	—	—
200	1252.3	2003.3	3056.0	5382.5	7530.4	12 195.3	12 529.7	12 864.8	—	—	—
250	2271.0	3625.9	5539.9	9733.7	13619.6	22 028.2	22 632.2	23 237.5	—	—	—
300	3640.5	5813.5	8873.4	15568.9	21787.1	35 239.7	36 206.0	37 174.3	—	—	—

Notes:

1. Table capacities are in kilowatts of refrigeration.

Δp = pressure drop due to line friction, Pa/m

Δt = corresponding change in saturation temperature, K/m

2. Line capacity for other saturation temperatures Δt and equivalent lengths L_e

$$\text{Line capacity} = \text{Table capacity} \left(\frac{\text{Table } L_e}{\text{Actual } L_e} \times \frac{\text{Actual } \Delta t}{\text{Table } \Delta t} \right)^{0.55}$$

3. Saturation temperature Δt for other capacities and equivalent lengths L_e

$$\Delta t = \text{Table } \Delta t \left(\frac{\text{Actual } L_e}{\text{Table } L_e} \right) \left(\frac{\text{Actual capacity}}{\text{Table capacity}} \right)^{1.8}$$

4. Values in the table are based on 30°C condensing temperature. Multiply table capacities by the following factors for other condensing temperatures:

Condensing Temperature, °C	Suction Lines	Discharge Lines
20	1.04	0.86
30	1.00	1.00
40	0.96	1.24
50	0.91	1.43

5. Liquid line capacities are based on -5°C suction.

Table 3 Liquid Ammonia Line Capacities in Kilowatts

Nominal Size, mm	Pumped Liquid Overfeed Ratio			High-Pressure Liquid at 21 kPa ^a	Hot-Gas Defrost ^a	Equalizer High Side ^b	Thermosiphon Lubricant Cooling Lines Gravity Flow ^c		
	3:1	4:1	5:1				Supply	Return	Vent
40	513	387	308	1544	106	791	59	35	60
50	1175	879	703	3573	176	1055	138	88	106
65	1875	1407	1125	5683	324	1759	249	155	187
80	2700	2026	1620	10 150	570	3517	385	255	323
100	4800	3600	2880	—	1154	7034	663	413	586
125	—	—	—	—	2089	—	1041	649	1062
150	—	—	—	—	3411	—	1504	938	1869
200	—	—	—	—	—	—	2600	1622	3400

Source: Wile (1977).

^aHot-gas line sizes are based on 0.34 kPa pressure drop per equivalent metre of pipe at 690 kPa (gage) discharge pressure and 3 times the evaporator refrigeration capacity.

^bLine sizes are based on experience using total system evaporator kilowatts.

^cFrom Frick Co. (1995). Values for line sizes above 100 mm are extrapolated.

a sleeve should be installed; and where the pipe penetrating the wall is insulated, it must be adequately sealed.

Piping to and from compressors and to other components must provide for expansion and contraction. Sufficient flange or union joints should be located in the piping that components can be assembled easily during initial installation and also disassembled for servicing.

Pipe Sizing

Table 1 presents practical suction line sizing data based on 0.005 K and 0.01 K differential pressure drop equivalent per metre

total equivalent length of pipe. For data on equivalent lengths of valves and fittings, refer to Tables 10, 11, and 12 in Chapter 2. Table 2 lists data for sizing suction and discharge lines at 0.02 K differential pressure drop equivalent per metre equivalent length of pipe, and for sizing liquid lines at 0.5 m/s. Charts prepared by Wile (1977) present pressure drops in saturation temperature equivalents. For a complete discussion of the basis of these line sizing charts, see Timm (1991). Table 3 presents line sizing information for pumped liquid lines, high-pressure liquid lines, hot-gas defrost lines, equalizing lines, and thermosiphon lubricant cooling ammonia lines.

APÉNDICE G

TABLAS DE CAPACIDADES FRIGORÍFICAS VÁLVULAS HANSEN / SOLENOIDES A TUNEL IQF Y CHILLER NUEVOS

Solenoid Valves

4 mm to 150 mm Port Size
Type HS6, HS8, HS7, HS4A, HS4W

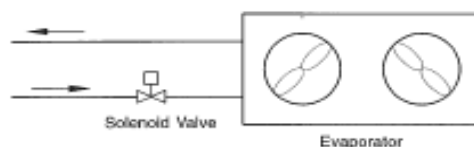
Pumped Liquid Line Valve Capacities (kW Ammonia, 4:1 Recirculation)

Pressure Drop Across Valve (bar)	HS6	HS8	HS7				HS4A							HS4W	
	Port Size														
	4	13	20	25	32	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
0.2	11	81	228	293	455	179	325	455	975	1,333	2,178	2,926	4,682	6,795	11,607
0.3	14	100	279	358	557	219	398	557	1,195	1,633	2,668	3,584	5,734	8,322	14,215
0.4	16	115	322	414	644	253	460	644	1,379	1,885	3,061	4,138	6,621	9,610	16,415
0.5	18	129	360	463	720	283	514	720	1,542	2,108	3,444	4,627	7,402	10,744	18,352
Kv	0.35	2.5	7	9	14	5.5	10	14	30	41	67	90	144	209	357

Notes: Ammonia capacities are based on -10°C liquid temperature and -10°C evaporator temperature. For evaporator temperatures between -40°C and +10°C capacities are within 5%. Based on 4:1 recirculation. For other recirculation rates, divide 4 by the new recirculation rate and multiply values in table to arrive at new capacity.

Ammonia

Metric



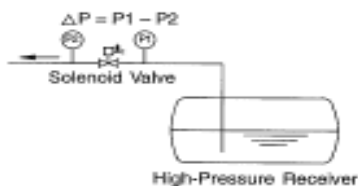
Solenoid Valves

4 mm to 150 mm Port Size
Type HS6, HS7, HS4A, HS4W

High Pressure Liquid Line Valve Capacities (kW Ammonia)

Pressure Drop Across Valve (bar)	HS6	HS8	HS7				HS4A							HS4W	
	Port Size (mm)														
	4	13	20	25	32	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
0.2	38	273	765	983	1,530	601	1,093	1,530	3,278	4,480	7,320	9,833	15,733	22,835	39,006
0.3	47	335	937	1,204	1,873	736	1,338	1,873	4,014	5,486	8,965	12,043	19,269	27,967	47,771
0.4	54	386	1,082	1,391	2,163	850	1,545	2,163	4,635	6,335	10,352	13,906	22,250	32,293	55,161
0.5	60	432	1,209	1,555	2,418	950	1,727	2,418	5,182	7,083	11,574	15,547	24,876	36,105	61,672
Kv	0.35	2.5	7	9	14	5.5	10	14	30	41	67	90	144	209	357

Notes: Ammonia capacities are based on +25°C liquid temperature and -10°C evaporator temperature, and no flashing through the valve.



Metric

APÉNDICE G

TABLAS DE CAPACIDADES FRIGORÍFICAS DE VÁLVULAS – REGULADORAS DE PRESIÓN A TÚNEL IQF Y CHILLER NUEVOS

Pressure Regulators

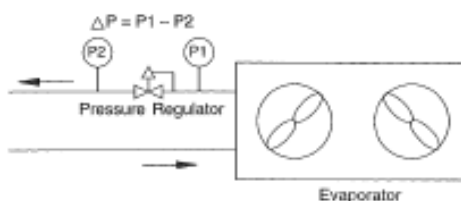
20 mm to 150 mm Port Size
Type HA4A, HA4W

Evap. Temp. °C	Pressure Drop Across Valve (bar)	Suction Line Valve Capacities (kW Ammonia)											
		HA4A										HA4W	
		Port Size (mm)											
10	0.15	12	25	50	91	127	272	372	608	816	1,308	1,895	3,237
	0.20	14	29	57	104	146	313	428	699	939	1,502	2,180	3,724
	0.40	20	40	80	145	203	436	586	974	1,308	2,082	3,037	5,188
	0.60	24	48	96	175	245	526	719	1,174	1,577	2,524	3,683	6,256
	1.00	30	60	121	219	307	658	899	1,469	1,973	3,157	4,582	7,826
5	0.15	11	23	45	82	115	247	338	552	742	1,187	1,723	2,943
	0.20	13	26	52	95	133	284	389	636	859	1,365	1,981	3,283
	0.40	18	36	72	132	184	395	540	882	1,185	1,895	2,751	4,699
	0.60	22	44	87	158	222	475	649	1,000	1,424	2,279	3,307	5,648
	1.00	27	54	108	197	275	590	806	1,318	1,770	2,832	4,110	7,021
0	0.15	10	21	41	75	105	234	326	500	672	1,075	1,561	2,666
	0.20	12	24	47	86	120	257	352	575	772	1,235	1,768	3,062
	0.40	16	33	65	119	166	356	487	786	1,068	1,709	2,480	4,236
	0.60	20	39	78	142	199	426	583	952	1,279	2,048	2,970	5,073
	1.00	24	48	96	175	245	525	718	1,173	1,576	2,522	3,660	6,253
-5	0.15	9.3	19	37	67	94	202	276	451	606	970	1,408	2,406
	0.20	11	21	43	77	108	232	317	518	698	1,113	1,615	2,759
	0.40	15	29	59	106	149	319	436	713	958	1,533	2,234	3,900
	0.60	17	36	70	127	178	380	520	850	1,141	1,826	2,650	4,527
	1.00	21	43	85	155	216	464	634	1,036	1,391	2,228	3,231	5,519
-10	0.15	8.3	17	33	61	85	182	248	405	545	871	1,265	2,161
	0.20	10	19	38	69	97	208	284	454	624	998	1,449	2,475
	0.40	13	26	52	95	133	285	389	636	854	1,366	1,983	3,387
	0.60	15	31	62	112	157	337	460	752	1,011	1,617	2,347	4,009
	1.00	19	37	74	135	189	405	553	904	1,214	1,843	2,620	4,617
Kv		1.38	2.75	5.5	10	14	30	41	67	90	144	209	357

Continued on next page

Suction Line Valve Capacities: Two Stage System (kW Ammonia)													
-30	0.15	6.0	12	24	44	61	131	174	288	388	619	911	1,555
	0.20	6.8	14	27	49	69	148	197	325	439	700	1,030	1,790
	0.40	9	18	35	64	90	182	256	422	569	908	1,337	2,283
-35	0.15	5.2	10	21	38	53	113	151	250	336	537	790	1,360
	0.20	5.8	12	23	42	59	127	170	280	376	603	868	1,517
	0.40	7.4	15	29	54	75	161	214	354	477	761	1,120	1,913
-40	0.15	4.5	8.9	18	32	45	97	130	214	288	460	677	1,157
	0.20	5.0	10	20	36	51	108	144	238	321	513	754	1,289
	0.40	6.0	12	24	44	61	131	174	288	388	619	912	1,557
Kv		1.38	2.75	5.5	10	14	30	41	67	90	144	209	357

Notes: Conditions: Capacities for evaporator temperatures to -25°C are based on the evaporator temperature shown and +30°C liquid. Capacity changes 3% for each 5.6°C increase or decrease in liquid temperature. Capacities for evaporator temperatures between -25°C and -40°C are based on -10°C liquid temperature. (Example: Flooded evaporator). For liquid overfeed evaporator suction between normal 2:1 to 5:1 rate, add 20% to the evaporator load or use the next larger port size to accommodate liquid volume accompanying the suction gas and to reduce impact velocity. For pressure drop across the valve less than 0.15 bar, use HS9B, HCK2, or HCK5 Gas-Powered Check Valves.



APÉNDICE G

TABLAS DE CAPACIDADES FRIGORÍFICAS DE VÁLVULAS – VÁLVULAS DE EXPANSIÓN EN TÚNEL IQF Y CHILLER NUEVOS

Hand Expansion (Regulating) Valves

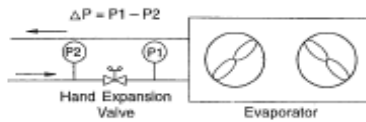
10 mm to 32 mm Port Size
Type RT, VT Threaded

Liquid Overfeed Capacities (kW Ammonia, 4:1 Recirculation)

Size	Pressure Drop (bar)	Turns Open							
		1	2	3	4	5	6	7	7½
10 mm	0.3	3.8	7.5	15	23	30	—	—	—
	0.6	5.3	11	21	32	43	—	—	—
	1.0	6.5	13	26	39	52	—	—	—
	1.5	7.5	15	30	45	60	—	—	—
	2.0	9.2	18	37	55	74	—	—	—
12 mm	0.3	3.8	11	23	34	41	—	—	—
	0.6	5.3	16	32	48	59	—	—	—
	1.0	6.5	20	39	59	72	—	—	—
	1.5	7.5	23	45	68	83	—	—	—
	2.0	9.2	28	55	83	102	—	—	—
20 mm	0.3	3.8	30	56	83	109	—	—	—
	0.6	5.3	43	80	117	154	—	—	—
	1.0	6.5	52	98	143	189	—	—	—
	1.5	7.5	60	113	166	218	—	—	—
	2.0	9.2	74	138	203	268	—	—	—
25 mm	0.3	3.8	11	23	45	83	124	158	169
	0.6	5.3	16	32	64	117	176	223	239
	1.0	6.5	20	39	78	143	215	274	293
	1.5	7.5	23	45	90	166	249	316	339
	2.0	9.2	28	55	111	203	305	388	415
32 mm	0.3	3.8	11	34	75	151	218	263	278
	0.6	5.3	16	48	106	213	309	372	394
	1.0	6.5	20	59	130	261	378	456	482
	1.5	7.5	23	68	151	301	437	527	557
	2.0	9.2	28	83	185	369	535	646	683

Metric
Ammonia

Notes: Capacities are based on -20°C liquid. For other evaporator temperatures these values will change only slightly due to density and latent heat variations. Based on 4:1 recirculation. For other recirculation rates, divide 4 by the new recirculation rate and multiply values shown in table to arrive at new capacity.

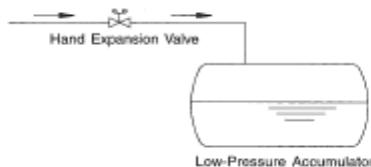


13 mm to 100 mm Port Size
Type RS, VS Socket Weld
Type RW, VW Butt Weld

Liquid Make Up Capacities (kW Ammonia)

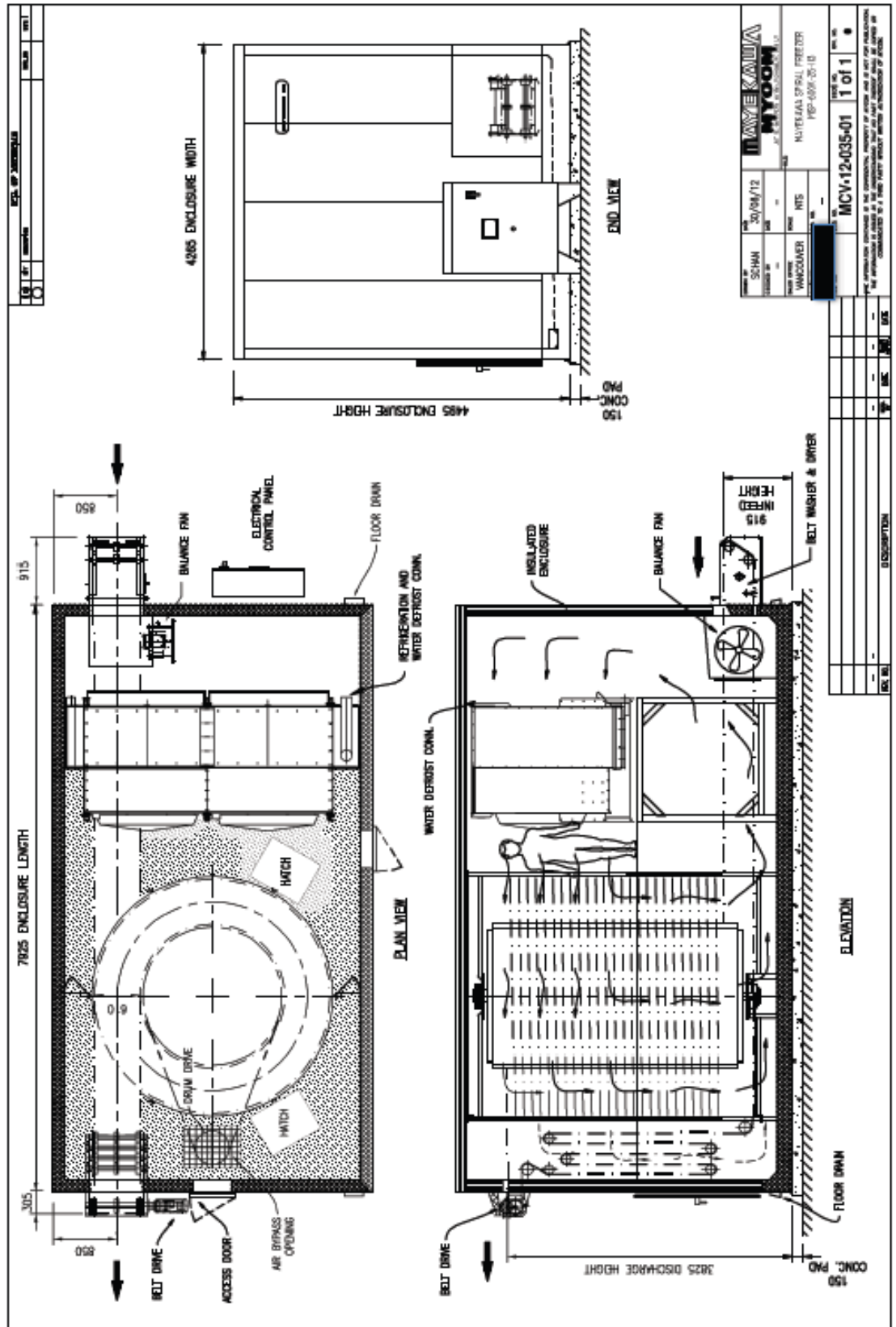
Size	Turns Open							
	1	2	3	4	5	6	7	7½
13 mm	26	52	78	104	156	208	234	286
20 mm	26	52	130	234	364	519	675	753
25 mm	26	78	156	312	571	857	1091	1169
32 mm	26	78	234	519	1039	1506	1816	1922
40 mm	156	390	1169	1816	2597	3606	3896	—
50 mm	312	1039	1948	2857	3766	4675	5713	—
65 mm	1117	2259	3947	5635	7272	9090	11167	—
80 mm	1688	3376	5973	8570	10907	13504	16881	—
100 mm	2597	5194	9060	12965	16861	20776	25970	—

Notes: Based on +25°C condensing temperature and 3.5 bar pressure drop across the valve. Shaded area exceeds 2 m³/sec. Consider larger line size to inlet of valve to minimize 'water hammer' when opening or closing the adjacent solenoid valve. Size hand expansion valve for 80% 'on' time. (i.e. For 400 kW recirculator, select valve based on 2 x 400 = 800 kW.)



APÉNDICE I

DIMENSIONES DEL IQF SPIRAL FREEZER



APÉNDICE J

HOJA DE DATOS TÉCNICOS DE ENFRIADOR DE AIRE GÜNTNER



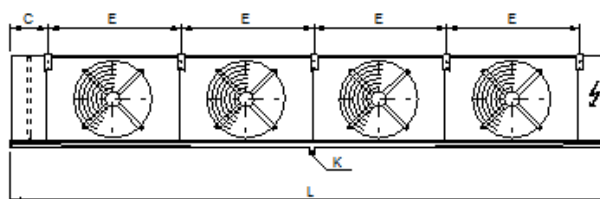
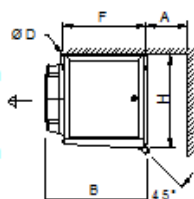
Fecha: 2012-04-26
 Solicitud del:
 Proyecto:
 No. de oferta:
 Posición:
 Responsable:

Enfriador de aire		GGHN 050.2H/47-ANL50/8P.M	
Capacidad:	40.0 kW	Medio:	Agua (R718)
Superficie de reserva:	5.9 %	Entrada:	1.0 °C
Caudal de aire:	26000 m³/h	Salida:	4.0 °C
Velocidad del aire:	2.6 m/s	Pérdida de presión:	0.61 bar
Temp. de aire:	6.0 °C	Caudal:	11.40 m³/h
Humedad rel.:	74 %		
Altura de instalación:	2 m		
Ventiladores:	4 Unidad(es) 3~460V 60HzY/(-)	Diámetro del ventilador:	500 mm
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	61 dB(A)
Revoluciones:	1390 min-1 / (-)	a una distancia de:	3.0 m
Capacidad:	0.80 kW, 1/2 hp mecánico		
Corriente:	1.25 A	Tiro de aire:	aprox. 23 m ⁽¹⁾

Caja:	AlMg3, Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Cobre ⁽²⁾
Superf. de intercambio:	316.6 m²	Aletas:	Aluminio ⁽²⁾
Volumen de tubos:	86.5 l	Conexiones por cada aparato:	
Paso de aleta:	7.00 mm	Entrada:	2 5/8 in
Peso vacío:	344 kg ⁽³⁾	Salida:	2 5/8 in
Presión de servicio máxima:	16.0 bar		

Dimensiones:

L = 4570 mm
 B = 835 mm
 H = 760 mm
 E = 1000 mm
 F = 700 mm
 C = 290 mm
 A = 550 mm
 ØD = 14 mm
 K =
 G1¼



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

Precio unitario	15285.00 USD
Total (Precio de lista sin IVA, inclusive empaque)	15285.00 USD
Tipo de entrega:	
Condiciones de pago:	
Plazo de entrega:	
Validez de la oferta:	

¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

(1) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 0.5 m/s en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.

(2) Please check if your material selection is suitable for your installation location.

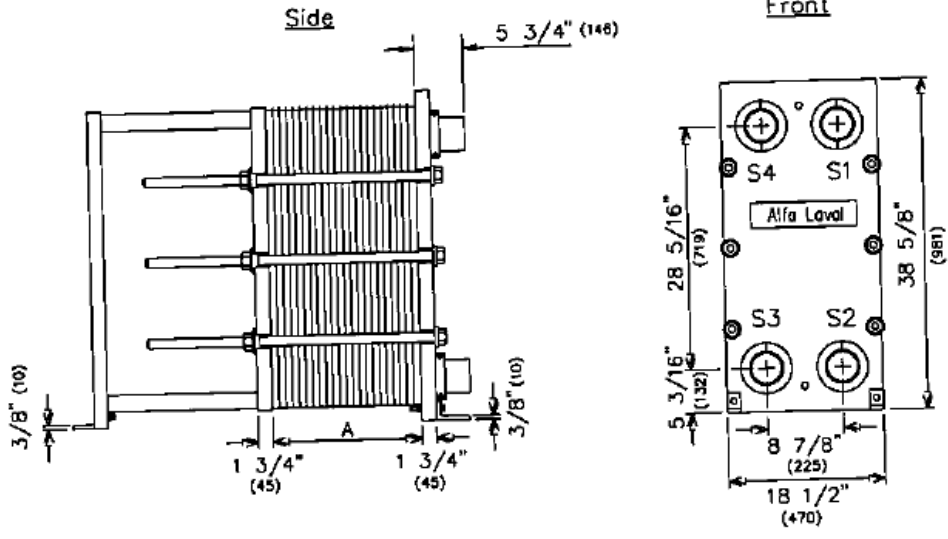
(3) Dimensiones y peso pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos

□

APÉNDICE K

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE INTERCAMBIADOR ALFA LAVAL

Designed, constructed and stamped in accordance with latest 1995 A.S.M.E. code and addendum.



B= 33 1/16" (840) A= See Plate Spec Documentation Dimensions in () are millimeters (mm)

Location	Function	Connections Material	Size	Rating
S1	Water Outlet	Carbon Steel	4"	Pipe End
S2	Water Inlet	Carbon Steel	4"	Pipe End
S3	Ammonia Inlet	Carbon Steel	4"	Pipe End
S4	Ammonia Outlet	Carbon Steel	4"	Pipe End

Notes:

Customer Name : ENVIRONMENTAL COOLING PROC INC
 P.O. Number : 032098-2
 A/L Order# : 700168
 A/L Serial#(s) : 30104-88182

Design Press/Temp.: 150/ PSIG / 175 °F
 Plate/Gasket Mat'l: 316 SS / HT-NITRILE/CR
 Cassettes Act/Max.: 27 / 35 (.6 mm)
 Weight Dry/Flooded: 950 lbs / 1024 lbs
 Length CBar/TBolt.: 650 mm / 550 mm

M10-BWFGR
 Plate Heat Exchanger

Alfa Laval Thermal Inc.
 Manufactured in Richmond, Virginia

Rev B.1: Change connection to CS

by	date	check	date	approval	date
RD	4/98	MG	4/98	MG	4/98

Dwg. No.: 88110-435 Rev.: B.1

APÉNDICE L

COTIZACIÓN DE TÚNEL IQF NUEVO



MAYEKAWA COLOMBIA S.A.S



PRESUPUESTO AP-15831

Página 2 de 11

Equipment Proposed:

Qty (1) of MAYEKAWA in-line IQF Spiral Freezer model MSP-600K-25-113, for freezing 1,400 kg/hr of raw and peeled banana from +20°C inlet temperature to -18°C equilibrated outlet temperature.

Pricing Summary:

MAYEKAWA spiral freezer model MSP-600K-25-113.....	US\$ 315,172.00
Insulated Enclosure of Galv. Sheet w/White Epoxy Paint on Both Sides	Included
Stainless Steel tubes & Aluminum Fins Evaporator	Included
Drum Bottom Chain drive System	Included
PLC Base Control Panel with Color Touch Screen.....	Included
Acetal Plastic Belt	Included
Belt Washer & Dryer	Included

APÉNDICE L

COTIZACIÓN DE TÚNEL IQF NUEVO



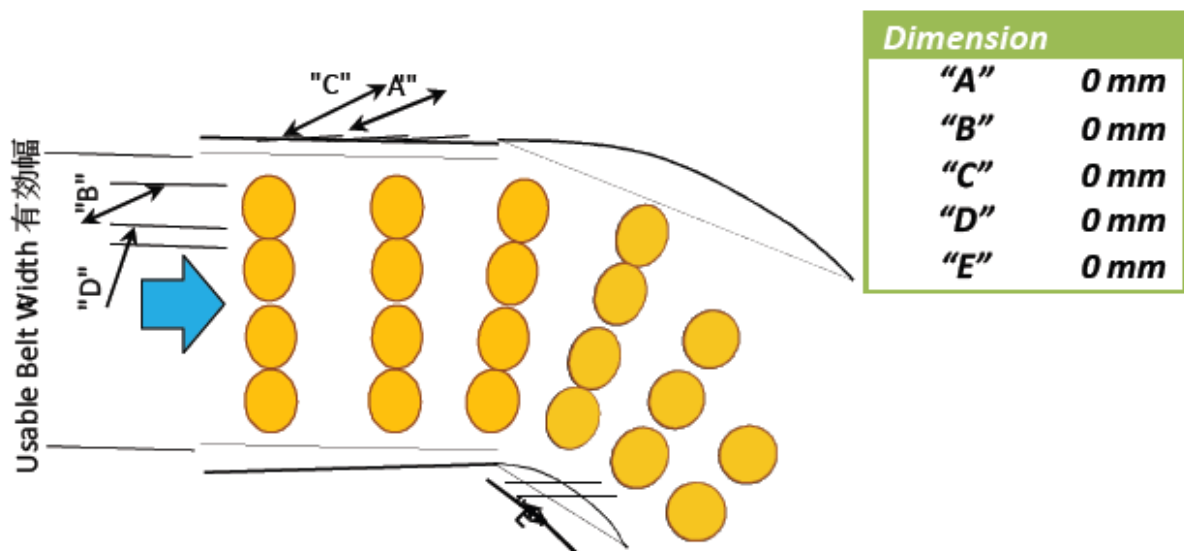
PRESUPUESTO AP-15831

Página 7 de 11

Equipment Specifications

Product Information

<i>Product Capacity</i>	1,400 kg/hr
<i>Base Product</i>	Half Banana (Raw and Peeled) STICK
<i>Other products</i>	N/A
<i>Base Product Weight</i>	56 gram
<i>Base product Size</i>	30mm dia.x 90mm Long
<i>Holding Time</i>	45 mins
<i>Infeed Temperature</i>	+20° C
<i>Outfeed Temperature (equilibrated)</i>	-18° C
<i>Loading Pattern</i>	Random Loading
<i>No. of Abreast</i>	N/A



APÉNDICE M

COTIZACIÓN DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA CÁMARAS DE MADURACIÓN



PRESUPUESTO AP-15750. Página 1 de 5

Bogotá D.C., 10 de agosto de 2012

Gerente de planta
Guayaquil, Ecuador

PRESUPUESTO AP-15750

REF: SISTEMA ENFRIAMIENTO DE GLICOL Y ENFRIADORES PARA MADURACION

Estimado:

En respuesta a su amable solicitud presentamos a su consideración la propuesta de los equipos requeridos para el enfriamiento de frutas en una cámara(s) de maduración, por refrigerante secundario.

PROPUESTA TECNICO ECONOMICA

1. Un (1) enfriador de placas marca **ALFA LAVAL**, modelo M10BW-REF, fabricado con placas en **acero inox A-304** con espesor de 0.6mm. Capacidad de 26 TR para enfriamiento de agua glicolada al 20%. Procedencia: Suecia.



Enfriador de placas THERMOWAVE

TOTAL ITEM 1 EXW Lund, Suecia USD\$ 5,910

APÉNDICE M

COTIZACIÓN DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA CÁMARAS DE MADURACIÓN



PRESUPUESTO AP-15750. Página 2 de 5

2. Una (1) trampa de succión marca **MYCOM**, tipo vertical para operación de enfriador de placas, fabricación en acero al carbón.

TOTAL ITEM 2 EXW, Bogotá, COL USD\$ 5,340

3. Dos (2) enfriadores de aire para cámara de maduración marca **GUNTNER**, modelo GGHN 050.2H/47-ENL50/8P.M, con capacidad de 44 kW cada uno, para mantener aire a 6°C usando agua glicolada al 20%. Ventiladores de 1 HP a 440VAC.



Enfriador tipo axial GUNTNER

Valor Unitario USD\$ 10,410

TOTAL ITEM 3 EXW, Monterrey, México USD\$ 20,820

4. Un (1) lote de válvulas para amoníaco marca **HANSEN** para la normal operación de Un (1) **enfriador de placas**. Incluye válvulas de suministro de líquido, Retorno de succión, control de entrada líquido manual, protección con switch flotadores.

TOTAL ITEM 4 EXW, Commerce, Ga USA USD\$ 3,700

5. Un (1) global lote de válvulas para el lado de agua glicolada. Incluye válvulas de corte para bombas, filtro para cada bomba, cheque para cada bomba, válvulas de corte y regulación de flujo para cada enfriador de aire, switch de flujo electrónico, manómetros y termómetros para el lado de agua.

TOTAL ITEM 5 EXW, Bogotá USD\$ 5,970

6. Un (1) tablero eléctrico tipo autosoportado de control del enfriador, incluye:
 - Un (1) interruptor Totalizador regulable.
 - Dos (2) controladores de temperatura y descongelamiento marca DANFOSS tipo EKC-202C.
 - Dos (2) arrancadores directos de 4HP para los enfriadores de aire.
 - Dos (2) Variadores de velocidad de 7.5 HP uno para cada bomba con guardamotor.

APÉNDICE M

COTIZACIÓN DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA CÁMARAS DE MADURACIÓN



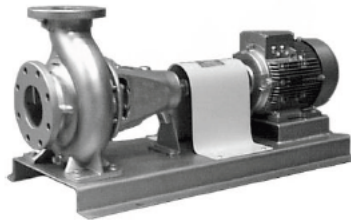
PRESUPUESTO AP-15750. Página 3 de 5

- Selectores, relés y lámparas tipo LED requeridos para la operación.
- Global accesorios de maniobra y señalización requeridos para la normal operación del tablero eléctrico habilitado para operación.
- Una celda tipo cofre fabricada en acero inoxidable, ventilación y lámparas para iluminación del gabinete tipo LED.

Los elementos de protección, mando y señalización son marca **TELEMECANIQUE** según su preferencia.

TOTAL ITEM 6 EXW Bogotá, Col USD\$ 12,690

7. Dos (2) bombas de agua glicolada marca **SIHI**, una en stand-by. Flujo de 20 m³/h. Motor 7,5 HP voltaje 440VAC, 60 Hz, 3 fases. Tipo eje libre a una velocidad de rotación de 1750 rpm.



Bomba SIHI tipo ZLND

Precio Unitario USD\$ 2,380

TOTAL ITEM 7 EXW Bogotá, Col USD\$ 4,760

8. Un (1) tanque en acero inoxidable para Pulmón del sistema de enfriamiento indirecto marca **MAYEKAWA**.

TOTAL ITEM 8 EXW Bogotá, Col USD \$ 2,280

TOTAL EQUIPOS ARRIBA DESCRITOS USD\$ 61,470

APÉNDICE N

COTIZACIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE CÁMARAS DE MADURACIÓN



Señores:
PLANTA AGROINDUSTRIAL
Guayaquil,
099480114

PROFORMA: 543C-07
Fecha: 07-ago-12
Proyecto: Ampliación Planta
Ref: Cámaras de Maduración.

CANT	UNID	DETALLE	TOTAL
2.00	Und	<p><u>Cámaras de Maduración.</u></p> <p>Dimensiones exteriores totales: 12,45 x 12,62 x 6,00mts. Incluye una pared divisoria para formar dos áreas de similares dimensiones. Las cámaras de maduración serán adosadas a las de refrigeración.</p> <p>Paredes y techo.-</p> <p>Paneles de refrigeración con aislamiento de poliuretano inyectado, de 38kg./m3 de densidad, forrados con plancha metálica de acero galvanizado prepintada en blanco con microsurcos y empaque de caucho para una junta hermética. Espesor de los paneles: 100mm. Paredes y techo</p> <p>Piso.-</p> <p>No incluye aislamiento.</p> <p>Puertas.-</p> <p>Puerta corrediza de 2,20 x 3,00mts. de Alto.</p> <p>Instalación.-</p> <p>Materiales por instalación de los paneles como: sellantes, ángulos metálicos, tornillos y poliuretano líquido.</p> <p>Mano de obra y gastos por instalación de los paneles y puertas.</p>	\$ 85,600.00
916.00	mt2		
2.00	Und		
1.00	Und		
SUBTOTAL US\$			\$ 85,600.00
SUMA US\$			\$ 85,600.00
I.V.A 12%			\$ 10,272.00
TOTAL US\$			\$ 95,872.00

DATOS ADICIONALES:

LA OFERTA NO INCLUYE	Transporte de la mercadería, Iluminación, Estructura Metálica para sustentación del tumbado, Obra Civil, Acometidas eléctricas, Acometidas para desagües, Breakers y aparatos de seccionamiento eléctrico, Material no especificado en la presente.
-----------------------------	---

APÉNDICE O
REINVERSIÓN DE PROYECTOS

Capital	\$ 612,744
Gasto	\$ 0

Compañía	AGROINDUSTRIAL			
Nombre del proyecto:				
Incremento de capacidad producción congelado banano IQF				
Descripción general del proyecto:				
** Este nuevo túnel y el túnel 1 trabajarían de manera excluyente				
Planificación egresos de dinero: (Ver formulario Inversión)				
	Año fiscal corriente	Otros años fiscales		TOTAL
		Primero	Subsiguientes	
Capital	\$ 612,744			\$ 612,744
Gasto	\$ 0			\$ 0
Justificación económica				
Incremento estimado en las ventas EN PRIMER AÑO				\$ 336,000
US\$ ahorro antes de impuestos				\$ 183,600
Retorno de la inversión				45%
Años requeridos para recuperar inversión				2.7
Clasificación del proyecto :				
Sin plena justificación de costos:		Con plena justificación de costos :		
		X		
Reemplazo o construcción		Mejoras en el proceso		
Requerimientos del Gob. o Municipio		Reducción de costos		X
Seguridad Industrial		Expansión		X
Otros				
Descripción de los principales beneficios y ahorros :				
Reducción de costos en el proceso de Banano, debido a una optimización en el gasto de energía eléctrica de aproximadamente				
	52.50	\$ / Ton		
Incremento de velocidad en el proceso (Kg/h) de con lo cual se consigue mayor capacidad de producción				
	1,700.00	a	2,400.00	

APÉNDICE O

REINVERSIÓN DE PROYECTOS

:A (sin re-inversión de utilidades)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	0	1	2	3	4	5	6	7
	\$ 574,644	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	\$ 38,100	\$ 38,100	\$ 64,620	\$ 77,544	\$ 93,053	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	\$ 574,644	\$ 38,100	\$ 64,620	\$ 77,544	\$ 93,053	\$ 0	\$ 0	\$ 0
		240	528	874	1,288	1,288	1,288	1,288
	\$ 63,000	\$ 63,000	\$ 63,000	\$ 63,000	\$ 63,000	\$ 63,000	\$ 63,000	\$ 63,000
	\$ 120,600	\$ 265,320	\$ 438,984	\$ 647,381	\$ 647,381	\$ 647,381	\$ 647,381	\$ 647,381
	\$ 183,600	\$ 328,320	\$ 501,984	\$ 710,381	\$ 710,381	\$ 710,381	\$ 710,381	\$ 710,381
	\$ 0	\$ 42,739	\$ 26,458	\$ 10,176	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
	\$ 0	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464
	\$ 0	\$ 83,397	\$ 244,398	\$ 434,344	\$ 652,916	\$ 652,916	\$ 652,916	\$ 652,916
	\$ 0	\$ 23,143	\$ 67,820	\$ 120,530	\$ 181,184	\$ 181,184	\$ 181,184	\$ 181,184
	\$ 0	\$ 60,254	\$ 176,578	\$ 313,813	\$ 471,732	\$ 471,732	\$ 471,732	\$ 471,732
	\$ 0	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464	\$ 57,464
	\$ 0	\$ 117,718	\$ 234,042	\$ 371,278	\$ 529,196	\$ 529,196	\$ 529,196	\$ 529,196
	\$ 574,644	\$ 79,618	\$ 169,422	\$ 293,734	\$ 436,144	\$ 529,196	\$ 529,196	\$ 529,196
	\$ 574,644	\$ 495,025	\$ 325,603	\$ 31,870	\$ 404,274	\$ 933,471	\$ 1,462,667	\$ 1,991,864
	\$ 574,644	\$ 73,721	\$ 145,252	\$ 233,175	\$ 320,579	\$ 360,162	\$ 333,484	\$ 308,781
	\$ 574,644	\$ 500,923	\$ 355,671	\$ 122,496	\$ 198,083	\$ 558,245	\$ 891,729	\$ 1,200,510

VAN	\$ 1,996,269	dólares
TIR	44.6%	%
Recuperación inversión	2.7	años

8%
10
25

BIBLIOGRAFÍA

- [1]Güntner Ag: Software MPC, Disponible en <http://www.guentner.com.mx/know-how/product-calculator-mpc/software-mpc/>.
- [2]ASHRAE, System Practices for Ammonia Refrigerant, *Refrigeration Handbook (SI)*, 2002.
- [3]Octofrost, *Comparación de congelación lenta vs. congelación rápida*, Manual de Octofrost AB IQF Model 4/2 LH, Disponible en <http://www.iqf.se/PDF/Considerations/Cold%20Store%20Freezing%20vs%20IQF.pdf>.
- [4]Frank P. Incropera, *Fundamentos de Transferencia de Calor*, Prentice Hall.
- [5]Hansen Technologies Corporation, “*Refrigeration Valve Capacity tables for Ammonia*”, 1999, Disponible en www.Hantech.com.
- [6]Piers, Exportaciones e Importaciones de IQF Bananas, The Port Import Export Reporting Service (USA), Abril 2012.