



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**PROPUESTA TECNICA PARA LA INSTALACION
DE UNA PLANTA CONGELADORA DE
ZARZAMORA (RUBUS SPP).**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A N :
CASTAÑEDA SEGURA EMMANUEL
OVIEDO HERNANDEZ JACQUELINE

ASESORES:

I.B.Q. JOSE JAME FLORES MINUTI

I.A. ALFREDO ALVAREZ CARDENAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 2005



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional

NOMBRE: Castañeda Segura

Emmanuel

FECHA: 28/10/05

FIRMA: 



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Propuesta técnica para la instalación de una planta
congeladora de zarzamora. (Rubus Spp).

que presenta el pasante: Braisnel Castañeda Segura
con número de cuenta: 9651007-8 para obtener el título de:
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de Abril de 2005

PRESIDENTE IQ. Fernando Maya Servín

VOCAL IBQ. José Jaime Flores Minutti

SECRETARIO Dr. José Luis Arizaga Rosén

PRIMER SUPLENTE IA. Francisco Javier López Martínez

SEGUNDO SUPLENTE MG. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Propuesta técnica para la instalación de una planta
congeladora de zarzamora. (Rubus Spp).

que presenta la pasante: Jacqueline Oviedo Hernández
con número de cuenta: 9656626-4 para obtener el título de:
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 22 de Abril de 2005

PRESIDENTE IQ. Fernando Maya Servín

VOCAL IBQ. José Jaime Flores Minutti

SECRETARIO Dr. José Luis Arjona Román

PRIMER SUPLENTE IA. Francisco Javier López Martínez

SEGUNDO SUPLENTE MC. Ma de la Luz Zambrano Zarcosa

DEDICATORIAS.

A mis padres Cosme y Silvia a quienes todo lo debo y sin su esfuerzo nada de esto sería posible.

A mis abuelos Honorio y Luz por ser los ejemplos de que el trabajo constante y honesto siempre tiene una justa recompensa.

A Jacqueline por demostrar que la verdadera amistad es más fuerte que todas las adversidades.

Y en especial a mi esposa Ángela y a mi hijo Diego, a quienes aún no conocía cuando inicié mis estudios pero desde siempre han sido mi inspiración y aliciente.

Emmanuel Castañeda Segura.

AGRADECIMIENTOS.

A todos aquellos maestros que a lo largo de nuestra vida han compartido el apetito del conocimiento dando lo mejor de cada uno.

- En especial al Ing. Javier Moreno por haber enriquecido este trabajo con su ayuda incondicional.
- A nuestros asesores por habernos ayudado a concluir una meta muy importante.

También agradecemos a Guillermo Vilchis por haber formado parte de esta aventura al realizar el proyecto, pues sin su participación no habiéramos formado el gran equipo CIAMEX.

ÍNDICE:

RESUMEN	V
OBJETIVOS	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. MARCO DE REFERENCIA	3
1.GENERALIDADES DE LA ZARZAMORA	3
1.1. ORIGEN Y DESCRIPCIÓN.	3
1.2. ZONAS DE PRODUCCIÓN.	4
1.3. ESTRUCTURA DEL FRUTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA.	7
1.4. ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS.	9
CAPITULO 2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA TÉCNICA ..	10
2.PROCESO DE TRANSFORMACIÓN	10
2.1. LOCALIZACIÓN.	10
2.2. DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.	11
2.3. PROPUESTA DE TRANSFORMACIÓN.	16
2.4. CONGELACIÓN.	17
2.4.1. <i>Velocidad de congelación.</i>	18
2.4.2. <i>Efectos de la congelación.</i>	18
2.5. MÉTODOS DE CONGELACIÓN.	20
2.5.1. <i>Congelación con aire.</i>	20
2.5.2. <i>Congelación por inmersión en soluciones eutécticas.</i> 23	
2.5.3. <i>Congelación por contacto por placas frías.</i>	23
2.5.4. <i>Congelación Criogénica.</i>	25
2.6. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONGELACIÓN.	27
2.7. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE CONGELACIÓN.	31
2.8. DIAGRAMA DE BLOQUES.	36
2.9. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.	39
2.10. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROCESO.	41
2.11. SELECCIÓN DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS.	47
2.12. DIMENSIONAMIENTO DEL ÁREA DE PROCESO.	52

CAPITULO 3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE FRÍO	57
3.METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	57
3.1. DISEÑO DE ESPACIOS FRIGORÍFICOS.	57
3.2.1 <i>Metodología de cálculo.</i>	61
3.2. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.	67
3.3. DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN DE FRÍO.....	71
3.4. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE FRÍO.	76
3.5. DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS.	94
3.6. ESPESOR DE AISLANTE.	96
 CONCLUSIONES	 100
BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS	104

ÍNDICE DE CUADROS.

CUADRO 1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ZARZAMORA.	8
CUADRO 2: PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TÉRMICAS DE LA ZARZAMORA.	9
CUADRO 3: ZONAS DE PRODUCCIÓN.	14
CUADRO 4: ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AÑO 2005.	15
CUADRO 5: CLASIFICACIÓN DE LAS VELOCIDADES DE CONGELACIÓN.	18
CUADRO 6: DIVISIÓN DE COSTOS PARA LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS CONGELADOS.	33
CUADRO 7: GUÍA PARA SELECCIONAR EL CONGELADOR PARA VARIOS ALIMENTOS.	34
CUADRO 8: INFORMACIÓN GENERAL DE ÁREAS FRÍAS.	58
CUADRO 9: PROPIEDADES DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO.	60
CUADRO 10: ECUACIONES EMPLEADAS PARA EL DESARROLLO DE LAS CARGAS TÉRMICAS.	69
CUADRO 11: DETERMINACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA PARA LA CÁMARA DE PRODUCTO FRESCO (CPF).	70
CUADRO 12: CARGAS TÉRMICAS.	71
CUADRO 13: CLASIFICACIÓN DE APLICACIONES DE FRÍO.	72
CUADRO 14: PROPIEDADES DEL MATERIAL DE AISLAMIENTO (FIBRA DE VIDRIO).	97
CUADRO 15: RESUMEN DE SELECCIÓN DE TUBERÍAS Y ESPESOR DE AISLANTE. .	99

ÍNDICE DE PLANOS.

PLANO 1: Lay Out de Áreas.

PLANO 2: Distribución de Áreas.

PLANO 3: Distribución de Equipos de Proceso.

PLANO 4: Ciclo de Refrigeración.

PLANO 5: Sistema de Producción de Frío.

PLANO 6: Sistema de Producción de Frío (Balance de Materia).

PLANO 7: Tuberías.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad proporcionar los conocimientos previos que se requieren en la elaboración del estudio técnico, que a su vez forma parte de un proyecto productivo, *caso específico la instalación de una planta congeladora de zarzamora.*

Se analizó la información general correspondiente al fruto, la capacidad de los productores, la mejor alternativa de congelación y el método necesario para mantener la calidad del producto; de esta forma se seleccionó el método de congelación rápida individual (IQF). También es conveniente considerar los procedimientos que aseguren el correcto almacenamiento, la adecuada selección del equipo de proceso y producción de frío.

Por lo tanto, se encuentran los resultados de los estudios de ingeniería en alimentos desarrollados con la finalidad de dar solución a la problemática planteada, la cual se concreta en conservar y dar un valor agregado al fruto para posteriormente ser utilizado como base para otras variedades de frutas con propiedades semejantes. Como parte final se presenta en el anexo las etapas de un proyecto productivo, con el propósito de que el lector pueda tener un panorama global de la información necesaria para esta clase de proyectos.

OBJETIVOS**Objetivo General**

Desarrollar la propuesta técnica de la instalación de una planta congeladora de zarzamora a los productores de la Sierra Norte de Puebla.

Objetivos Particulares

1. Determinar la capacidad de producción y diseñar un proceso de transformación que cumpla con los requerimientos establecidos por los productores.
2. Diseñar el sistema de producción de frío que cumpla con la capacidad de producción y almacenaje de la planta.

INTRODUCCIÓN

La situación del campo mexicano es un problema añejo al que no se le ha prestado la debida atención y que ha permanecido estático al emplear métodos y herramientas de producción del siglo XV; esto provoca una insuficiencia de alimentos cuyos precios en el mercado cada vez son más desfavorables con relación a los costos de producción.

En el período comprendido entre los años 1970 -1976 la política agropecuaria se apoyó fuertemente en la intervención del Estado a través del gasto público. Con esto se dio impulso al reparto de tierras, las cuales no eran aptas, en su mayoría, para el desarrollo de las actividades agropecuarias y por lo tanto esta fase del reparto agrario no tuvo impacto positivo en la producción. Actualmente la productividad en estos terrenos es mínima debido a que se continúan realizando cultivos tradicionales; ya que el cambiar a un cultivo alternativo requiere de una inversión que los campesinos no pueden sustentar y es así que frente al dinamismo del sector agroindustrial en el ámbito internacional, la agricultura mexicana luce obsoleta y carece de rumbo. Hoy en día en México no existe un plan de desarrollo Agroindustrial que tenga consideraciones a futuro para nuevos productos.

El presente trabajo se desarrolla a partir del cambio que se realizó de los cultivos tradicionales en una importante región de la Sierra Norte de Puebla, por un cultivo alternativo como la zarzamora (la cual presenta una gran adaptabilidad a las condiciones climáticas y geográficas del lugar). Este fruto tiene una gran aceptación comercial en el extranjero por lo cual se sugiere un nuevo canal de comercialización para el mismo. Ante esto se realizó un proyecto que permitiera a los productores minimizar las mermas del fruto por las

CAPITULO I. MARCO DE REFERENCIA**1. GENERALIDADES DE LA ZARZAMORA.***1.1. Origen y descripción.*

La zarzamora es un fruto perteneciente al grupo de las bayas, las cuales se consideran frutos blandos, su género es *Rubus spp.*, en el que también se agrupan las frambuesas y los híbridos resultantes de la cruce entre zarzamoras y frambuesas. Las plantas están familiarizadas con los rosales y pueden ser erectas o rastreras.²³

Es originaria de Norteamérica y Europa, con variedades nativas tanto de la costa este como de la oeste de los Estados Unidos, creciendo en la mayor parte de su territorio, excepto en las zonas con clima extremo.¹⁹ El sabor asociado al fruto es típico de las formas europeas, mientras que el sabor y aroma más intensos pertenecen a los cultivos de la costa oeste de Norteamérica.



Figura 1: Planta de zarzamora,
Fuente: *Daniel Lapedes, 1977.*



1.2. Zonas de producción.

Existen zonas de gran producción en los estados de Washington y Óregon, donde predominan las formas Europeas. También se produce en Míchigan, Carolina del Norte, Alabama, Oklahoma y Arkansas. En Nueva Zelanda se producen las formas híbridas. Algunos cultivos comunes son: Brison, Rosborough Womack, Cheyenne y Hull Thornless.¹⁹

1.2.1. La situación de la zarzamora en nuestro país.

México es uno de los principales importadores de bayas silvestres procedentes de la unión americana (frambuesa, mora azul, arándano, zarzamora, boysenberry y cerezas congeladas), adquirió en 1999 cerca de 6.22 millones de dólares por este rubro, cabe aclarar que el menor porcentaje de este monto corresponde a la zarzamora, ya que el resto de los productos considerados son de baja producción en nuestro país y por lo tanto son los que se importan en mayor cantidad.²⁰

En el caso de la zarzamora mayoritariamente se exporta fresca y se importa congelada o procesada.

En 1998 las frutas congeladas participaron con 2.7% de las importaciones totales de frutas en los Estados Unidos (3,408 millones de dólares). La tendencia para 1999 fue positiva ya que la participación aumentó a 3.2% alcanzando los 130 millones de dólares. En términos generales, los principales países proveedores de frutas congeladas a Estados Unidos son: Canadá, México, Costa Rica, Tailandia, Chile, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, Honduras y Colombia. México ocupa el primer lugar (50.9 millones de dólares) al desplazar a Canadá, quien ocupa el segundo lugar con casi 35.8 millones en 1999.

El tercer socio comercial de exportación destinada a la unión americana lo ocupa Chile quien participó con 10.2 millones en el mismo periodo, desplazando a Costa Rica.²⁰

Durante los últimos años, nuestro principal destino de las exportaciones de alimentos es Estados Unidos y durante 2003 no fue la excepción, siendo el receptor del 85% de ellas, mientras que Canadá, Guatemala, Alemania, Reino Unido, El Salvador, Japón, Suiza y España, cada uno recibió aproximadamente un 1%. Lo anterior refleja que como resultado de los TLC firmados por México, el principal mercado es el de Norteamérica, seguido por Unión Europea, Japón y Triángulo del Norte (Guatemala, El Salvador y Nicaragua), considerando que a la fecha todavía se encuentra en negociación el TLC con Japón.

México es el principal proveedor de mango y fresa congelados, con una participación del 89.5% y 91% respectivamente para el año de 1999, mientras que Chile y Canadá son los grandes exportadores de las diferentes variedades de las bayas congeladas con un 44.5% y 31.8% para el mismo año. México registró en el mismo lapso exportaciones de 1.15 millones de dólares que representaron el 6.4% del mercado de importación. Como se puede observar en la figura 2, las exportaciones mexicanas de zarzamora a los Estados Unidos se han incrementado notablemente en los últimos años:

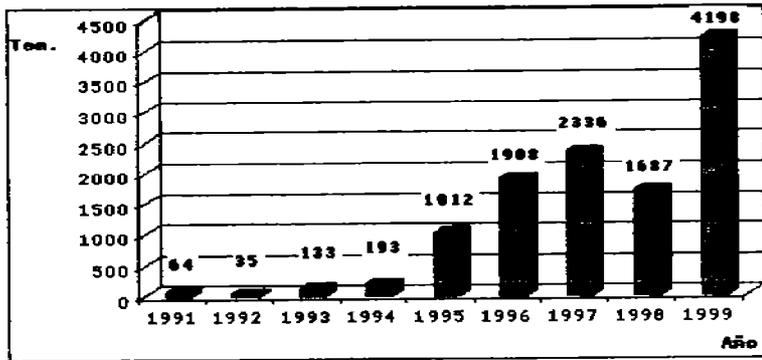


Figura 2: Exportaciones mexicanas de zarzamora hacia los E.U.

Fuente: *Bancomext, 1999.*

Durante 2003 las exportaciones de Alimentos, representaron el 2.44% sobre el total de las exportaciones realizadas por México al Mundo; mientras que del total de importaciones del Mundo a México, el 4.07% fueron de Alimentos y Bebidas. En este mismo año, el 80% de las exportaciones se concentraron en 47 productos. Entre las que sobresalen frutas y hortalizas frescas, congeladas; procesadas, etc.

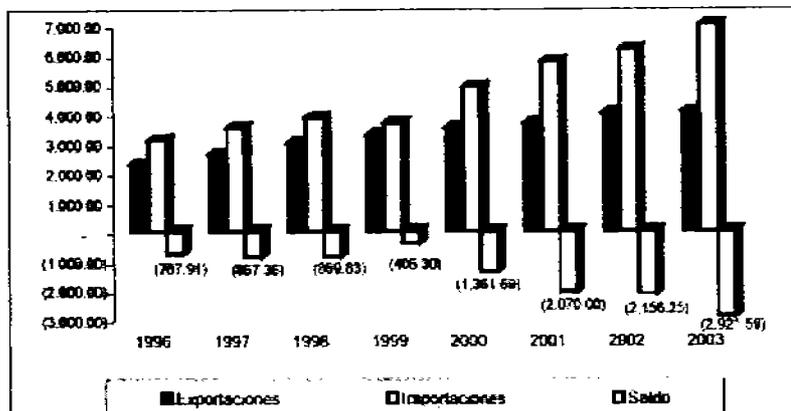


Figura 3: Situación de México en exportaciones e importaciones.

Fuente: *Bancomext, 2005.*

1.3. Estructura del fruto, composición química.

El tamaño del pirano (estructura que contiene un grupo de semillas dentro del fruto) y el relativo desarrollo de los tejidos suaves que lo rodean, determinan dicha proporción de sólidos.

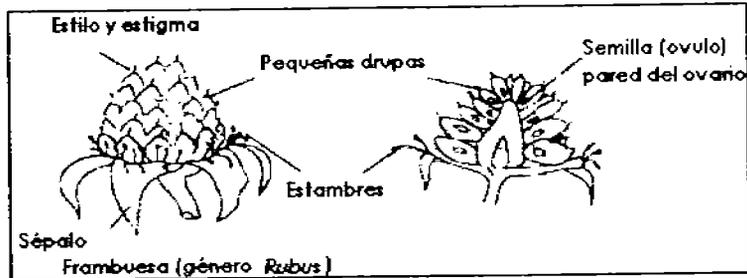


Figura 4: Estructura de una drupa.

Fuente: ARTHUR.D,ASHURST.P, 1996

La zarzamora contiene cerca de 14% de sólidos entre solubles e insolubles. La pectina es uno de los componentes más importantes de la fracción solubles. Las protopectinas constituyen el cemento intercelular y contribuyen a la firmeza y la textura del fruto, pero su contenido disminuye en función del grado de madurez debido a su hidrólisis. Su sabor lo determina el contenido de azúcares, ácidos y compuestos volátiles, todos estos varían según el cultivo y las condiciones de crecimiento.¹⁹ La mayor parte de los azúcares contenidos son reductores, glucosa y fructuosa, con menor proporción de sacarosa. Estos son el principal componente de la fracción sólida del jugo. Los ácidos principales son el málico y el isocítrico, se presentan también algunas trazas de ácido cítrico. Los ácidos presentan una gran capacidad como buffer, que mantiene un pH estable de 3.0. La mayor parte del ácido presente se considera como acidez titulable.²⁵

La zarzamora es, regularmente, una fuente pobre de vitaminas, pero provee de cantidades útiles de ácido ascórbico y de vitamina E.²⁵ También constituye una buena fuente de fibra. Su contenido mineral también es bajo, predominando el potasio y el calcio, de igual forma sucede con la proteína y los polipéptidos. Según se muestra en el cuadro 1.

Otro aspecto importante de este fruto se refiere a sus propiedades fisicoquímicas y térmicas debido al efecto que estos factores tienen para la correcta selección de equipo y diseño de espacios para su adecuado almacenamiento. Algunas de estas propiedades se resumen en el cuadro 2.

Cuadro 1: Composición química de la zarzamora.

Macro componente	%	Micro componente		mg
Humedad	85.6	Minerales	Fósforo	0.23
Proteína	0.72		Sodio	0.03
Grasa	0.39		Calcio	0.63
Carbohidratos	12.76		Potasio	2.08
Fibra	5.30	Colorante	Caroteno	0.10 - 0.59
Cenizas	0.48	Vitaminas	Tiamina	0.03
			Riboflavina	0.34 - 0.038

Fuente: Macrae, R.K Robinson, 1993.

Cuadro 2: Propiedades fisicoquímicas y térmicas de la zarzamora.

Propiedad	Valor
pH	3.10
ρ	0.938 Kg./m ³
C _p arriba de congelación	3.8 kJ/kg.°C
C _p debajo de congelación	1.98 kJ/kg.°C
λ	285 kJ/Kg.
Calor por respiración [†]	3.95 - 5.85 kJ/kg.24h
Punto inicial de congelación	- 0.8°C

Fuente: Air conditioning and refrigeration Institute, 1999.

1.4. Aspectos microbiológicos.

La zarzamora, al igual que el resto de los frutos, posee una microflora cuya presencia es natural o normal, así mismo pueden existir microorganismos que llegan al fruto por contaminación cruzada, es decir, por contacto con el suelo, instrumentos de trabajo, personal y materiales de envase en condiciones inadecuadas de higiene.¹⁸

Debido al bajo pH (3.0) del fruto, las bacterias no pueden desarrollarse óptimamente, por lo que se favorece el crecimiento de hongos y levaduras, el jugo que entra en contacto con el exterior contiene nutrientes suficientes para favorecer dicho desarrollo.¹⁵ Pero los hongos producen podredumbres tan rápido como encuentran vías de acceso al interior de los tejidos del fruto, entre estos microorganismos oportunistas se encuentra el hongo *Botrytis cinerea*.¹

[†] Dato obtenido a 0°C

CAPITULO 2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA TÉCNICA**2. PROCESO DE TRANSFORMACIÓN.***2.1. Localización.*

Un factor importante que debe tomarse en cuenta en las industrias, es la localización y el tamaño de la planta de producción. La primera se encuentra relacionada con la existencia actual de la infraestructura de ingeniería rural indispensable para la operación de la planta (camino, agua, electricidad). Huauchinango, Puebla se localiza entre los paralelos $20^{\circ}10'51''$ de latitud norte y $90^{\circ}02'58''$ longitud oeste del meridiano de Greenwich. Tiene una altitud de 1472 metros sobre el nivel del mar y una superficie de 207 km^2 que representan el 0.61 % del territorio estatal. Está situado en la porción noroccidental del estado (ver figura 5), en la región montañosa de la sierra madre oriental, conocida también como la sierra norte a 201 km de la ciudad de Puebla. Los climas predominantes en la zona son el semicálido húmedo con lluvias gran parte del año.

La humedad relativa que llega en ocasiones al 96% se debe a las constantes neblinas procedentes de la sierra, donde los días nublados varían entre 120 y 160 al año. Las condiciones de humedad, relacionadas con la morfología, hacen que la temperatura sea extremadamente variable, así, durante los meses más lluviosos, de junio a septiembre, se alcanzan temperaturas máximas de 37°C a la sombra. Por otra parte, en los meses de enero y febrero se llegan a registrar temperaturas inferiores a los 10°C , acompañadas de espesas nieblas, acentuadas cuando se presentan tormentas tropicales en el Golfo de México. Se registra una temperatura promedio anual de 15 a 9°C y una precipitación pluvial de 1905 mm (promedio anual durante 60 años observados).



Figura 5: Localización de Huauchinango, Puebla y sus colindantes.
Fuente: INEGI, 2000.

2.2. Determinación de la producción.

La información necesaria para determinar la producción de la planta congeladora, incluye como parámetros principales los siguientes aspectos:

- Entidades productoras; distribución geográfica.
- Vías de comunicación terrestres.
- Número de hectáreas.
- Crecimiento de la producción en un plazo de 5 años a partir de elaboración del proyecto.
- Ciclo de producción.
- Rendimiento de las hectáreas.
- Tamaño del mercado.

En lo que se refiere a las entidades productoras, se muestra un mapa del municipio de Huauchinango (figura 6) con el fin de tener una

visión suficientemente amplia de la dispersión que presentan las zonas de producción con relación al lugar dónde se establecerá la planta congeladora, es decir, con respecto a la cabecera municipal del estado.

Cabe mencionar que, debido a la complicada geografía de la zona, muchas de las vías de comunicación son caminos rurales que representan una dificultad técnica para el transporte de mercancías hacia el centro de acopio o entre ellas mismas. Por esta razón surge la necesidad de programar rutas de recolección con el fin de canalizar la producción desde determinadas zonas de cultivo hasta la planta congeladora. Estas rutas habrán de cubrirse en diferentes días dada la dificultad que implicaría el recolectar el producto de todas las zonas al mismo tiempo.

Los datos que se muestran en el cuadro 3 fueron obtenidos a partir de la información proporcionada por los productores, acerca de sus tierras de cultivo. Cabe señalar que, en muchos casos, las hectáreas presentes en una comunidad no son propiedad de un único dueño, sino el resultado de la suma de terrenos de varios productores que se concentran en dichas zonas, por esto el crecimiento es diferente en cada zona. La razón por la cual se realizó una estimación de crecimiento a 5 años obedece a que es un proyecto a mediano plazo y en función de los datos proporcionados por los productores respecto al crecimiento anual que presentan en el número de hectáreas cosechadas se debe proponer un diseño para la planta de producción capaz de procesar la cosecha que se obtendría durante los siguientes cinco ciclos después de su instalación. De esta forma, se establece una vida útil para la planta, así como la reestructuración y crecimiento futuros. Esto tiene un impacto muy importante como criterio para la selección de equipo de proceso que se verá en el apartado 2.9. Selección de equipo de proceso.

Cuadro 3: Zonas de producción.

Municipio	Comunidades	Hectáreas Establecidas 2000	Crecimiento estimado (5 años) 2005
Huauchinango	Xilocuautila	1	2
	Ahuacatlán	8	12
	Teopancingo	4	6
	Xopanapa	6	9
	Capulines	1	2
	Xolango	2	3
	Oyameles	1	2
Naupan	Tlaxpanaloya	4	6
	Naupan	1	2
Tlaola	Xatxepuxtla	3.5	5
	Huixtla		
Chiconcuautla	Palzoquitla	2.5	4
Xicotepec de Juárez	San Agustín	1	2
	Total	35.00	55.00

Fuente: Bitácora de productores, 2000.

2.2.1 Ciclo de producción.

El tiempo para la cosecha se extiende desde principios del mes de diciembre hasta finales del mes de junio. A lo largo de estos meses la producción tiene un comportamiento tipo campana, iniciando con una baja aportación a la producción, llegando a un punto máximo a la mitad del ciclo y disminuyendo de nuevo durante la parte final del mismo. Por esto, durante los meses de febrero, marzo y abril (correspondientes a la mitad del ciclo) encontramos la mayor parte de la producción total.

Cuadro 4: Estimación de la producción año 2005.

Meses	% Producción	Producción en Kg. (2005)	Producción en Kg./día
noviembre	0.00%	0	0.0
diciembre	3.00%	25,972	865.7
enero	8.30%	71,856	2395.2
febrero	16.00%	138,518	4617.3
marzo	23.00%	199,119	6637.3
abril	26.00%	225,091	7503.0
mayo	16.00%	138,518	4617.3
junio	7.70%	66,662	2222.1
julio	0.00%	0.0	
Total	100.00%	865735	

Fuente: Estadísticas de los productores, 2000.

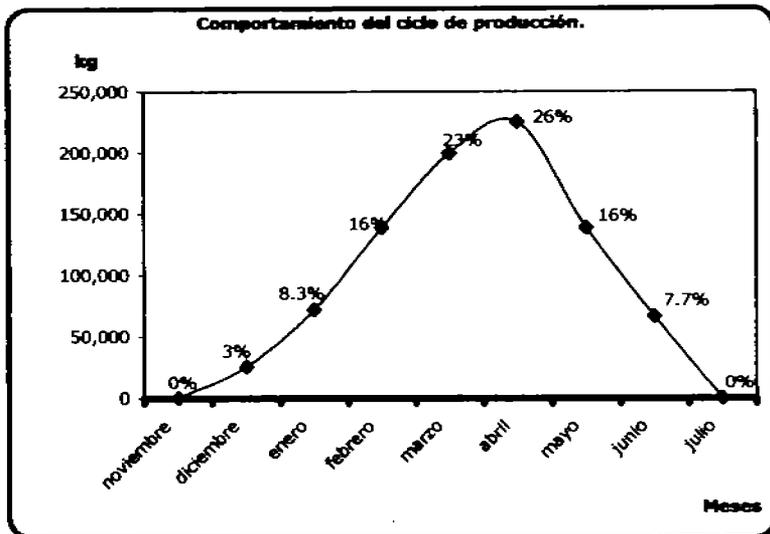


Figura 7: Comportamiento del ciclo de producción
Fuente: Estadísticas de productores, 1999-2000.

Se puede observar que el mes de mayor producción será abril, el cual representa un 26% del ciclo de producción, esto constituye aproximadamente 225,091 Kg. de zarzamora cosechada durante el transcurso del mismo.

A partir de lo anterior se deduce que la planta congeladora estará procesando durante dicho mes 7503 Kg. de zarzamora diariamente más un 10% adicional como propuesta de diseño, que se redondea a la cantidad de 8250 Kg.; dato de suma importancia si consideramos que esta será la máxima cantidad de materia prima que se considerará como parámetro de diseño para la selección de equipos de proceso así como de los espacios de almacenamiento correspondientes.

2.3. Propuesta de transformación.

Para seleccionar adecuadamente la mejor alternativa de transformación del fruto se debe hacer un estudio de mercado (ver el Anexo I), para tener un panorama general de la situación de la zarzamora en su mercado; referente a la estimación de la oferta - demanda actual y futura; los precios y la forma de comercialización.

En México, el consumo de la zarzamora se limita a productos transformados, debido a una producción limitada del fruto que se refleja en precios elevados. Mientras que en otros países se aprecia más su consumo en fresco, particularmente del producto orgánico, en el cual no intervienen agroquímicos, pesticidas ni otros componentes ajenos a su cultivo natural.

México tiene una variedad de frutas que podrían ser congeladas para exportación con mayor valor agregado, aprovechando las oportunidades, la fuerza de venta y las tendencias que estos productos presentan en el mercado de Estados Unidos. Actualmente los productos

congelados ofrecen factores operacionales muy atractivos para los consumidores entre los que se encuentran el precio, la disponibilidad y el tiempo de preparación que requieren.

En la experiencia de los productores se tiene que la presentación más comercial de este producto es congelada, tanto en el mercado nacional como internacional, ya que esta transformación le confiere una vida de anaquel prolongada sin necesidad de agregar sustancias ajenas que alteren las características del producto orgánico, además tienen la versatilidad de poder utilizarse como materia prima en otros procesos. Por las razones antes mencionadas se seleccionó la congelación del producto como forma de conservación, por lo cual el siguiente paso consiste en seleccionar el método más recomendable en función de la información bibliográfica considerando los daños que estos pueden originar en el fruto.

2.4. Congelación.

En la congelación de alimentos y otros materiales biológicos, primero se verifica la eliminación del calor sensible por enfriamiento, para después eliminar el calor latente de congelación. El calor latente de congelación del agua que es de 144 Btu/lb_m, es una porción considerable del total del calor que se elimina durante la congelación.

Casi ningún microorganismo puede desarrollarse a temperaturas inferiores a -10°C, por lo tanto, el usual almacenamiento de los productos congelados a -18°C, impide toda actividad microbiana, paralizando de forma casi completa e irreversible, la actividad metabólica debido a que la velocidad en la mayoría de las reacciones químicas queda notablemente reducida. La transición agua - hielo tiene la ventaja de fijar la estructura del tejido y aislar el agua bajo la forma

de cristales de hielo, agua que por lo tanto no está disponible ni como disolvente, ni como reactivo¹³.

2.4.1. Velocidad de congelación.

El hablar de velocidad de congelación, es referirse a la velocidad de eliminación de calor o de la velocidad de desplazamiento del frente de congelación, o al tiempo necesario para traspasar un intervalo de temperatura determinado.¹³

A continuación se muestra los valores que alcanzan las diferentes velocidades de congelación:

Cuadro 5: Clasificación de las velocidades de congelación

Velocidad de Congelación	Velocidad de descenso de la temperatura del producto
Lenta	< 2°C / min.
Rápida	10 a 100°C / min.
Ultra rápida	1000 a 10000°C / min.

Fuente: CHEFTEL, 1980

2.4.2. *Efectos de la congelación.*

2.4.2.1. *Variación de volumen.*

Cuando el agua se transforma en hielo, su volumen aumenta sobre un 9%, en general, el aumento de volumen es proporcional al contenido en agua del alimento. El mínimo aumento de volumen en frutas enteras se explica por la presencia de gas en las vacuolas; estos gases se comprimen y, en parte se expulsan durante la congelación. En el caso de frutas y hortalizas los cambios de volumen frecuentemente no son

homogéneos, originan desgarres internos, que pueden romper las paredes celulares y por lo tanto son causa de pérdida de líquidos (exudación) durante la descongelación.

2.4.2.2. *Daños a nivel celular.*

La congelación de un tejido se inicia por la cristalización de agua en los espacios extracelulares, debido a que la concentración en solutos es menor que en los fluidos intracelulares.

Cuando la congelación es lenta, la cristalización extracelular, aumenta la concentración local en solutos, provoca ósmosis, una deshidratación progresiva de las células. Se forman grandes cristales de hielo y aumentan los espacios extracelulares, mientras que las células disminuyen considerablemente de volumen. Esta deshidratación de las células descende todavía más la probabilidad de una nucleación intracelular; en realidad en la mayor parte de los tejidos o suspensiones de células congeladas lentamente, no se observan cristales intracelulares.¹³

Este desplazamiento de agua, que puede ser irreversible si sobrepasa un cierto nivel, explica en gran parte el descenso de turgencia, el desprendimiento de tejidos y la exudación que se observa en numerosos alimentos al descongelarlos, esta es la causa principal del ablandamiento de los tejidos vegetales.

Cuando la congelación es rápida, la cristalización se produce casi simultáneamente en los espacios extracelulares y en el interior de las células. El desplazamiento de agua es pequeño y se produce un gran número de pequeños cristales; las modificaciones de textura, provocadas por la salida de agua de las células por ósmosis, son claramente menores que en la congelación lenta.

2.5. Métodos de congelación.

2.5.1. Congelación con aire.

Para lograr una congelación rápida con estos sistemas, se emplean túneles donde los productos pueden estar inmóviles o en movimiento (aire forzado). La congelación con aire sin movimiento va acompañada de la colocación de alimentos empacados o sueltos en cuartos de congelación adecuados. Las velocidades de aire que se logran en estos túneles están entre 5 y 7 m/s. y los tiempos de congelación fluctúan de acuerdo al aparato, el tipo y dimensiones del producto desde 12 minutos hasta 12 horas.¹⁰

El calor generalmente extraído por convección en un circuito cerrado, donde el aire recicla a través del evaporador y sobre los productos. Se utilizan temperaturas entre -35 y -40°C .

2.5.1.1. Túnel de congelación convencional (No mecanizado).

Son espacios aislados cuyo diseño favorece la circulación de aire frío a alta velocidad sobre los productos a congelar, sin provocar gastos excesivos de energía por los ventiladores. Estos espacios son estructuras rígidas armadas con paneles prefabricados y son frecuentemente construidas para proyectos específicos. Los túneles convencionales operan intermitentemente, siendo los más económicos. Pueden ser adaptados a todas las aplicaciones que requieren largos tiempos de congelación y son flexibles en cuanto a la naturaleza y al tamaño de los productos.⁹

2.5.1.2. Túnel de congelación a chorro de aire (Mecanizado).

Utilizado tanto para productos frescos como procesados, existen diferentes tipos en función a las características del producto y del tiempo de congelación empleado. La tendencia es emplear bajos tiempos de congelación, alta mecanización para el transporte del producto y continua funcionalidad de un congelador integrado a las líneas de producción⁹. De este grupo se tienen cuatro principales tecnologías:

2.5.1.2.1 Túnel de congelación con vagonetas o carros.

Este sistema es flexible y mecanizado para una gran variedad de productos y espesores que se transportan en carros con charolas o bandejas. Estos son transportados mecánicamente a lo largo de un circuito compuesto de una o varias hileras o filas circulando en serie o en paralelo. La velocidad de los dispositivos se ajusta al tiempo de congelación requerido por el producto. La velocidad del aire que se logra entre las vagonetas es de 5 a 6m/s son de media y baja capacidad de congelación.¹⁴

2.5.1.2.2. Túnel de congelación para productos empacados en cajas de cartón.

Permiten un mayor aprovechamiento de la superficie y del espacio. Se le conoce como túnel de congelación con elevador de cangilones en donde los productos a congelar, previamente empacados, tienen primero un movimiento ascendente en la primera etapa del túnel y descendente en la segunda etapa. La entrada, salida y paso de una a otra etapa del producto se realiza mediante bandas transportadoras. Con este sistema se da un paso más a la mecanización pero con

lineamientos en la flexibilidad de uso. Están diseñados para trabajar completamente automatizados y para una gran cantidad de productos envasados que se congelan en un tiempo de residencia de 4 a 6 horas.¹⁴

2.5.1.2.3. Congeladores con banda transportadora.

Se utilizan principalmente para productos a granel o envasados con dimensiones pequeñas. Los tiempos de congelación son cortos, el equipo puede ser rectilíneo o espiral. Rectilíneo es idóneo para capacidades de producción pequeñas y medianas; con un tiempo de congelación que no requiere de grandes longitudes de banda (<20 m), el equipo puede construirse con una banda simple, doble o triple, generalmente de tipo malla de acero inoxidable. El equipo de banda en espiral utiliza un tiempo de congelación mayor que el rectilíneo y una longitud de banda mayor, de ahí su acomodo en espiral para reducir el volumen ocupado. Estos congeladores varían de acuerdo al tamaño, método de ventilación, a la posición del evaporador (vertical u horizontal), se emplean para la congelación de productos delgados y medios gruesos (<10 cm.).¹⁴

2.5.1.2.4. Túnel de lecho fluidizado.

Por su principio de circulación de aire se emplea para productos de tamaño homogéneo y lo suficientemente pequeños para ser fluidizados. Para poder llevar a cabo la fluidización del producto es necesario que el movimiento de aire sea de la parte inferior de la banda hacia la parte superior, por lo que la banda deberá ser de tipo malla o tamiz, con perforaciones que impidan la salida del producto pero que permitan el libre paso del aire, los tiempos de congelación de los productos son cortos. La agitación de los productos sobre el lecho del aire provoca un efecto de congelación individual (IQF), debido a los altos valores del

coeficiente superficial de transferencia de calor que reducen considerablemente el tiempo de congelación. Para productos pequeños (máximo 20 a 25 mm), el tiempo de congelación es corto (<15 a 20 min.). Este proceso satisface la congelación de una gran variedad de productos de forma uniforme, una desventaja del sistema es el alto consumo de energía por los ventiladores.

2.5.2. *Congelación por inmersión en soluciones eutécticas.*

En estos sistemas se consideran todos aquellos fluidos que se utilizan en la industria frigorífica basándose en el concepto calor sensible; es decir, son fluidos que al eliminar el calor de un producto incrementa su temperatura. El uso de un líquido como medio de congelación tiene por ventaja los altos coeficientes de transmisión de calor por convección. Es un método de congelación menos usado que el aire, pues el producto debe ser compatible con el líquido o tener una envoltura especial que evite el contacto directo. Generalmente se utiliza la congelación por inmersión en una salmuera de cloruro de sodio, teniendo como limitante la temperatura de congelación (-21°C mínimo), en consecuencia los tiempos de congelación oscilan entre 4 y 8 horas aproximadamente; aplicable generalmente a productos pesqueros y aves. También se utilizan soluciones de cloruro de sodio, de propilen glicol, etc²⁶. Una de las desventajas del método son los altos niveles de corrosión en los recipientes que contienen las salmueras así como la inflamabilidad de los glicoles.

2.5.3. *Congelación por contacto por placas frías.*

En este método se utiliza la transmisión de calor por conducción, destacan 3 procedimientos:

Congelador por contacto con una placa. Con tres variantes: De banda horizontal, de tambor horizontal rotatorio, de tambor vertical fijo.

2.5.3.1. Congelador de placas horizontales.

Consiste en un gabinete con puertas frontales en cuyo interior se encuentran las placas horizontales de doble cara, por el interior de placas circula el refrigerante. Cada placa es alimentada individualmente, el movimiento de las placas para la carga y descarga de productos, es vertical utilizando para ello un mecanismo hidráulico al espacio entre placa y placa se le conoce como estación y puede regularse desde 50 a 100 mm, de este equipo se tienen dos modelos²⁶:

2.5.3.1.1. Equipo intermitente operado manualmente.

Es el sistema más utilizado, la carga y descarga de productos es natural, está diseñado para espesores limitados y productos alimenticios envasados.

2.5.3.1.2. Equipo continuo automático.

Puede ser integrado directamente a la línea de producción, en serie o en paralelo. La carga y descarga de productos en cada estación es automática.

2.5.3.2. Congelador con placas verticales.

Este sistema emplea placas verticales con movimientos horizontales, puede ser utilizado para productos sólidos, pastas y líquidos. Es un equipo de operación manual e intermitente.

Entre las características y ventajas de los sistemas por contacto están:

-Eficaz intercambio térmico por conducción, sin necesidad de intermediarios.

-Rápida y uniforme congelación del producto, que conserva inalterable sus características sensoriales.

-No hay deshidratación del producto, debido a la ausencia de circulación de aire.

2.5.4. Congelación Criogénica.

Aquí se consideran los fluidos que utilizan el concepto de calor latente. El calor que cede el producto en su congelación se emplea para efectuar la evaporación del fluido. Estos sistemas requieren de una instalación autónoma para la alimentación del líquido que se emplea como criogénico: nitrógeno líquido con una temperatura de ebullición a presión atmosférica de -196°C y un calor latente de 48 Kcal. /Kg.; anhídrido carbónico líquido con una temperatura de ebullición de -79°C también a presión atmosférica¹⁴. El sistema consta de una instalación para almacenamiento del líquido, con una capacidad que satisfaga los requerimientos de la planta, el CO_2 líquido se almacena a presión de 2 MPa y el N_2 líquido a presiones de 0.15 a 0.2 MPa.

El enfriamiento se da por la simple expansión del fluido criogénico a presión atmosférica, los gases generados por evaporación al contacto con el líquido con el producto caliente se eliminan hacia la atmósfera después de ser usados. La salida de estos gases se regula proporcionalmente en función al continuo monitoreo de la temperatura interna del congelador. Los coeficientes convectivos que se obtienen van de 80 a 500 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, de acuerdo con la configuración del producto. Se utilizan dos tipos de equipo:

2.5.4.1. Sistemas criogénicos por aspersión.

Estos sistemas son muy similares a los túneles de chorro de aire forzado. La congelación se realiza con movimientos convectivos de gases (CO_2), o utilizando una mezcla líquido - gas (N_2). Las principales categorías de estos sistemas son:

2.5.4.1.1. Celdas o gabinetes.

Este equipo está construido totalmente en acero inoxidable y presenta un carro con bandejas sobre las que se distribuye el producto, sustituyendo así a la banda transportadora. Una vez que el producto ha sido introducido, el congelador se cierra y se programa la temperatura y el tiempo de residencia.

El fluido se atomiza por unas boquillas mientras que unos ventiladores crean corrientes adecuadas para optimizar el aprovechamiento del gas. Resulta adecuado para baja producción, operación manual - intermitente o productos de varios tamaños.

2.5.4.1.2. Túneles con bandas transportadoras, rectilínea o en espiral.

Ambos están contruidos en acero inoxidable. En el túnel rectilíneo su diseño consiste en una banda transportadora que a lo largo de todo el túnel lleva el producto por tres zonas. En la primera zona, la de preenfriamiento, el producto se pone en contacto con los gases fríos, dando como resultado una congelación superficial. En la siguiente zona, se atomiza el fluido en forma directa al alimento, vaporizándose al tocar la superficie, lo que causa una congelación rápida. En la tercera y última zona, se forma un equilibrio cuando los gases fríos se ponen en contacto con el producto, llevándolo así a una

temperatura uniforme. En el túnel con banda en espiral, su principio es similar al anterior, ya que presenta una banda transportadora que lleva el producto a través de todo el túnel; sin embargo en este caso el movimiento de la banda es en forma circular con el cual se logra un ahorro de espacio. En este equipo, el fluido es atomizado en la parte superior y los gases fríos son llevados a la parte baja para aumentar la eficiencia en el funcionamiento.

2.5.4.2. Sistemas criogénicos por inmersión o combinados.

Es el sistema de congelación más rápido. El producto es transportado por una banda de acero inoxidable y pasa a través del depósito de líquido y en segundos es congelado. Las variables a controlar son la velocidad de la banda y el nivel del líquido. La inmersión en nitrógeno líquido es ampliamente utilizada para productos delicados. Se obtiene una excelente calidad en el producto final, el tiempo de residencia es cuidadosamente controlado. Entre las principales ventajas están:

- Menor inversión de equipo recongelación
- Mínima deshidratación del producto
- Ahorro en mano de obra.

2.6. Factores que intervienen en la congelación.

Se ha estudiado la influencia de la congelación, el almacenamiento en frío y la descongelación sobre la calidad de las frutas, el proceso de congelación, la influencia de la temperatura en la formación del cristal de hielo, los efectos de la ruptura celular sobre la textura de los tejidos así como de las reacciones enzimáticas sobre el olor y el sabor de diversos frutos.

Esto se debe a la importancia para su transporte y comercialización en mercados alejados de las zonas de producción, así como el incremento de sus tiempos de almacenamiento. Se han podido determinar los factores principales que afectan la calidad de las frutas antes, durante y después del proceso de congelación. Entre los más representativos para el caso de la zarzamora citamos los siguientes.

2.6.1. Efecto de la madurez, manejo y almacenamiento previos a la congelación.

La calidad del fruto no puede mejorarse con el proceso de congelación ni durante su almacenamiento, los cuidados que se realicen en dichas etapas solamente podrán disminuir el daño en sus atributos de calidad. La elección del grado de madurez es muy importante ya que este determina la rigidez de los tejidos que serán congelados, así como la cantidad y calidad de los compuestos que proporcionarán su color, aroma y sabor.

Es importante aclarar que la zarzamora, a diferencia de los frutos climatéricos, alcanza su desarrollo antes de ser cosechada, por lo que se debe elegir adecuadamente durante la pizca o recolección. Este proceso es fundamental al igual que el manejo que se realiza antes de su congelación. Los tejidos de la fruta durante esta etapa son extremadamente frágiles, por lo tanto, se debe evitar que el fruto se someta a grandes esfuerzos de compresión y a temperaturas elevadas, que provocarían la ruptura de la delgada piel y la migración del jugo de sus tejidos.

Cuando la estructura celular se mantiene en su estado óptimo de turgencia, el fruto conserva una mayor resistencia ante el manejo mecánico, por lo que un mayor porcentaje del fruto procesado

conservará una calidad aceptable. Por el contrario, cuando dicha estructura resulta dañada durante su manejo, los contenidos vacuolares salen junto con los pigmentos y azúcares disueltos en el zumo, creando condiciones propicias para el desarrollo fúngico (1.5. Aspectos microbiológicos) y para el deterioro de otros tejidos a causa de la acción enzimática de los mismos.

Debido a estas características, se debe eliminar el calor de campo del fruto tan rápido como sea posible, la experiencia de diversos productores indica que la temperatura debe disminuirse a 7°C en 20 minutos con el fin de mantener una turgencia adecuada para su manejo, procesamiento y/o consumo. La zarzamora fresca, sometida a dicho tratamiento, puede almacenarse hasta por 3 días a 0.5°C, manteniendo la humedad relativa entre 90 y 95%.

2.6.2. Efecto de la adición de azúcares y jarabes.

Un tratamiento previo, común en frutas sometidas a congelamiento, consiste en la adición de azúcares o jarabes concentrados, lo cual ayuda a preservar el color y la apariencia de las mismas. Esto se debe a que dichas soluciones concentradas forman una barrera contra el oxígeno, imposibilitando su difusión hasta los tejidos del fruto donde favorecería reacciones de oscurecimiento enzimático.

Por otra parte, la elevada concentración de azúcares en el exterior de los tejidos provoca una migración del agua contenida en ellos, dejando soluciones altamente concentradas en su interior. Estas soluciones tienen un efecto crioprotector, pues disminuyen el punto de congelación del fruto, disminuyendo así el número y tamaño de los cristales de hielo que de otra manera provocarían la ruptura de tejidos por su crecimiento excesivo. Al disminuir el daño por ruptura de tejidos

conservará una calidad aceptable. Por el contrario, cuando dicha estructura resulta dañada durante su manejo, los contenidos vacuolares salen junto con los pigmentos y azúcares disueltos en el zumo, creando condiciones propicias para el desarrollo fúngico (1.5. Aspectos microbiológicos) y para el deterioro de otros tejidos a causa de la acción enzimática de los mismos.

Debido a estas características, se debe eliminar el calor de campo del fruto tan rápido como sea posible, la experiencia de diversos productores indica que la temperatura debe disminuirse a 7°C en 20 minutos con el fin de mantener una turgencia adecuada para su manejo, procesamiento y/o consumo. La zarzamora fresca, sometida a dicho tratamiento, puede almacenarse hasta por 3 días a 0.5°C, manteniendo la humedad relativa entre 90 y 95%.

2.6.2. Efecto de la adición de azúcares y jarabes.

Un tratamiento previo, común en frutas sometidas a congelamiento, consiste en la adición de azúcares o jarabes concentrados, lo cual ayuda a preservar el color y la apariencia de las mismas. Esto se debe a que dichas soluciones concentradas forman una barrera contra el oxígeno, imposibilitando su difusión hasta los tejidos del fruto donde favorecería reacciones de oscurecimiento enzimático.

Por otra parte, la elevada concentración de azúcares en el exterior de los tejidos provoca una migración del agua contenida en ellos, dejando soluciones altamente concentradas en su interior. Estas soluciones tienen un efecto crioprotector, pues disminuyen el punto de congelación del fruto, disminuyendo así el número y tamaño de los cristales de hielo que de otra manera provocarían la ruptura de tejidos por su crecimiento excesivo. Al disminuir el daño por ruptura de tejidos

se evita que las enzimas entren en contacto con sus sustratos y provoquen reacciones que desmeriten la calidad del fruto.

2.6.3. Efectos de la congelación, almacenamiento y descongelación sobre el color.

El color es el factor principal, pues es un indicador del grado de madurez y, en consecuencia, de su sabor y aroma. En los frutos, el color se logra a partir de la combinación de pigmentos en sus tejidos, tanto internos como externos, así como del efecto que la luz provoca en las superficies de los mismos, formando en conjunto la percepción visual captada por el ojo humano. En las frutas, los principales pigmentos responsables de su coloración son: antocianinas, clorofilas y carotenoides. Sus combinaciones y variaciones producen la extensa gama de colores existente entre los frutos.

En la zarzamora los pigmentos responsables de su coloración son las antocianinas. Existen diferencias de color en zarzamoras después de su descongelación, observando una variación de color del negro opaco (antes de su congelación) hasta un tono rojizo (después de su descongelación). El color de los pigmentos de antocianina está influenciado por los compuestos químicos que afectan el pH de las soluciones que los contienen. Estos pigmentos actúan como indicadores químicos cuyo color cambia al rojo en soluciones ácidas, violeta o púrpura en soluciones neutras y azul en las alcalinas. El proceso de congelación lenta provoca un daño celular que favorece el mezclado del plasma celular y el contenido de las vacuolas, con esto las antocianinas entran en contacto con una solución con menor pH, resultando con el viraje al tono rojizo del pigmento. Este fenómeno está influenciado por el grado de madurez del fruto al momento de su recolección (pues esto determina la cantidad inicial de pigmento), así como del manejo del

fruto (debido al daño celular provocado por el esfuerzo mecánico al que es sometido). Como parte de las conclusiones de estas investigaciones, se ha comprobado que las zarzamoras congeladas por método IQF padecen en menor medida de las alteraciones de color descritas en el párrafo anterior debido a que el daño estructural por el rápido crecimiento de cristales de hielo minimiza el contacto de las antocianinas con soluciones de bajo pH.

2.6.4. Efectos de la congelación, almacenamiento y descongelación sobre la calidad microbiológica y la seguridad.

Las células microbianas presentes en el fruto durante su congelación sufren los mismos efectos para las células de los tejidos vegetales.

En ambos casos, las velocidades lentas favorecen la destrucción de los microorganismos, pero disminuyen la calidad del fruto. Es por ello que se debe cuidar la calidad microbiana durante la cosecha y su manejo posterior. El enfriamiento rápido después de la cosecha, la selección adecuada de los frutos y el manejo higiénico son buenas prácticas que reduce el crecimiento microbiano.

2.7. Selección del método de congelación.

Para muchos productos existe más de un tipo de congelador que puede ser utilizado por esto se debe realizar un análisis costo - beneficio antes de tomar la decisión de que método de congelación se debe utilizar. Desgraciadamente es difícil determinar un precio como parámetro de comparación, por lo que se debe tener presente algunos factores como:

2.7.1. Daño del Producto.

Además de los aspectos de transferencia de calor y la capacidad del equipo de congelación también es importante el manejo del producto antes y después de la congelación, pues este debe disminuir las pérdidas por daño mecánico. En equipos de congelación donde se maneja el producto sin empaque llega a ser lo más importante.

2.7.2. Higiene.

Es esencial que el equipo de congelación sea diseñado para cumplir con los estrictos estándares de higiene. El aspecto más difícil del diseño es asegurar que los evaporadores sean fáciles de limpiar. Los diseños más recientes incorporan la ventaja de la limpieza *in situ* (*clean in place*)

2.7.3. Seguridad.

Un equipo de congelación continuo contiene muchas partes en movimiento, las cuales pueden representar un riesgo para el personal de operación si la protección apropiada no está incluida en la compra del equipo. Los grandes sistemas de producción de frío industriales normalmente operan con amoníaco como refrigerante, el cual es perfectamente seguro si se proveen y se toman las suficientes precauciones al momento de la planeación y diseño. Como parte de una nueva instalación siempre debe incluirse entrenamiento para el personal. Finalmente sistemas de alarma y luces de emergencia dentro del equipo de congelación deben incluirse para la protección del personal.

2.7.4. La economía de la congelación.

El equipo de congelación incluye maquinaria de refrigeración, y esto usualmente es la inversión más grande en la línea de proceso, y el impacto en la calidad del producto final es considerable. Con el fin de poner los costos de congelación y almacenamiento en frío en la justa dimensión con respecto a los otros costos del alimento se toma como referencia el cuadro 6.

Cuadro 6: División de costos para la producción y distribución de alimentos congelados.

Factor de Costo	%
Materia Prima	26
Proceso	6
Congelamiento y Almacenamiento	< 2
Empaque	6
Mercadotecnia	12
Ventas al mayoreo y distribución	9
Ventas al menudeo	19
Impuestos	20
Total	100

Fuente: C.P. Mallett, Frozen food technology, 1998.

2.7.5 Deshidratación.

La deshidratación puede variar desde casi cero para alimentos empacados hasta arriba del 2 o 3% para productos sin empaque o en equipos mal diseñados de congelación, esto puede llegar a convertirse

en un problema de costos. Como ejemplo de los promedios en la pérdida de peso se muestra la siguiente información:

Túnel de congelación mal diseñado	3 - 4%
Túnel de congelación bien diseñado	0.5 - 1.5%
Congelación criogénica	0.2 - 1.2%

En función de las propiedades de la zarzamora mencionadas en el cuadro 2 y a que pertenece a la familia de las bayas se puede hacer una analogía del resultado de algunos métodos de congelación que se presentan en el cuadro 8 para mora azul y fresa, se observa que los mejores métodos de congelación son, lecho fluidizado y criogénico por la calidad del fruto final que se obtiene.

Cuadro 7: Guía para seleccionar el congelador para varios alimentos.

Método de congelación:	Frutas/ bayas	
	Mora azul	Fresa
Congelador de Túnel	B E	B E
Congelador de convertidores	-	-
Congelador de cama	-	-
Congelador en espiral	-	-
Congelador de lecho fluidizado	A	A
Congelador de platos	B E	B E
Congelador criogénico	A	A
Pre-congelador	-	-
El tipo de congelador a seleccionar se valora en orden de A (Preferible) o B (Adaptable).		
La letra E indica si el producto debe ser empacado antes de ser congelado.		

Fuente: C.P. Mallett, 1998.

Ahora resta definir cual de los métodos es el más recomendable para este caso en específico; para ello hay que mencionar que la principal diferencia entre los sistemas de refrigeración mecánica y los sistemas criogénicos es que la inversión para el primero es ciertamente alta, sin embargo los costos de producción son bajos, mientras que los segundos presentan un comportamiento totalmente opuesto.

Para bajas capacidades de producción y cortos tiempos de operación los sistemas de congelación con nitrógeno líquido son los más económicos, mientras que para grandes capacidades de producción y largos tiempos de operación, los equipos de congelación mecánicos brindan menores costos por tonelada de producto congelado.

Una comparación de los costos de congelación entre sistemas criogénicos y mecánicos se ilustra en la figura 7. La comparación esta hecha para dos tamaños de congeladores: 500 Kg. /h y 3000 Kg. /h. En donde muestra que para una capacidad pequeña es más rentable los sistemas criogénicos que los mecánicos pero para cantidades más grandes ocurre lo contrario. La importancia de la producción anual en los costos de congelación es evidente.

Dicho lo anterior se puede establecer que el método de congelación adecuado para las características del presente trabajo consiste en el túnel de lecho fluidizado IQF pues presenta ventajas competitivas con respecto a las demás alternativas de congelación.

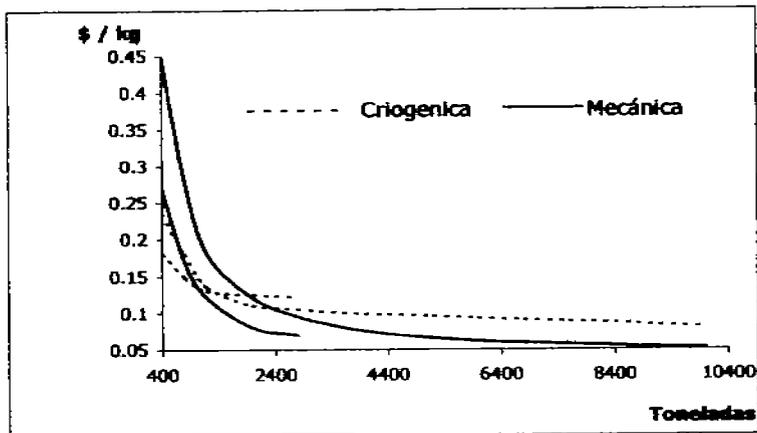


Figura 8: Comparación de costos entre congelación criogénica y mecánica[†].

Fuente: C.P. Mallet, *Frozen food technology*, 1998.

2.8. Diagrama de bloques.

En este caso, la única operación unitaria es la congelación por lo que se describirán también las demás operaciones con el fin de explicar el resto del proceso. Por esto no se presenta un diagrama de flujo. Un aspecto importante que se debe destacar es el que se refiere al manejo del fruto, pues éste se realiza en dos etapas: En campo y en planta.

De la etapa de manejo en campo, el primer paso consiste, en la recolección del fruto en las huertas de producción, se colocan en canastas plásticas (Largo: 0.5 m, ancho: 0.3 m y alto: 0.155 m; Capacidad de 10 a 15 Kg.) Posteriormente se conducen hasta la cámara de preenfriamiento, la cual elimina el calor de campo reduciendo la temperatura hasta 7°C en un tiempo de 20 minutos, esta operación debe mantener la humedad relativa del aire de enfriamiento en 95%. Alcanzada esta temperatura, se transportan en camionetas refrigeradas

[†] En cada caso la línea más corta corresponde a 500 Kg. /h y la más larga a 3000 Kg. /h.

con el fin de mantener la cadena del frío, es decir, la baja temperatura del fruto, hasta la planta procesadora.

Al llegar a la planta, la segunda etapa, se reciben en la cámara de producto fresco, la cual puede servir como almacén hasta por tres días y donde el producto alcanza una temperatura de 0.5°C y una humedad relativa de 95%. Se procede después al lavado, el cual se efectúa con agua a 0.5°C y con una concentración de cloro del 1% (100 ppm), por inmersión del fruto primero para la separación de residuos sólidos y por aspersión para eliminación de partículas adheridas.

La zarzamora se pasa por una banda de selección donde se separa el fruto que no cumple los atributos de calidad requeridos, este proceso debe ser lo más rápido posible para que la temperatura del producto no se eleve demasiado. Posteriormente se realiza la congelación rápida individual (IQF) la cual baja la temperatura del fruto hasta -25°C cambiando en poco tiempo el estado de agregación del agua libre dentro del mismo. Se efectúa después el envasado en frío, en el cual se coloca el producto en bolsas de plástico con capacidad de 3 Kg. cada una, las cuales se embalan a su vez en cajas de cartón con capacidad de con 10 bolsas, las cajas se acomodan en tarimas, todo esto se realiza en un espacio con temperatura ambiente controlada de 16°C .

Finalmente se almacenan en la cámara de conservación de producto congelado, a una temperatura de -25°C , donde permanecen hasta su distribución mediante transporte refrigerado a la misma temperatura. El proceso se resume en la figura 8, en la cual se incluyen las temperaturas ambientales (T_{amb}) y del producto (T_{prod}) para cada paso. Como se observa el diagrama se divide en campo y en planta. Se resalta el proceso de congelación IQF ya que esta es la operación unitaria.

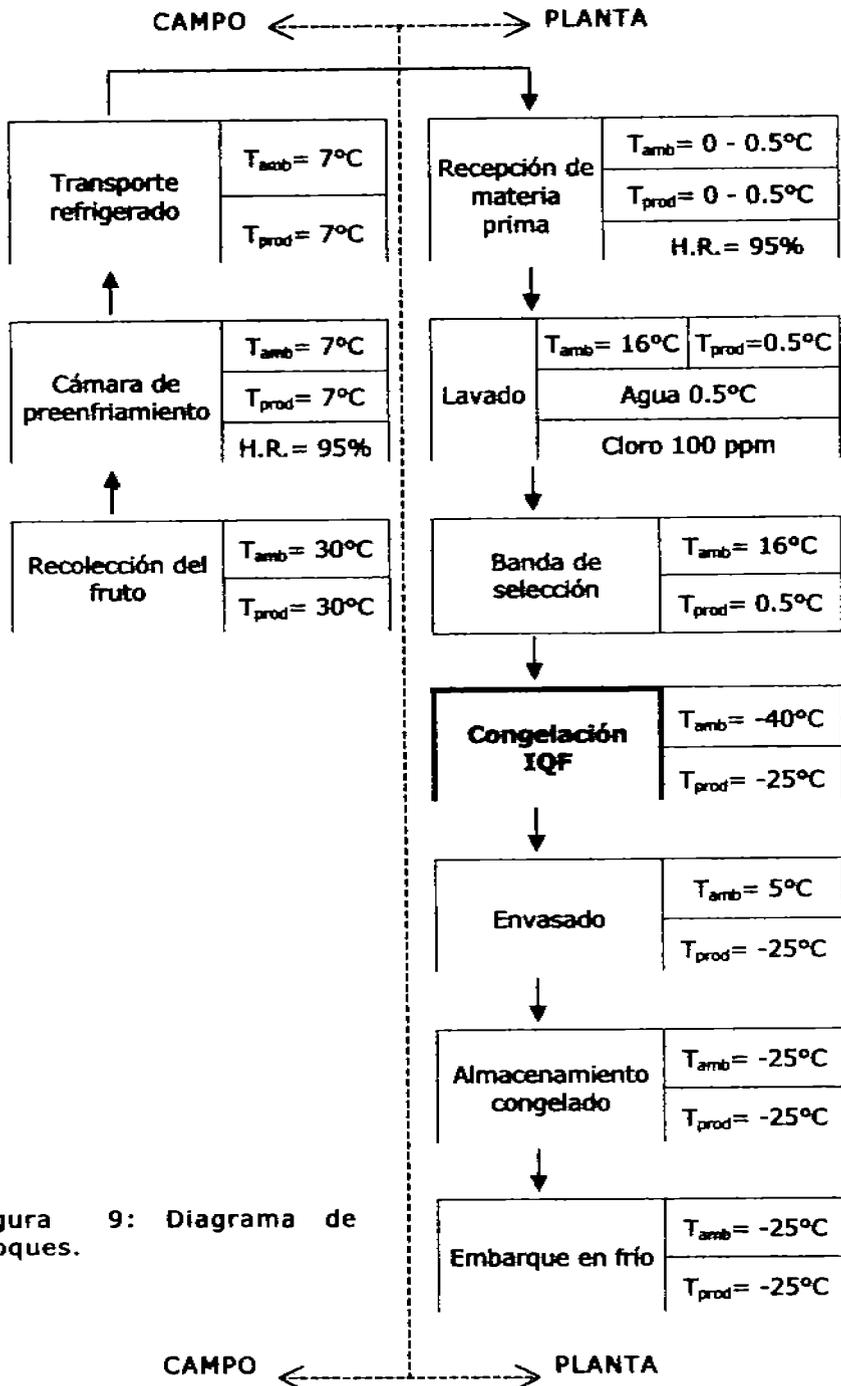


Figura 9: Diagrama de bloques.

2.9. Descripción del Proceso.

A partir de la selección del proceso de congelación desarrollada en el punto 2.7 del presente trabajo, se puede observar que se trata de un proceso continuo, donde no intervienen operaciones de transformación que involucren un cambio significativo en la cantidad de materiales que entran en cada una de sus diferentes etapas.

Se trata de operaciones básicas, cuyo objetivo principal consiste en seleccionar y preparar la materia prima para obtener un producto de calidad. Entre dichas operaciones se pueden señalar las siguientes: Preenfriamiento, transporte, lavado, selección, congelación, envasado, almacenamiento y distribución. Todas ellas producen algunos cambios en la zarzamora, pero no deben alterar la calidad ni la cantidad de sus componentes elementales, los cuales proporcionan al fruto los atributos que lo hacen susceptible de transformación en el producto final.

En cada uno de los procesos, la cantidad de materia que sale es ligeramente menor a la que entra, debido a las mermas o pérdidas, cuyo porcentaje varía según el caso específico.

Manejo postcosecha: A esta etapa corresponde la eliminación del calor de campo y el almacenamiento de la zarzamora posteriores a su cosecha. Las pérdidas durante esta etapa pueden deberse al manejo inapropiado del fruto durante su recolección (daños mecánicos) o a variaciones en las condiciones de operación de los túneles de enfriamiento (tiempo, temperatura y humedad relativa). El porcentaje de pérdidas puede minimizarse a partir de un control adecuado durante esta etapa, la cual resulta crítica para el manejo posterior de la materia prima.

Transporte: En esta etapa no deben existir cambios en la cantidad de materiales que son manejados, las pérdidas serán únicamente desde el punto de vista cualitativo, debido al daño mecánico por manejo y desajustes de temperatura.

Lavado: Durante esta operación, las pérdidas estarán determinadas por la calidad del fruto a su entrada. Los productos cuyo daño estructural imposibilite la eliminación de las impurezas, ya sea por el escurrimiento del jugo o bien por la ruptura y exposición de las estructuras internas del mismo, así como todos aquellos restos y materiales que sean separados de la materia prima en esta etapa del proceso. Como se puede observar, el porcentaje de pérdidas será variable, pero podrá minimizarse en función del grado de cuidado durante el manejo del fruto antes y durante el lavado.

Selección: Esta es la etapa donde la cantidad de pérdidas puede resultar mayor, dicho porcentaje dependerá, de nueva cuenta, de la calidad del fruto al momento de su cosecha, así como de su manejo durante las etapas previas. La selección debe separar todos los frutos que carezcan de los atributos de calidad necesarios para su congelación rápida individual. Se puede prever que el porcentaje de materia prima óptima podrá variar en función de la temporada de cultivo, el origen y su manejo previo.

Congelación: Esta es la operación principal, las pérdidas en esta etapa deben ser mínimas pues el proceso de congelación rápida reduce de forma importante los daños provocados por la congelación. Las pérdidas podrían deberse a una selección inapropiada de la materia prima y/o un manejo incorrecto del equipo de congelación.

Envasado: Las pérdidas en esta etapa se pueden deber a la operación incorrecta de las envolvedoras y a la manipulación del

producto a granel para la alimentación de dichos equipos. Este porcentaje puede minimizarse mediante una capacitación y mantenimiento adecuados.

Almacenamiento: Durante el almacenamiento, las condiciones deben mantenerse de forma constante para evitar fluctuaciones de temperatura que dañen la calidad del producto. Se deben considerar los cuidados elementales del manejo y estibación dentro del almacén congelado, con la finalidad de evitar daños mecánicos en productos, envases y embalajes. Una vez controlados todos estos factores, el porcentaje de pérdidas puede disminuirse a cantidades despreciables.

2.10. Selección de equipos de proceso.

Como se ha mencionado en el tema 2.2 Determinación de la producción; la capacidad de diseño del proceso es de 8250 Kg. /día, si esto lo dividimos en 8 horas de trabajo que tendrá un turno en el cual se debe procesar la producción del día obtenemos 1031.25 Kg. /hora.

Dicha cantidad permanece con variaciones mínimas por lo explicado en el capítulo anterior; con lo cual concluimos que está es la capacidad base de selección. Se presentan a continuación las fichas técnicas de los equipos de proceso elegidos. †

† Todos los datos técnicos y marcas registradas son responsabilidad y derechos de los proveedores.

Hoja técnica: Lavadora por inmersión.**Función:**

Eliminar toda aquella materia ajena al fruto, principalmente tierra y disminuir la carga microbiana, utilizando agua con cloro para ello.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Equipo que no maltrate el fruto; debido a su fragilidad.
- Elimina toda la suciedad de manera efectiva.
- Disminuya la carga de microorganismos, utilizando para ello agua con cloro.
- Capacidad para la producción en condiciones extremas.

Descripción del equipo.

Origen: Nacional.

Año de diseño: 2000.

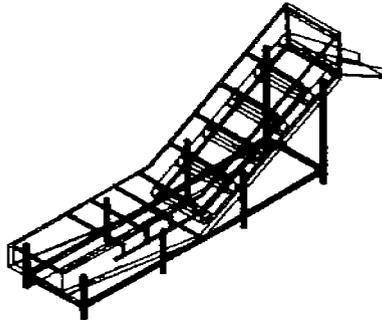
Fabricante: MAPISA, S.A. DE C.V.

Capacidad diseñada: 1 Ton/h Vida útil: 15 años.

Operarios: 1.

Distribución espacial: Se encuentra en el área de proceso en el punto inicial de la línea de producción, sus dimensiones son: largo 5.85 m, ancho 1.12 m y altura 2.5 m.

Consumo de energía: 3.8 Kw.

Esquema de lavadora por inmersión LAI-2

Hoja técnica: Banda transportadora.**Función:**

Escurrir y poner en contacto visual del personal el fruto para su adecuada selección.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Banda plástica, grado alimenticio.
- Perforada para permitir escurrimiento.
- Longitud que permita una selección adecuada.
- Color blanco, para una mejor diferenciación del fruto.

Descripción del equipo.

Banda de selección:

Tipo: Banda plástica perforada.

Origen: Nacional.

Año de diseño: 2000.

Fabricante: POLINOX, S.A. DE C.V.

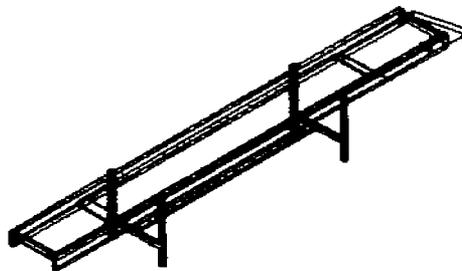
Capacidad diseñada: 1 Ton/h

Vida útil: 15 años

Operarios: 6.

Distribución espacial: Se encuentra a la salida de la lavadora y antes del elevador que conduce al IQF. Sus dimensiones son 6m largo, 0.6 m ancho y 1.57 m de altura.

Consumo de energía: 1.5 Kw.

Esquema de banda para inspección y selección BAIS-1

Hoja técnica: Elevador de canchales.**Función:**

Transportar el producto desde la banda de selección hasta la entrada del equipo IQF.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Material con grado alimenticio.
- Altura de descarga hacia el IQF.

Descripción del equipo.

Elevador de paletas:

Tipo: Elevador de paletas.

Origen: Norteamericano.

Año de diseño: 2000.

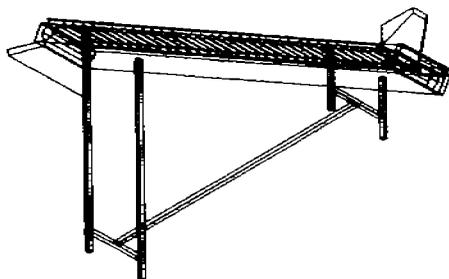
Fabricante: Kamflex Corporation.

Capacidad diseñada: 1 Ton/h

Vida útil: 15 años.

Distribución espacial: Salida de banda de selección a entrada de IQF. Dimensiones: 0.6 m ancho, altura de alimentación 1.47 m, altura de descarga 2.89 m.

Consumo de energía: 745 W.

Esquema de elevador de canchales serie 811.

Hoja técnica: Equipo de congelación I.Q.F.**Función:**

Congelar rápidamente e individualmente la zarzamora para evitar daños y pérdida de calidad.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Capacidad de congelación
- Calidad del fruto congelado
- Tiempo de congelación de la zarzamora y tiempo de residencia.

Descripción del equipo.

Tipo: Congelador rápido de lecho fluidizado.

Origen: Norteamericano.

Año de diseño: 2000.

Fabricante: YORK INTERNATIONAL, S.A. DE C.V.

Capacidad diseñada: 750 Kg./h

Capacidad real: 1105.88 Kg./h

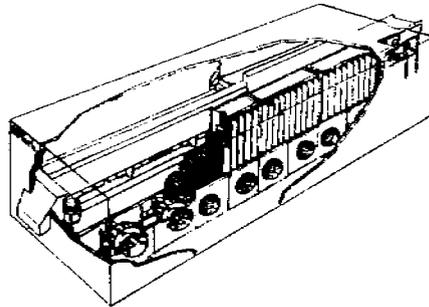
Vida útil: 15 años.

Operarios: 3.

Distribución espacial: Dentro de la zona de envasado (aislada térmicamente de la zona de proceso y a menor temperatura). Dimensiones 4.57 m largo, 3.35 m ancho y 4.26 m alto; Altura de alimentación: 2.89 m y 1.74 m de descarga.

Consumo de energía: 30.5 Kw.

**Esquema del congelador rápido de lecho fluidizado
FP-410.**



Hoja técnica: Envasadora.**Función:**

Pesar el contenido para cada bolsa (5 lb.), llenar con el producto y sellar ambos extremos del envase.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Capacidad.
- Tamaño de la bolsa.
- Doble función pesado/ensado.

Descripción del equipo.

Tipo: Pesadora, llenadora y selladora de bolsas vertical.

Origen: Norteamericano.

Año de diseño: 2000.

Fabricante: PACK LINE, LTD.

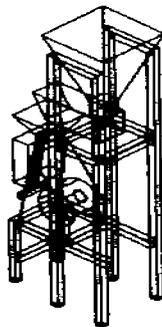
Capacidad diseñada: 22.7 Kg. /min.

Vida útil: 8 años.

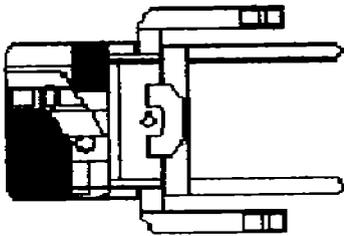
Operarios: 1.

Distribución espacial:
Dimensiones 0.51 m largo, 0.86 m ancho y 2.42 m alto. Se ubica en la zona de envasado junto a la descarga del IQF.

Consumo de energía: 0.6 Kw.

Esquema de envasadora vertical modelo MPH-1W.

2.11. Selección de equipos complementarios.

Hoja técnica: Montacargas.	
Función: Transporte y acomodo de tarimas con producto congelado así como de materiales de envase y embalaje.	
Consideraciones para la selección del equipo. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidad de carga. ➤ Dimensiones necesarias para el manejo de producto. ➤ Uso de baterías y no gas u otro combustible. ➤ Tipo de llantas para evitar suciedad en el piso de la planta. ➤ Dimensiones. 	
Descripción del equipo. Marca: CLARK Capacidad de carga: 2,000 Kg. Unidad de poder: 36 V Tipo de operación: Hombre a bordo. Velocidad con carga: 10.5 km/h	Dimensiones. Altura: 2.41 m Ancho: 1.3 m Longitud: 2.5 m Altura máxima de carga: 5.33 m Ancho de pasillo mínimo: 2.49 m
Montacargas Eléctrico Modelo NPR 22	
	

Hoja técnica: Patín.**Función:**

Transporte y acomodo de tarimas con producto fresco.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Capacidad de carga.
- Dimensiones.

Descripción del equipo.

Fabricante: CROWN

Capacidad de carga: 2000 Kg.

Levantamiento: 127 mm

Ancho de cada uña: 160 mm

Dimensiones:

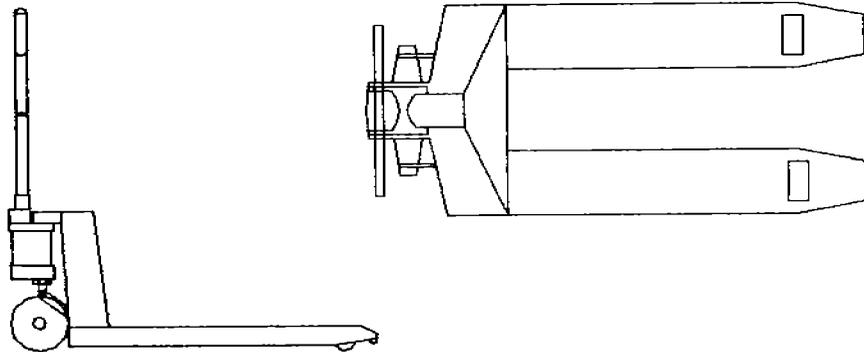
Largo: 1.56 m

Alto: 1.2 m

Ancho: 0.52 m

Radio de acción: 1.72m

Peso: 77 Kg.

Patín modelo PTH 20 - 40

Hoja técnica: Camionetas refrigeradas.

Función:

Transporte del producto fresco desde las plantaciones a la planta, mantener la temperatura y conservar la calidad de la zarzamora.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Capacidad de transporte.
- Caja con terminado grado alimenticio.
- Capacidad del equipo refrigerante.
- Material aislante.

Descripción del equipo.

Camioneta fabricante: Ford

Capacidad: 3 ½ toneladas

Caja fabricante: Industrias Zubiñá

Modelo CSCHC-305-2000

Piso de aluminio extruido acanalado

Paredes de poliuretano de 7.5 cm.

Longitud: 3 m

Ancho: 2.3 m

Unidad de refrigeración fabricante:

Thermo King

Modelo: V-280 10DRT

Capacidad: 2725,416 W a 0 °C

Compresor de 6 cilindros

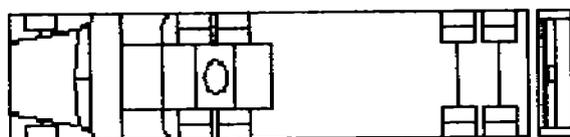
Condensador y evaporador
extraplanos.

Flujo de aire: 1200 m³/h

Corriente eléctrica de 12 V

Refrigerante: R-134a

Equipo de producción de frío y caja térmica:



Hoja técnica: Rack dinámico.**Función:**

Almacenaje de alta densidad del producto congelado, aprovechamiento del espacio y facilidad de manejo.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Facilitar control de inventarios.
- Menor movimiento de producto.
- Rapidez en carga y descarga.
- Manejo de 3 tarimas de fondo.
- Fabricados de acero.

Descripción del equipo.

Fabricante: LARRO S.A. de C.V.

Rack dinámico con manejo de 2 - 4 tarimas.

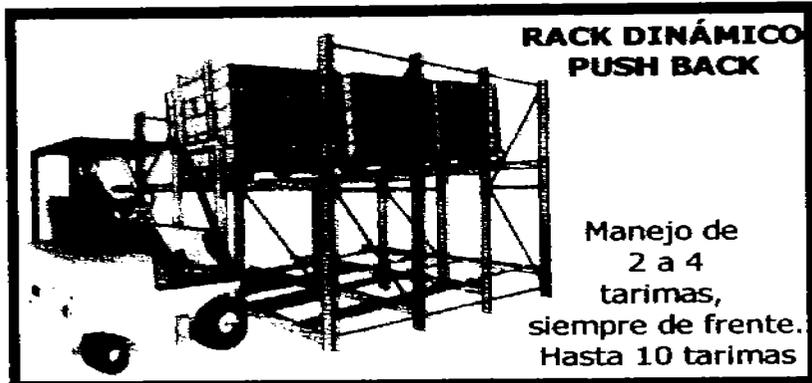
Acceso por el frente

Sistema con rodillos

Fabricado en acero con acabado galvanizado por inmersión.

Rodamientos en plano inclinado por las que las tarimas avanzan con velocidad controlada.

Primeras entradas - primeras salidas

Rack dinámico modelo Push - Back**RACK DINÁMICO
PUSH BACK**

Manejo de
2 a 4
tarimas,
siempre de frente.
Hasta 10 tarimas

Hoja técnica: Hidro - enfriador.**Función:**

Proveer agua fría para las aplicaciones de cámara de pre-enfriamiento. Para conservar una elevada humedad relativa dentro del espacio de almacenamiento.

Consideraciones para la selección del equipo.

- Carga térmica.
- Temperatura de operación de cámara de pre-enfriamiento.
- Temperatura del medio ambiente.
- Flujo másico de agua necesario.

Descripción del equipo.

Compresor de tornillo hermético.

Intercambiador de calor.

Condensador de aire.

Centro de control con micro-procesador.

Capacidad: 14.2 T.R.

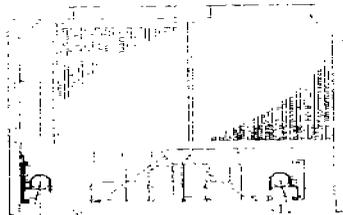
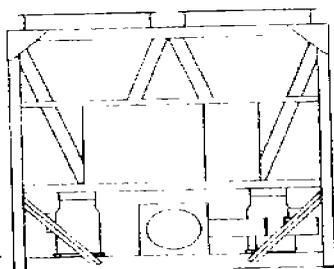
Potencia del compresor: 13.1 Kw.

Flujo volumétrico: 0.00110295 m³/s

Ancho: 1.3 m

Largo: 2.67 m

Alto: 1.73 m

Chiller modelo YCAL0014SC

2.12. Dimensionamiento del área de proceso.

Durante el diseño de una planta procesadora de alimentos es importante que el área destinada para la colocación de los equipos no sólo sea lo suficientemente grande para alojarlos, sino para su óptima operación. Para cumplir este objetivo se debe conocer a profundidad el proceso de transformación que habrá de desarrollarse así como el tipo de equipos considerados para su ejecución.

Basándose en la descripción de los equipos seleccionados en el punto 2.10, se explica a continuación la distribución de los mismos así como el tamaño del área destinada a la producción dentro de la nave industrial diseñada con este fin. Dicho acomodo obedece principalmente a la necesidad de optimizar tanto la operación de los equipos como los movimientos de materiales y personas, la centralización de líneas de servicio y el diseño higiénico de las instalaciones.

Como se sabe, el proceso de congelación de zarzamora comienza con el uso de cámaras de pre-enfriamiento y termina con la salida del fruto congelado empacado y listo para su transporte a temperaturas de conservación. Se observa que ambos extremos del proceso coinciden en la conservación de bajas temperaturas de mercancías que deben tener acceso a vehículos refrigerados. En función a lo anterior, se sugiere un patio de carga y descarga de materiales compartidos, al cual se pueda acceder a través de un andén o pasillo frío (ACD). Este andén servirá como enlace entre los transportes y los almacenes. Con ello se conserva de manera óptima la cadena de frío, evitando la entrada de aire caliente a los espacios frigoríficos y la consecuente variación de temperaturas en las mercancías.

En función a esta consideración se puede pensar en una línea de producción con forma de "U", cuyos extremos coinciden en una misma

área (andén de carga y descarga). Esto sugiere un acomodo de los almacenes de entrada y salida de manera contigua al andén, con lo cual se centralizan los servicios de producción de frío, se optimiza la recepción y el despacho de mercancías, así como el manejo interno de las mismas (movimientos de personal entre uno y otro almacén).

El dimensionamiento del andén, los almacenes y demás espacios frigoríficos se trata en el punto 3.1, por el momento se describen las áreas necesarias para el acomodo de los equipos de proceso.

La materia prima se maneja en cajas plásticas apilables, las cuales se transportan desde las zonas de producción hasta la planta en camionetas refrigeradas de 3.5 Ton de capacidad, por lo que su descarga y manejo se puede realizar mediante un patín de carga neumático, formando estibas de canastillas manualmente. Se almacenan en la cámara de conservación de producto fresco (CPF) dónde se disminuye su temperatura, en este proceso el control de temperatura y humedad son determinantes de la calidad. Posteriormente se transportan con el patín hasta la segunda etapa del proceso de transformación, el lavado.

Para esta etapa se emplea un equipo de lavado por inmersión y aspersion la carga se deposita en la tina de inmersión, manualmente se realiza la descarga de las tarimas y el vaciado de la materia prima. Estas operaciones requieren de un espacio suficiente, entre la puerta de salida de la CPF y la tina de inmersión del equipo, para la maniobra del patín cargado, la descarga de las cajas llenas y el desalojo de las cajas vacías. Como se muestra en la hoja técnica del patín, las medidas señaladas por el fabricante establecen un radio de acción de 1.72 m, reservando 1.5 m para las maniobras de descarga (las cuales se efectúan en la parte frontal del equipo) y desalojo de cajas vacías, por

lo que se deja un espacio de 3.86 m entre la salida de la CPF y la lavadora.

Debido al manejo de materiales por arrastre manual o motorizado se debe considerar el piso con un mismo nivel entre pasillo, cámaras y áreas de proceso. Este deberá ser liso y contará con un recubrimiento plástico de color claro. Se deberán dejar pendientes suficientes para el escurrimiento de líquidos hacia los registros de drenaje (1°). Con estas medidas se evitará la acumulación de suciedad, se podrá visualizar la limpieza del área y se facilitarán las labores de limpieza, sanitización y acomodo de los equipos.

Una vez realizado el lavado, el fruto pasa a la mesa de selección, la cual consta de una banda transportadora plástica a cuyos lados se colocan las personas encargadas de apartar manualmente, tanto los residuos que no hayan sido retirados durante el lavado, así como el fruto que no alcanza el nivel de calidad deseado. Las dimensiones del área destinada a la mesa de selección corresponden al largo del equipo (considerando el espacio necesario para la ubicación de 3 personas por cada lado así como la interconexión de la descarga de la lavadora con la alimentación de la banda de selección) y el ancho necesario para la operación de selección, contemplando espacio suficiente para el desalojo de los residuos mediante contenedores plásticos. La lavadora y la banda se acomodan en línea recta, favoreciendo con esto el flujo continuo de los materiales (los residuos se desalojan lateralmente coincidiendo así con el desalojo de canastas plásticas de la zona de lavado).

Una vez seleccionado el fruto que habrá de congelarse, se debe transportar hasta el punto de alimentación del IQF, el cual se encuentra a 2.89 m de altura con respecto al piso. Para ello es necesario emplear un elevador que movilice el producto desde 0.9 m

hasta 2.89 m. De igual forma debe considerarse que después de este punto del proceso, la temperatura del producto bajará a -25°C resultando necesario el mantener bajas las temperaturas de los espacios dónde se manejará el producto congelado. Con este fin, las áreas de congelación y envasado serán espacios refrigerados que habrán de aislarse del resto de las áreas de proceso. Esta necesidad propicia un cambio de dirección en la forma de la línea de proceso según se muestra en el diagrama 3 (ver anexo 2), de esta manera, los espacios refrigerados se centralizan, tanto en los almacenes como en el área de envasado y congelación. Así el equipo elevador no sólo cambia la altura del producto sino su dirección. En este caso, el área destinada al elevador es la necesaria para ajustar el equipo a la altura de alimentación del IQF, no hay necesidad de reservar espacio para operarios ni otros movimientos de mercancías, el área seleccionada para la ubicación de este equipo es suficiente para la inspección de dicha operación de transporte.

El siguiente equipo de proceso es el IQF, que según se ha descrito, estará ubicado dentro del espacio aislado denominado como AE (área de envasado). El equipo consiste en un habitáculo aislado térmicamente en cuyo interior fluye aire a baja temperatura a través de una banda perforada sobre la cual se movilizan los frutos a congelarse, de esta forma se crea un lecho fluidizado que facilita la congelación rápida individual. Este equipo requiere de un espacio suficiente que permita el acceso a su interior, tanto para su limpieza como para labores de mantenimiento. Los accesos, tanto de materiales como de personal, forman parte del diseño del equipo, por lo que se debe adaptar un espacio suficiente para su correcta utilización. Con este fin, se han reservado las partes frontal, trasera y uno de sus lados para la entrada y salida del fruto así como para la apertura de las puertas para el acceso de personal. Es por ello que el acomodo de este equipo de forma perpendicular al resto de la línea de producción

favorece la distribución de áreas a su alrededor y centraliza los servicios de producción de frío necesarios para su operación. En el diagrama 2 se observa el área reservada para el IQF dentro del área de envasado (AE). El fruto congelado continua su transporte a través de la banda interna del equipo hasta el punto de salida, el cual se encuentra a 1.74 m de altura con respecto al piso, de este punto parte una banda transportadora de altura ajustable que llevará el producto congelado directamente hasta la parte superior de la envolvente vertical (la tolva de alimentación del equipo se encuentra a 2.42 m de altura con respecto al nivel del piso).

La envasadora llena bolsas plásticas, requiriendo de un operario para su manejo, quien debe contar con un espacio para permanecer sentado frente al equipo. Las bolsas llenas se acomodan dentro de cajas de cartón las cuales se sellan y se apilan para su almacenamiento en la cámara de conservación de congelados (CCC). Estas operaciones requieren de un espacio adicional para el manejo de materiales de envase y embalaje (rollos de bolsa, cajas de cartón y tarimas), para el armado, llenado y acomodo manual de las cajas de cartón, así como para la movilización de las tarimas con producto terminado (estibas), esta última operación se realiza con el montacargas eléctrico ya que las estibas se deben acomodar a diferentes alturas dentro de la CCC.

Por todo esto se considera el área de envasado como la más importante en cuanto al movimiento de personas y materiales, la distribución de los espacios y equipos en su interior responde a las necesidades planteadas por las operaciones así como a la ubicación de la CCC, se mantiene la centralización de los espacios refrigerados y con ello se disminuyen las pérdidas de calidad en el producto congelado por variación de su temperatura (se evita su exposición durante tiempos prolongados a temperaturas elevadas).

CAPITULO 3. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE FRÍO**3. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.****3.1. *Diseño de espacios frigoríficos.***

Para el dimensionamiento interno se deben considerar algunos aspectos importantes que ayudan a definir la forma y las dimensiones del área fría, para conseguir la uniformidad de la circulación del aire.

Para esto se toma en cuenta lo siguiente:

- Cantidad máxima del producto a almacenar.
- La forma de estibación (convertidores, racks o estantería fija).
- Densidad de almacenamiento.
- Manejo interno del producto.
- Circulación óptima del aire.
- Primeras Entradas - Primeras Salidas (PEPS).

En el Cuadro 8 se muestra un panorama general de cada una de las áreas frías que comprenden la planta, así como el objetivo que éstas persiguen.

Cuadro 8: Información general de áreas frías.

Aplicación:	Objetivo:	T(°C):	Cantidad:
Cámara de preenfriamiento	Retirar el calor de campo de la zarzamora, por medio de aire húmedo. Están localizadas en las huertas de mayor producción.	7	1650 Kg./día
Anden de carga y descarga (ACD)	Ayuda a mantener la cadena de frío y conservar la calidad del fruto.	5	----
Cámara de producto fresco (CPF)	Sirve como almacén del producto fresco. Su capacidad es para 3 días con el fin de asegurar la calidad del fruto en caso de fallas en el proceso.	0 - 0.5	24750 Kg. /3días
Área de envasado (AE)	Minimizar los daños del producto por recalentamiento durante el envasado.	5	----
Cámara de conservación de congelado (CCC)	Mantiene al producto congelado, preservando las características del mismo. Su capacidad permite almacenar producto durante mes y medio.	-25	259 Ton 30 % de la producción total

Para realizar los cálculos necesarios para el diseño de espacios fríos se siguió la metodología descrita a continuación.

Cantidad del fruto: Es importante conocer la cantidad de zarzamora que se recolecta en las huertas, para poder determinar la capacidad del área fría. Estas son recolectadas en cajas de plástico, la característica primordial de estas se basa en su diseño calado por todos lados para facilitar la ventilación del producto; así como su

corta altura para evitar peso excesivo que pueda dañar el fruto que se encuentra al fondo de las cajas.

Acomodo de las cajas: Se debe contemplar que las medidas de las cajas se arreglen de forma tal, que se forme un primer nivel en la tarima sin que se rebasen los límites de esta. El número de estibas está determinado por la resistencia a la compresión de la caja.

Carga de la tarima: Para esto se requiere saber de la capacidad de las cajas de plástico y del número de cajas que forman una estiba. Una vez que se tiene esta información se multiplican estos valores antes mencionados y se obtiene la carga total de la tarima.

Número de tarimas: Este valor se obtiene del cociente de la cantidad total de producto y de la carga total de la tarima.

Distribución de las tarimas: Este punto tiene gran relevancia ya que cuando se distribuyen adecuadamente las tarimas y se logran conservar los espacios libres en el interior del área fría se tendrá como resultado la buena circulación del aire. Estos espacios libres se refieren:

Entre pared y tarima: de 0.20 a 0.40 m

Entre estiba y tarima: de 0.10 a 0.20 m

Pasillo interno: depende del manejo interno de los productos.

Dimensiones del área fría: Este se obtiene de la suma del acomodo de las tarimas y de los espacios libres necesarios.

Densidad de carga: Es un valor promedio, que da una idea del aprovechamiento de espacio frío en relación capacidad / volumen.

Esto a su vez está en función de la cantidad y el acomodo del producto a conservar.

Almacenamiento de congelados: 300 a 550 Kg. /m³

Almacenamiento refrigerado: 160 a 250 Kg. /m³

En cuanto a la construcción se refiere, se utilizan paneles aislantes estructurales laminados, los cuales ofrecen mayor control de humedad de las instalaciones que la de mampostería. El material de fabricación es el poliestireno expandido, algunas de sus propiedades se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9: Propiedades del poliestireno expandido.

Propiedad:		Valor:	
Densidad [=] Kg./m ³		16	
Conductividad térmica [=] Kcal./m.h.°C (W/m.K)		0°C	0.030 (0.035)
		50°C	0.037 (0.043)
Resistencia térmica por m ² [=] m ² .h.°C/Kcal.			
Espesor [=] mm	0°C	50°C	
50	1.66	1.35	
100	3.33	2.70	
200	6.67	5.40	

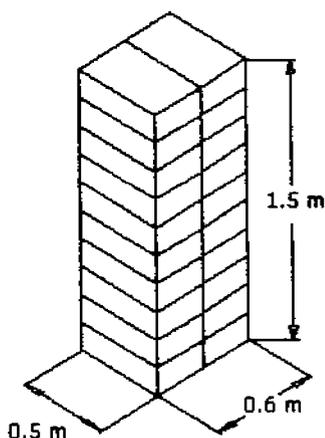
Fuente: Frigocel S.A de C.V., 2000.

3.2.1 Metodología de cálculo.

Caso 1: Cámaras de Pre-enfriamiento.

Debido a que las entidades productoras están muy dispersas y alejadas de donde se instalará la planta congeladora (ver figura 4), se considera importante cuidar desde un principio la cadena de frío; para lo cual se requiere instalar una cámara de pre-enfriamiento en cada una de las 5 zonas donde la producción de zarzamora tiende a ser más elevada.

Para su dimensionamiento se contempla la zona de mayor producción, que en este caso, cuenta con 12 ha y con un rendimiento de 137.5 Kg. /ha (estimando su crecimiento a 5 años). Por lo tanto se tiene:



Dimensiones de la estiba

- Cantidad de producto:

1650 kg/ día.

- Acomodo de las cajas: Se colocan 2 cajas como base y se estiban 10 niveles; dando la forma del pellet. Por lo que sus dimensiones son:

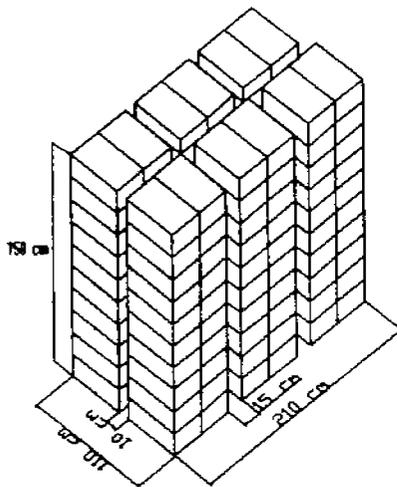
0.50 m x 0. 60 m x 1.50 m

Nota: La altura de dicho pellet se basó en la resistencia de las cajas y en que fuese accesible el manejo para el personal.

- Carga de la estiba: La capacidad de las cajas son de 15 kg cada una; y la estiba cuenta con 20 cajas así que se tiene: $20 \text{ cajas} \times 15 \text{ kg/caja} = 300 \text{ kg}$

- Número de estibas: $1650 \text{ Kg}/300\text{Kg} = 5.5 \text{ estibas}$

Nota: No puede existir números fraccionados en la formación de un pellet, por lo que se redondea al número inmediato superior.



Distribución de las Estibas

-Distribución de las estibas: Estos se acomodaron respetando los espacios libres que se debe de tener.

- Dimensiones del Área Fría: En este caso se respetó el espacio que ocupa el difusor y los pellets resultando:

$$1.5 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

- Densidad de carga:

$$\frac{1800 \text{ kg}}{10.5 \text{ m}^3} = 171.42 \text{ kg/m}^3$$

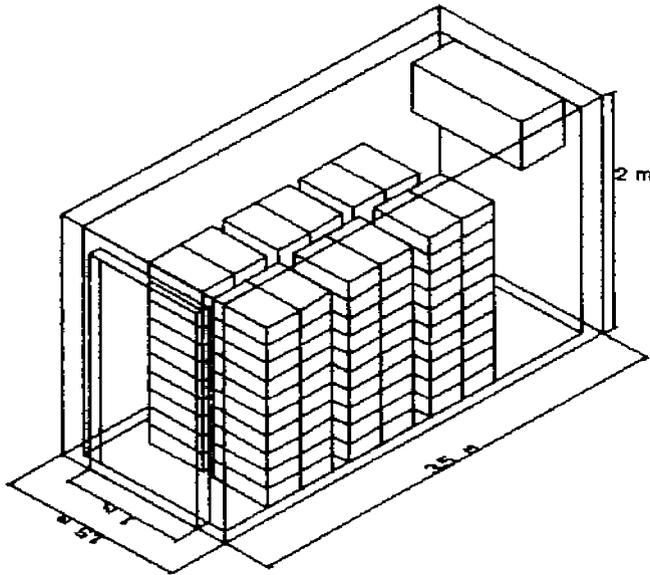
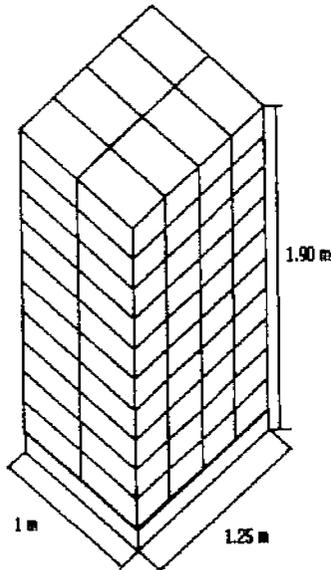


Figura 9: Distribución de estibas en Cámara de Preenfriamiento

Caso 2: Cámara de producto fresco (CPF).

El dimensionamiento del espacio frío para esta cámara debe contemplar la capacidad de almacenamiento de las 5 cámaras de preenfriamiento y la cantidad de producto cosechado de 3 días, ya que se debe prever el paro en la producción de la planta por algún motivo; y sólo durante este período la zarzamora conserva su calidad inicial bajo estas condiciones de almacenamiento, de lo contrario es mejor comercializarla en fresco.



Dimensiones de la estiba.

- Capacidad total: 24,750 Kg.
- Acomodo de las cajas: Se colocan 8 cajas por nivel en una tarima (1 m x 1.25 m x 0.10 m) con 12 niveles. Por lo que las dimensiones de la estiba son:

$$1.25 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1.9 \text{ m}$$

- Carga de la estiba: Si se tiene 8 cajas por nivel nos da:
8 cajas x 15 Kg./cajas = 120 Kg.
12 niveles x 120Kg./nivel = 1440 Kg.

- Distribución de las estibas: Se estiman 11 cm entre cada estiba, y un pasillo para que el patín de carga circule adecuadamente.

- Dimensiones del área fría: 8 m x 5 m x 3.5 m

- Densidad de carga:

$$25920 \text{ kg} / (8 \times 5 \times 3.5) \text{ m}^3 = 185.14 \text{ kg/ m}^3$$

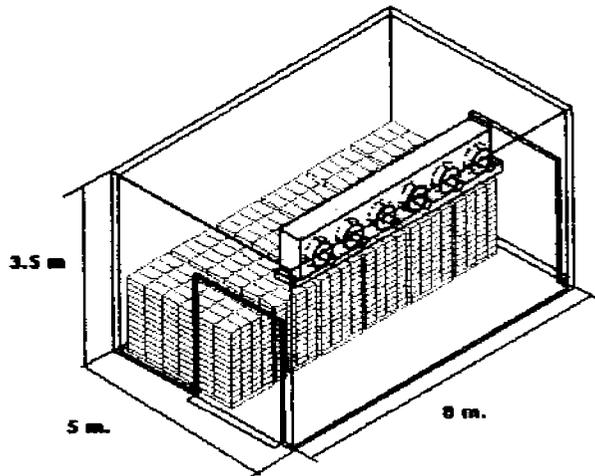


Figura 9: Distribución de estibas en cámara de producto fresco.

Caso 3: Cámara de producto congelado (CCC).

La secuencia de cálculo es similar a la aplicada en la cámara de producto fresco, la diferencia radica en las consideraciones empleadas, por ejemplo: La zarzamora congelada es envasada en bolsas plásticas de 3 Kg. y 10 de estas a su vez en una caja de cartón. Esta cámara tiene la capacidad de almacenar una cantidad de 259 Ton (30% de la producción total); y para el almacenaje y manejo del producto se decidió utilizar *racks* (estantes dinámicos) por las siguientes razones:

- Se adaptan a las dimensiones de la tarima.
- Facilitan el manejo del producto.
- Aumentan la densidad de carga del almacén.
- Primeras entradas - primeras salidas.

- Favorecen la circulación del aire frío alrededor del producto.

Dentro de la cámara se consideró un pasillo para que el montacargas pueda realizar maniobras para el acomodo del producto.

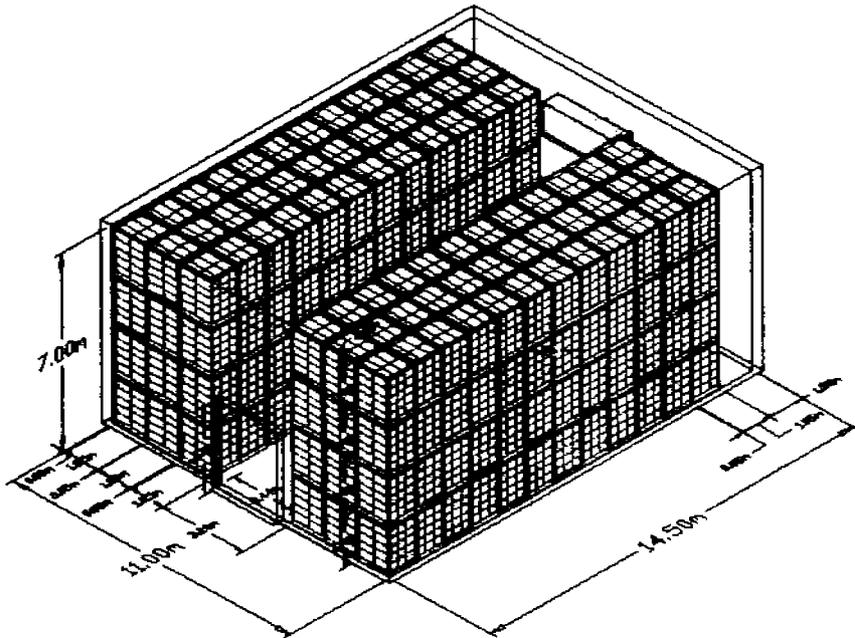


Figura 10: Distribución de racks en CCC.

Caso 4: Área de envasado (AE).

Las dimensiones de este espacio frío se obtienen a partir de la altura del IQF y del área necesaria para acomodar la maquinaria de envasado. Tiene una puerta de acceso que permite el paso del montacargas al interior. Su temperatura de diseño es de 5°C para aminorar el recalentamiento del producto congelado (ver diagramas 1 y 2).

Caso 5: Andén de carga y descarga (ACD).

El espacio contemplado obedece a la necesidad de hacer maniobras por parte del montacargas para el movimiento del producto fresco y congelado en sus etapas de recepción y embarque respectivamente con el fin de mantener la cadena de frío (ver diagramas 1 y 2).

3.2. Cálculo de cargas térmicas.

Es el resultado de la suma de todos los calores existentes en un almacén refrigerado, estos provienen de muchas fuentes como son:

Transmisión de calor del exterior a través de las paredes aisladas. A fin de reducir esta transferencia, el factor de coeficiente de conductividad (k) debe ser pequeño y el material aislante tan grueso como económicamente sea factible. El material seleccionado es poliestireno expandido, se clasifica como rígido o semi-rígido, está disponible en hojas de diversos espesores. Debido a su densidad y estructura tiene incorporada una barrera de vapor contra la humedad.

Efecto solar. El factor principal de ganancia térmica en la carga es la radiación emitida durante la exposición solar.

Infiltración de aire: El aire exterior que entra al espacio refrigerado debe ser reducido a la temperatura interna del almacén, lo que hace que incremente la carga térmica, por lo que es necesario prever la frecuencia en la apertura de las puertas de acceso.

Carga del producto: Es el calor proveniente del producto existente dentro del espacio refrigerado. Para lograr calcular la carga térmica es necesario conocer:

Carga de calor sensible por encima del punto de congelación. La mayor parte de los productos, al llegar al almacén frío están a una temperatura más alta que la temperatura del almacén.

Calor por respiración. Productos como frutas y verduras cuando se almacenan generan calor debido a la respiración. Esta carga varía según el tipo y la temperatura del producto.

Carga por calor latente de congelación. Se refiere a la eliminación de calor necesario para congelar productos alimenticios con alto contenido de agua.

Carga por calor sensible por debajo del punto de congelación. Una vez congelada el agua del producto, puede haber enfriamiento sensible de nuevo; se debe considerar que el hielo formado dentro del producto cambia el valor de calor específico que posee el alimento sin congelar.

Cargas Complementarias: Es la suma de los factores individuales que contribuyen a la misma:

Energía eléctrica. Es la que se disipa en el espacio refrigerado por iluminación, principalmente convertida en calor.

Motores eléctricos. Es la que se presenta por el motor de los evaporadores y por el montacargas cuando entra al almacén.

Personal. Es el calor producido por la gente que trabaja en el interior del espacio frigorífico.

Cuadro 10: Ecuaciones empleadas para el desarrollo de las cargas térmicas.

Identificación de temperaturas	$T_{cal} = 0.6 (T_{max}) + 0.4 (T_{med})$
	$T_{pasillo} = 0.55 (T_{cal})$
	$T_{cm} = 0.7 (T_{cal})$
	$T_{piso} = T_{cal} + 15 / 2$
Carga térmica	Transferencia de calor: $Q = (U \cdot A \cdot \Delta T)$
	Efecto Solar: Depende del color de las superficies y de la ubicación que estas tengan.
	Infiltración de aire: Está en función del volumen del área fría.
	Carga de los productos: Calor sensible. $Q_{ac} = m \cdot C_{pac} \cdot \Delta T$
	Calor por respiración (zarzamora): $Q_{resp} = 1.70 - 2.52 \text{ Btu/lb./24 h}$
	Calor latente de congelación. $Q_f = m \cdot \lambda$
	Calor sensible por debajo del punto de congelación: $Q_{dc} = m \cdot C_{pdc} \cdot \Delta T$
	Cargas Complementarias: Se obtuvieron de las tablas registradas en el ASRAHE.

En el cuadro 11 se muestra un resumen de los datos necesarios para el cálculo de la carga térmica de la cámara de producto fresco así como las cargas complementarias y principales obtenidas para dicho espacio frío mediante la aplicación de las ecuaciones presentadas en el cuadro 10.

Cuadro 11: Determinación de la carga térmica para la cámara de producto fresco (CPF).

Ambiente de diseño:		Diseño de la habitación:	
T_{BS}	37 °C	T_{BS}	1°C
T_{BH}	21°C	T_{BH}	0.6°C
H.R.	95%	H.R.	95%
T_{verano}	21°C	$T_{invierno}$	0°C
Dimensiones interiores:		Dimensiones exteriores:	
Ancho:	5 m	Ancho:	5.3 m
Largo:	8 m	Largo:	8.2 m
Alto:	3.5 m	Alto:	3.6 m
Volumen:	140 m ³	Superficie:	140.7 m ²
Pared:	Colinde:	Tipo de temp:	Área (m ²):
Norte	CCC	$T_{pasillo}$	19.08
Sur	AMP	$T_{pasillo}$	19.08
Este	ACD	$T_{pasillo}$	29.52
Oeste	Proceso	$T_{pasillo}$	29.52
Techo	Protegido	$T_{pasillo}$	43.46
Piso	Protegido	T_{piso}	43.46
Ganancia de calor por paredes		36499.5 Btu/h	
Infiltración por cambios de aire		3915.7 Btu/h	
Carga de calor por producto almacenado		90348.3 Btu/h	
Carga de calor complementarias		17539.5 Btu/h	
Carga Total		148303 Btu/ h	
		12.359 T.R	

3.3. Diagrama de producción de frío.

Como se ha podido observar a partir de los puntos expuestos anteriormente, el proceso de transformación seleccionado así como el consecuente diseño de la planta tienen como común denominador el empleo de bajas temperaturas. Desde la preparación de la materia prima para su transformación, hasta su transporte como producto terminado se requiere la producción de frío, siendo este el servicio principal y crítico para la operación de la planta.

Dada la importancia que tiene esta operación sobre la calidad del producto terminado, se requiere diseñar una instalación de producción de frío que responda a las necesidades imperantes en las diferentes etapas del proceso. Para esto se han considerado los requerimientos actuales y futuros de dicho servicio, así como las recomendaciones técnicas necesarias para su operación eficiente.

Primeramente fue necesario hacer un análisis de las diferentes aplicaciones a las que se destinaría la producción de frío, las cuales se ordenan en el siguiente cuadro:

Cuadro 12: Cargas térmicas.

Aplicación	T_e [=] °C (°F)	T_o [=] °C (°F)	Q_o [=] TR	Q_o' [=] TR	Q_o Total [=] TR
ACD	5 (41)	0.55 (31)	4.41	4.68	Alta temp. 20.3
AE	5 (41)	0.55 (31)	3.13	3.31	
CPF	0 (32)	-3.88 (25)	11.32	12.3	
CCC	-25 (-13)	-30.55 (-23)	7.78	8.18	Baja temp. 39.18
IQF	-34.4 (-30)	-40 (-40)	31	31	

Fuente: Bitácora del proyecto.

Las aplicaciones se han dividido de acuerdo a sus temperaturas en dos grupos:

Alta temperatura (Superiores a los 0°F)

Baja temperatura (Inferiores a los 0°F)

Esta división responde a la necesidad de diseñar un sistema acorde a la intensidad de uso de cada una de las aplicaciones según se resume en el cuadro siguiente:

Cuadro 13: Clasificación de aplicaciones de frío.

Aplicación	Tiempo operación	Tipo descarche	Tiempo descarche
ACD	8 h	Paro de ciclo	0
AE	8 h	Paro de ciclo	0
CPF	23.44 h	Gas caliente	0.76 h
CCC	21.79 h	Gas caliente	0.029 h
IQF	7.84 h	Paro de ciclo	0

A partir del análisis de la información presente en los dos cuadros anteriores, existe una marcada diferencia entre la demanda de capacidad ($Q_{0'}$), la intensidad de uso (t_{op}), la velocidad de respuesta del sistema (v_{Enf}) y la importancia del control de temperatura para cada una de las aplicaciones existentes.

Son 3 las aplicaciones que acaparan la mayor parte de la capacidad del sistema: IQF (48.8%), CPF (34.7%) y CCC (11.6%). La aplicación que demanda la mayor cantidad de capacidad de producción de frío es el IQF, opera únicamente durante 8 horas al día, pero requiere de una

alta velocidad de respuesta con un control de temperatura estricto. La CPF, a diferencia de las demás aplicaciones, tiene una intensidad de uso variable, esto depende de la cantidad de materia prima que llegue a la planta y de la velocidad de procesamiento de la misma. Por otra parte la CCC requiere de una operación continua, un control estricto de temperatura y es la aplicación que ocupa el 3er lugar en la demanda de capacidad.

Las aplicaciones restantes tienen una menor intensidad de uso y la capacidad que demandan es mínima: AF (2.3%) y AE (2.6%). Su control de temperatura no es crítico

En función a estas diferencias, se hace necesario diseñar un sistema que permita el funcionamiento adecuado de todas las aplicaciones en el momento en que se requiera su operación. En general se tienen dos patrones de intensidad de uso los cuales coinciden también con las temperaturas de aplicación. Un grupo de aplicaciones (IQF, CCC y CPF) tienen una alta intensidad de aplicación y bajas temperaturas, mientras que las aplicaciones restantes (AF y AE) tienen una baja intensidad de aplicación y altas temperaturas.

Dentro del 1er grupo existe una aplicación que difiere de las otras dos: la CPF, ya que se clasifica en las aplicaciones de alta temperatura, pero su intensidad de uso variable y la demanda de capacidad son mucho mayores haciéndola equiparable al resto de las aplicaciones pertenecientes a este grupo.

En función de estas diferencias, se ha diseñado un sistema de producción de frío de dos etapas:

Alta presión: La cual dará servicio a las aplicaciones de alta temperatura (AF, AF y CPF).

Baja presión: La cual dará servicio a las aplicaciones de baja temperatura (CCC e IQF).

De esta forma, la carga total de cada grupo de aplicaciones se equilibra, optimizando así la operación del sistema. Cada etapa tendrá una diferencia en su intensidad de uso, por lo que deberá contar con la posibilidad de operar de manera independiente. Esto es, algunas aplicaciones de alta temperatura (AF y CPF) funcionan durante la primera parte de la jornada de trabajo, mientras que el AE se requiere en la parte final del turno. Esto significa que la etapa de alta presión del sistema de producción de frío trabaja normalmente durante la mayor parte de la jornada laboral, a mayor intensidad durante la primera mitad de la misma. Mientras tanto, la etapa de baja presión trabaja de forma continua para dar servicio a la CCC e incrementa notablemente su intensidad de trabajo durante la operación del IQF.

Debido a estos cambios en las exigencias de operación de cada una de las etapas se sugiere la utilización de compresores tipo tornillo, los cuales poseen la ventaja técnica de variar su capacidad de operación y responder de esta manera a los cambios en la intensidad de uso del sistema. De igual forma, una instalación de doble etapa puede incrementar la eficiencia del sistema y permite una mayor versatilidad, ya que al momento de existir algún paro en una o varias aplicaciones, el sistema puede adaptarse para continuar alimentando al resto. Esto es especialmente útil al considerar que durante los periodos de baja producción la única aplicación que demandará el servicio será la CCC, su operación es permanente pues se prevé un almacenamiento continuo de producto terminado, por lo que el sistema deberá ser capaz de operar a baja presión sin necesidad de utilizar la división en dos etapas.

Se sabe que dada la distribución de áreas planteadas en el punto 2.12, se ha diseñado un cuarto de maquinas (MPF) para la instalación del sistema de producción de frío, el cual se encuentra en el mismo nivel que el resto del área de producción. Dicho sistema presenta la ventaja de centralizar los equipos y confinarlos a un área específica, de igual forma, los espacios frigoríficos se han concentrado, por lo que las tuberías del sistema pueden concentrarse en ramales directos hacia sus respectivas aplicaciones.

Con ello se cuenta con la ventaja de alimentar las aplicaciones de baja temperatura mediante algún sistema de recirculación, lo cual hace aún más eficiente su operación. El mejor sistema, debido al mismo nivel de ubicación de equipos, es la recirculación con sistema de bombeo. Este método asegura una rápida alimentación del IQF y un estricto control de temperaturas en la CCC.

Por otra parte, el sistema de alta temperatura, debido a su escaso nivel de control, puede alimentarse por expansión directa, siendo la CPF la aplicación principal de dicha etapa. Su operación es limitada en cuanto al tiempo de funcionamiento, pero la velocidad de respuesta deberá adaptarse a las necesidades de cada aplicación.

Dada la diferencia de temperaturas entre las aplicaciones de baja y alta temperatura, se recomienda la utilización de un Inter-enfriador cerrado, con lo cual se incrementa la eficiencia termodinámica del ciclo de refrigeración.

También resulta necesaria la utilización de un sistema de descarche que optimice la operación de los evaporadores. En el caso de la CCC se requiere el descarche debido a la baja temperatura de operación del equipo, en el caso de la CPF la temperatura de evaporación es de -3.88°C y la H.R. es elevada, por lo que el nivel de

escarchado puede ser alto. Estas dos aplicaciones, así como el IQF contemplan en su diseño la aplicación de un sistema de descarchado por gas caliente, el cual es un método que permite un control preciso de temperatura y que es factible pues se prevé que por lo menos una de las aplicaciones estará detenida mientras las otras dos operan, con esto se cuenta con suficiente gas caliente proveniente de los compresores en operación. El resto de las aplicaciones pueden descarcharse por paro de ciclo, ya que no se utilizan durante la mitad del día y sus temperaturas de evaporación no son suficientemente bajas para provocar un problema severo de escarchado.

En función a todas estas consideraciones, el sistema de producción de frío se esquematiza en el diagrama 5, el cual muestra los equipos principales así como las líneas de tuberías que los unen. El número y tipo de válvulas que se esquematizan, así como la distribución y longitud de las tuberías no corresponden al arreglo real, simplemente ilustran el número básico de tuberías y válvulas que debe poseer el sistema para operar de manera teórica.

3.4. Selección de equipos de producción de frío.

A continuación se presenta la secuencia de cálculo para la selección de equipos que forman parte del ciclo de refrigeración del tipo: "Polivalente de Compresión de doble etapa, con descarches por paro de ciclo en aplicaciones de alta temperatura y descarches con gas caliente en las aplicaciones de bajas temperaturas y enfriamiento de aceite de los compresores por inyección de líquido en los mismos". A su vez este sistema está diseñado para operar en una sola etapa con el fin de disminuir el consumo energético, cuando la carga térmica se reduce a solamente dos aplicaciones CCC y CPF (esta última solo en caso de ser necesaria por el paro en el funcionamiento de la planta por razones

ajenas). Al finalizar la secuencia de cálculo de todos los equipos de producción de frío se anexan las hojas técnicas.

Primeramente se eligen los evaporadores que son los responsables de enfriar los espacios frigoríficos. Para ello se realizan los siguientes pasos:

1. Ordenar los datos

- Tener presente el tipo de aplicación.
- Temperatura de la cámara.
- Temperatura del refrigerante.
- Verificar el tipo de alimentación.
- Carga térmica.
- Dimensiones del espacio frigorífico.

2. Secuencia de cálculo.

- Se determina el número de unidades en función de las dimensiones del cuarto, esto implica las necesidades de la velocidad, el flujo volumétrico y el alcance del aire.
- Se determina la carga térmica de la aplicación por evaporador más un 10 % como factor de seguridad.
- Se busca en los catálogos de los proveedores y se selecciona la unidad correspondiente.
- Una vez seleccionado el evaporador se realiza el recalcu de la carga térmica, tomando en cuenta el calor por motores del mismo.
- Si la capacidad es suficiente se decide por ese modelo, de lo contrario se busca el modelo superior.

Posteriormente se seleccionan los compresores booster de primera etapa (C1) y segunda etapa (C2), responsables de entregar el fluido a presión intermedia y presión de condensación respectivamente al condensador. El procedimiento es el siguiente:

1. Ordenar datos:

- Obtener la presión y/o temperatura de succión y descarga para primera y segunda etapa.
- Se calcula la relación de compresión.
- Conocer la carga térmica.
- Velocidad de la operación.
- Tipo de enfriamiento de aceite.

2. Secuencia de cálculo.

Booster (C1):

- En este sistema de refrigeración el enfriamiento de aceite es por inyección de líquido; esto significa que la capacidad del compresor será penalizada en un 10%.
- Como resultado del punto anterior, la carga térmica de operación para el compresor será la de las aplicaciones (CCC y IQF) más un 10% como factor de seguridad.
- Con la presión o temperatura de succión, presión intermedia y la carga térmica se busca en los catálogos de los proveedores y se selecciona la unidad correspondiente.

Ecuaciones empleadas:

$$Q_{\text{total}} = CCC + IQF + 10\%$$

$$R_{c1} = P_d/P_s$$

Una etapa (C1):

- En este sistema de refrigeración el enfriamiento de aceite es por inyección de líquido; esto significa que la capacidad del compresor será penalizada en un 10%.
- Como resultado del punto anterior, la carga térmica de operación para el compresor será la de las aplicaciones (CCC, CPF) más un 10%.
- Con la presión o temperatura de succión, intermedia y la carga térmica se busca en los catálogos de los proveedores y se selecciona la unidad correspondiente.

Ecuaciones empleadas:

$$Q_{1Etapa} = CCC + CPF + 10\%$$

$$R_{1Etapa} = P_{cond}/P_{baja}$$

Segunda etapa (C2):

- La carga térmica de operación para este segundo compresor será igual a la suma de carga térmica de las aplicaciones de alta más el calor por compresión y aplicaciones de baja; finalmente 10% por enfriamiento de aceite.
- Con la presión o temperatura intermedia de condensación así como la carga térmica se busca en los catálogos de los proveedores y se selecciona la unidad correspondiente.

Ecuaciones empleadas:

$$Q_{2Etapa} = Q_{Baja} + Q_{Alta} + BHP_{C1} + 10\%$$

Después se continúa con el condensador es el responsable de cambiar de estado el fluido de todo el sistema, es decir, rechaza todo

el calor acumulado en el ciclo de refrigeración. Los pasos son los siguientes:

1. Ordenar los datos:

- Conocer la temperatura de bulbo seco, bulbo húmedo y/o presión correspondiente. Estos datos deben ser consistentes con las condiciones más extremas de operación.

2. Secuencia de cálculo:

- Se determina la carga térmica la cual está formada a partir de: el calor de todas las aplicaciones, el calor por compresión en las dos etapas, el calor por descarche, calor por enfriamiento de aceite y el 10% de toda esta suma como factor de seguridad.
- Se busca en los catálogos de los proveedores y se selecciona la unidad correspondiente.

Ecuaciones empleadas:

$$Q_{20} = Q_{2^{\text{a}} \text{ Etapa}} + BHP_{\text{Acto}} + 10\%$$

A continuación se selecciona el recirculador por bombas que es el encargado de sobrealimentar con refrigerante al IQF y alimentar al evaporador de la cámara de congelado. El procedimiento es el siguiente:

1. Ordenar los datos:

- Conocer la temperatura de evaporación.
- Determinar la carga térmica de las aplicaciones IQF y CCC.

2. Secuencia de Cálculo:

- Obtener el volumen de los serpentines de los evaporadores de las aplicaciones.
- Del dato anterior se le suma un 55% como factor de diseño para asegurar que el sistema en cualquier momento se encuentre inundado.

Posteriormente se selecciona el recipiente de alta presión, su función radica en ser receptor de líquido (amoníaco) que viene del condensador a alta presión y temperatura de condensación. Para ello se requiere de:

1. Ordenar los datos:

- Presión de operación.
- Volumen de líquido a almacenar.
- Volumen del Inter -enfriador cerrado

2. Secuencia de cálculo

- Con los datos anteriores obtenemos el volumen interno, dato con el cual podemos elegir un modelo con el proveedor.

Finalmente se selecciona el Inter - enfriador cerrado, su función radica en: subenfriar el refrigerante que se obtiene del recipiente de alta presión para alimentar así a las aplicaciones.

1. Ordenar los datos:

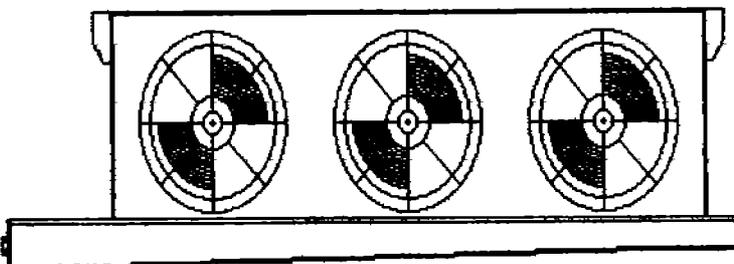
- Cargas Térmicas de alta y de baja
- Temperatura de descarga.

2. Secuencia de cálculo

- Con los datos anteriores obtenemos del catálogo la curva de selección del equipo, dato con el cual podemos elegir un modelo con el proveedor.

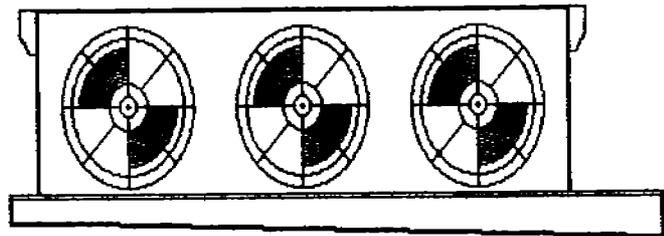
Hoja técnica: Evaporador de CPF.		
Fabricante:	Modelo:	Marca:
York Refrigeration	SCS-684XH	Frigid Coil
Condiciones de Operación:		
Toneladas actuales (T.R)	17.64	
Temperatura del cuarto (°C)	0	
Tipo de Alimentación	Expansión Directa	
Características de los accesorios:		
Número de ventiladores	6	
Volumen de flujo de aire (m ³ /s)	14.81	
Velocidad del flujo de aire (m/s)	3.03	
Dimensiones del equipo:		
Longitud (m)	6.04	
Ancho (m)	1.04	
Altura (m)	1.27	
Peso (Kg.)	2181.816	
Diagrama del equipo:		
		

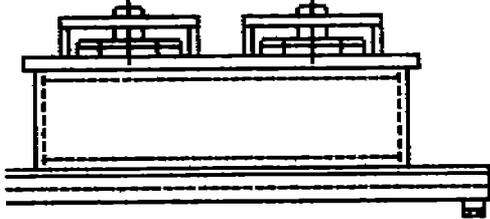
Hoja Técnica del Equipo de Evaporación de C.C.C.

Fabricante: Cork Refrigeration	Modelo: SCS-363XH	Marca: Frigid Coil
Condiciones de Operación:		
Toneladas actuales. (T.R)	8.14	
Temperatura del cuarto. (°C)	-25	
Tipo de Alimentación	R. Líquido.	
Características de los accesorios:		
Número de ventiladores	3	
Volumen de flujo de aire (m³/s)	7.94	
Velocidad de flujo de aire (m²/s)	3.25	
Dimensiones del equipo:		
Longitud (m)	3.30	
Ancho (m)	1.04	
Altura (m)	1.21	
Peso (Kg.)	833.26	
Diagrama del equipo:		
		

Hoja Técnica del Equipo de Evaporación de A.C.D.

Fabricante: York Refrigeration	Modelo: SCS-364SH	Marca: Frigid Coil
Condiciones de Operación:		
Toneladas actuales.	4.67	
Temperatura del cuarto.(°C)	5	
Tipo de Alimentación	Expansión Directa	
Características de los accesorios:		
Número de ventiladores	3	
Volumen de flujo de aire (m³/s)	4.33	
Velocidad de flujo de aire (m²/s)	2.98	
Dimensiones del equipo:		
Longitud (m)	2.84	
Ancho (m)	0.93	
Altura (m)	0.81	
Peso (Kg.)	617.34	

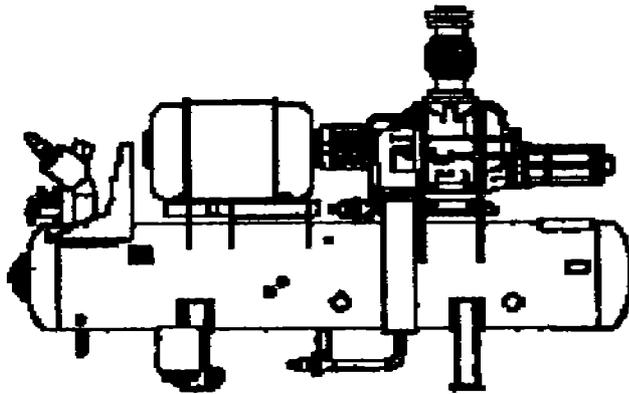
Diagrama del equipo:

Hoja Técnica del Equipo de Evaporación de A. E.		
Fabricante: York Refrigeration	Modelo: ATRB-284 1/3	Marca: Frigid Coil
Condiciones de Operación:		
Toneladas actuales.	3.32	
Temperatura del cuarto.	5	
Tipo de Alimentación	Expansión Directa	
Características de los accesorios:		
Número de Ventiladores	2	
Volumen de flujo de aire (m³/s)	2.86	
Velocidad de flujo de aire (m²/s)	2.9	
Dimensiones del equipo:		
Longitud (m)	2.225	
Ancho (m)	0.749	
Altura (m)	0.996	
Peso (Kg.)	621.43	
Diagrama del equipo:		
		

Hoja Técnica del Equipo de Compresión. (Booster)

Fabricante: York Refrigeration	Modelo: RXF-101B	Marca: Frick
Condiciones de Operación:		
Capacidad en Toneladas (T.R.)		43.1
Temperatura de evaporación (°C)		-40
Temperatura de succión (°C)		-34.61
Temperatura de descarga (°C)		54.44
Presión de succión (psia)		8.5
Presión de descarga (psia)		50.1
Poder del compresor (BHP)		73.2
Sistema de enfriamiento de aceite		Inyección

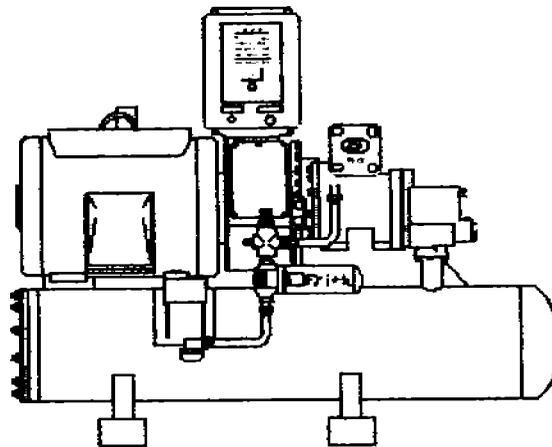
Diagrama del equipo:



**Hoja Técnica del Equipo de Compresión.
(Segunda etapa)**

Fabricante: York Refrigeration	Modelo: RXF-101B	Marca: Frick
Condiciones de Operación:		
Capacidad en Toneladas (T.R.)	9.8	
Temperatura de evaporación (°C)	-40	
Temperatura de succión (°C)	-25.11	
Temperatura de descarga (°C)	54.44	
Presión de succión (psia)	15	
Presión de descarga (psia)	186.4	
Poder del compresor (BHP)	108.2	
Sistema de enfriamiento de aceite	Inyección	

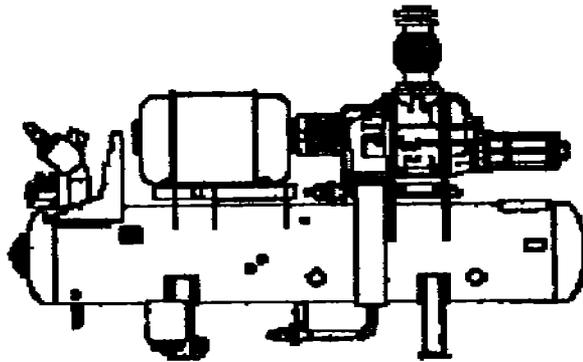
Diagrama del equipo:

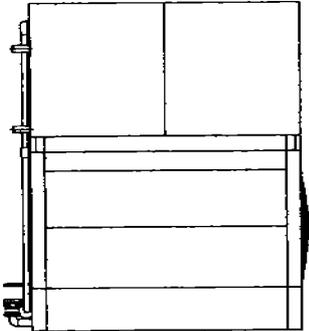


Hoja Técnica del Equipo de Compresión. (Una etapa)

Fabricante: York Refrigeration	Modelo: RXF-50	Marca: Frick
Condiciones de Operación:		
Capacidad en Toneladas (T.R.)	87.4	
Temperatura de evaporación (°C)	-9	
Temperatura de succión (°C)	4.88	
Temperatura de descarga (°C)	54.4	
Presión de succión (psia)	42.2	
Presión de descarga (psia)	183.8	
Poder del compresor (BHP)	118.9	
Sistema de enfriamiento de aceite	Inyección	

Diagrama del equipo:

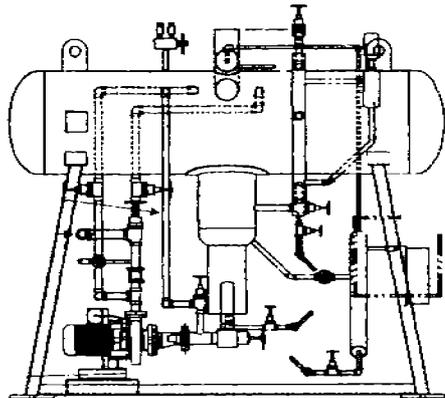


Hoja Técnica del Equipo de Condensación. (Condensador evaporativo)			
Fabricante:	York	Modelo:	Marca:
Refrigeration		XLP-S150	Imeco
Condiciones de Operación:			
Temperatura de bulbo húmedo.		21.11	
Temperatura de condensación.		32.22	
Presión de condensación. (psia)		180.4	
Especificación de MBH		1521	
Características de los accesorios:			
Flujo de aire (m ³ /s)		13.2	
Número de ventiladores		1	
Motor (KW)		3.728	
Dimensiones del equipo:			
Longitud (m)		3.683	
Ancho (m)		1.568	
Altura (m)		4.222	
Diagrama del equipo:			
			

Hoja Técnica de la unidad de Recirculación.

Fabricante: York Refrigeration	Modelo: 3612 A	Marca: Frick
Condiciones de Operación:		
Toneladas de Refrigeración. (T.R)	64.2	
Temperatura de operación (°C)	- 30.55	
Temperatura de alimentación de líquido (°C)	32.22	
Flujo volumétrico bombeado (m³/s)	9.4x10 ⁻⁴	
Dimensiones del equipo:		
Longitud (m)	3.657	
Diámetro (m)	0.9144	
Espesor de la carcasa (m)	7.93 x 10 ⁻³	

Diagrama del equipo:



Hoja Técnica del Recibidor de Líquido.

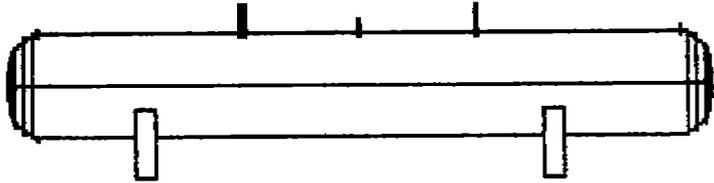
Fabricante:	York	Modelo:	Marca:
Refrigeration		REC-2018A	Frick

Condiciones de Operación:

Presión de operación (lb./in ²)	180.6
Temperatura de operación (°C)	32

Dimensiones del equipo:

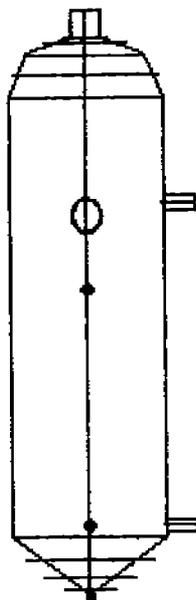
Longitud (m)	5.48
Diámetro (m)	0.5080
Volumen (m ³)	1.073

Diagrama del equipo:

Hoja Técnica del Inter-enfriador Cerrado

Fabricante: York Refrigeration	Modelo: GLC 30-8	Marca: Frick
Condiciones de Operación:		
Toneladas de Refrigeración. (T.R)		102.87
Temperatura de operación (°C)		- 7.77
Dimensiones del equipo:		
Longitud (m)		2.43
Diámetro (m)		0.7620
Longitud del serpentín (m)		115.82

Diagrama del equipo:



3.5. Dimensionamiento de tuberías.

La correcta selección del diámetro de la tubería conforme a la Norma B 31.5 de ASME (tubería para refrigeración) y la Norma 2 del IIAR (Internatinal Institute of Ammonia Refrigeration) tiene dos importantes funciones, una de ellas es el asegurar el retorno de aceite al compresor; sin embargo debido a los equipos de compresión seleccionados para este ciclo, a este punto se le resta importancia por el avanzado sistema de separación de aceite de los compresores.

La segunda función y más importante en la instalación, es que el diámetro de la tubería asegure el correcto trabajo de la válvula de expansión. Los líquidos que se encuentran cerca de su estado saturado y que presentan una caída de presión excesiva podrían originar la entrada del refrigerante en la campana de saturación y con esto formar burbujas de vapor dentro de la corriente líquida; este hecho provocaría un mal funcionamiento de la válvula de expansión, por lo tanto hay que tomar en cuenta el grado de subenfriamiento que posea el refrigerante.

Los materiales más frecuentemente utilizados en tuberías para refrigeración son: acero, hierro dulce, cobre y latón. Cabe mencionar que el cobre y el latón no pueden ser utilizados con el amoniaco, debido a que en presencia de humedad, el amoniaco ataca a los metales no ferrosos. Es por ello que toda la tubería utilizada en este ciclo de refrigeración será de acero al carbón conforme a la Norma A-53 Grado A o B del ASTM, tipo E (resistencia eléctrica soldada) o tipo S (sin costura) o la Norma A - 106 del ASTM (sin costura).

Conforme a los cálculos para la obtención del diámetro óptimo se requirieron los siguientes datos:

- Tipo de fluido (líquido, vapor o mezcla líquido - vapor)
- Características del fluido (densidad y viscosidad)
- Flujo másico
- Longitudes de las tuberías
- Identificar el tipo y número de los accesorios.

Una vez ordenada está información se procede a la metodología de cálculo, en este caso la interrogante es el diámetro, el cual es de suma importancia debido a que a partir de este valor obtenemos la velocidad, el número de Reynolds, la relación E/D (si fuese turbulento), el factor de fricción; para finalmente calcular la caída de presión; ya que este último valor resulta ser un parámetro muy relevante, para:

1. Los fluidos líquidos no debe ser tal que alcance la presión de saturación en la cual pueda realizar un cambio de fase.
2. En los fluidos en estado gaseoso la caída de presión no debe ser mayor al 10 %, esto es con el fin de evitar mayor trabajo por parte de los compresores.

La ecuación empleada para la selección del diámetro fue:

$$\Delta P_{Total} = \left[g (Z_2 - Z_1) + \frac{2 f \rho (L_i + L_e) V^2}{D} \right] \frac{1}{g_c} [=] \text{Kg}_f/\text{m}^2$$

3.6. *Espesor de aislante.*

El éxito de un sistema de aislamiento para tubería fría esta condicionado por los siguientes factores:

- **Correcto diseño del sistema de refrigeración.**
- **Especificaciones correctas del sistema de aislamiento.**
- **Especificaciones correctas del espesor de aislamiento.**
- **Instalación correcta del aislante y los materiales relacionados como retardadores de vapor.**
- **Calidad de la instalación.**
- **Mantenimiento adecuado del sistema de aislamiento.**

Las líneas de refrigeración son aisladas por diferentes razones, algunas de ellas son:

- **Minimizar las ganancias de calor hacia las líneas de líquido y gas de succión de refrigerante. Esto da como resultado eficiencia la cual se traduce en reducción en el consumo de energía y costos de operación.**
- **Control de condensación en la superficie.**
- **Reduce el ruido.**
- **Protección al personal y previene la formación de hielo insalubre.**

El sistema de aislamiento. Los elementos de un sistema de aislamiento bajo temperatura ambiente incluyen:

- **Preparación de la tubería**
- **Materiai aislante**
- **Aislamiento de uniones, sellós y adhesiones.**
- **Retardadores de vapor.**
- **Barrera al vapor/ enchaquetamiento.**

Materiales de aislamiento. Los retardadores y las barreras de vapor deben ser instalados sobre aislantes secos; el aislante por si mismo debe ser un material con baja conductividad térmica con baja permeabilidad al vapor de agua y debe ser inflamable. La fibra de vidrio tiene una excelente compresión sin embargo es rígida. La densidad varía entre 100 y 138 Kg. /m³ pero esta no afecta de manera importante sus propiedades térmicas. El coeficiente de expansión térmico para este material es relativamente cercano al del acero al carbón. Cuando se instala en sistemas de refrigeración la prevención de la expansión y contracción del aislamiento son usualmente recomendadas para aplicaciones donde el ciclo va de temperaturas por debajo del medio ambiente hasta muy altas. Para instalaciones exteriores se recomienda un enchaquetamiento o un revestimiento de mastique.

Cuadro 14: Propiedades del Material de Aislamiento (Fibra de vidrio).

Norma que especifica material y los requerimientos de temperatura.	ASTM C 552
Rango de temperatura °C	-268 a 627
Rango de flamabilidad ^a	5
Rango de desarrollo de humo ^a	0
Permeabilidad al vapor de agua ^b , perm [=] cm	< 0.0127
Conductividad térmica ^c	J/m s °C
Temperatura -17.77 °C	0.039
Temperatura 23.88 °C	0.045
Temperatura 48.88 °C	0.048

a Aprobado de acuerdo con ASTM E 84

b Aprobado de acuerdo con ASTM E 96, Procedimiento A.

c Nuevo aislamiento aprobado de acuerdo con ASTM C 177 o C 518.

Fuente: ASHRAE Handbook, Refrigeration, 1998

Barrera al vapor/ enchaquetamiento. El enchaquetamiento en tuberías y recipientes aislados protege la barrera al vapor y el aislamiento. Varios productos plásticos y metales son recomendables para este propósito pero se debe tener cuidado de que estos no dañen la barrera al vapor pues está última es muy susceptible a romperse. El mantenimiento del sistema de aislamiento. Se requieren de inspecciones periódicas para determinar la presencia de humedad, con lo cual la eficiencia térmica se vería desmeritada ya que generalmente destruye todo el sistema de aislamiento. La frecuencia de las inspecciones debe ser determinada en función de la naturaleza crítica del proceso, el medio ambiente y la edad del aislamiento.

Durante una inspección de rutina se debe buscar señales de humedad o hielo en la parte inferior o superior de la tubería horizontal, un codo de la tubería vertical y alrededor de la tubería en los soportes ya que la humedad puede emigrar hacia áreas inferiores; buscar penetraciones en el enchaquetado, aberturas o separaciones; revisar el enchaquetado para determinar si el cinturón de cierre no se ha perdido; buscar goteras especialmente alrededor de coberturas de válvulas y uniones y revisar la integridad del enchaquetado y uniones abiertas alrededor de puntos de intersección como paso de tubería, ramales y T's.

Cuadro 15: Resumen de Selección de Tuberías y Espesor de aislante.

Código	Línea	L(m)	m(kg/s)	D _n (in)	Cédula	ε _{ais.} (m)
1	RCB -> Cabezal	1.68	0.404	1/2	80	0.041
2	Cabezal -> IQF	2.80	0.320	1/2	80	0.041
3	Cabezal -> CCC	22.53	0.084	1/2	80	0.041
4	IEC -> Cabezal	2.79	0.157	1/2	80	0.038
5	Cabezal -> ACD	43.11	0.056	1/2	80	0.038
6	Cabezal -> RCB	3.45	0.101	1/2	80	0.038
7	LPL -> CPF	5.91	0.034	1/2	80	0.002
8	LPL -> AE	4.36	0.0096	1/2	80	0.022
9	Cond. -> RAP	11.03	0.427	2	40	0
10	RAP -> IEC	4.57	0.427	2	40	0
11	RAP -> C1	15.00	0.091	3/4	80	0
12	Cabezal -> C2	1.00	0.091	3/4	80	0
13	CCC - RCB	17.29	0.0841	1/2	80	0.005
14	IQF - RCB	7.22	0.320	2 1/2	40	0.005
I	RCB -> C1	8.93	0.101	3	40	0
II	ACD -> IEC	45.85	0.056	2	40	0.011
III	CPF -> LPV	4.26	0.034	1	80	0.011
IV	AE -> LPV	3.34	0.0096	3/4	80	0.0002
V	C1 -> IEC	12.84	0.101	2	40	0
VI	IEC -> C2	10.03	0.157	2 1/2	40	0
VII	1etapa IEC -> C1	6.10	0.127	2	40	0
VIII	C2 -> Cond.	9.36	0.427	4	20	0
IX	LPVA -> CPF	40.14	0.213	3	40	0
X	LPVA -> CCC	4.43	0.213	2 1/2	40	0
XI	1 etapa C1 -> Cond.	14.99	0.127	2	40	0

CONCLUSIONES

1. Las bitácoras de producción de la zarzamora fueron instrumentos indispensables para determinar la capacidad de la planta y conjuntamente con el propósito de alargar la disponibilidad del producto se determinó como proceso de conservación la aplicación de bajas temperaturas. Con lo anterior, permite establecer las memorias de cálculo que sustentan la propuesta técnica.
2. La técnica de congelación más apropiada, desde el punto de vista técnico es la congelación rápida individual (IQF).
3. Un sistema de recirculación por bombas en dos etapas es adaptable a las diferentes necesidades de frío en la planta, permitiendo flexibilidad de operación en los requerimientos de capacidad y de temperaturas.
4. La regulación y control de humedad relativa en la cámara de producto fresco y evita la pérdida de peso en el producto, con lo cual se mantiene la calidad.
5. Técnicamente el proyecto es viable.

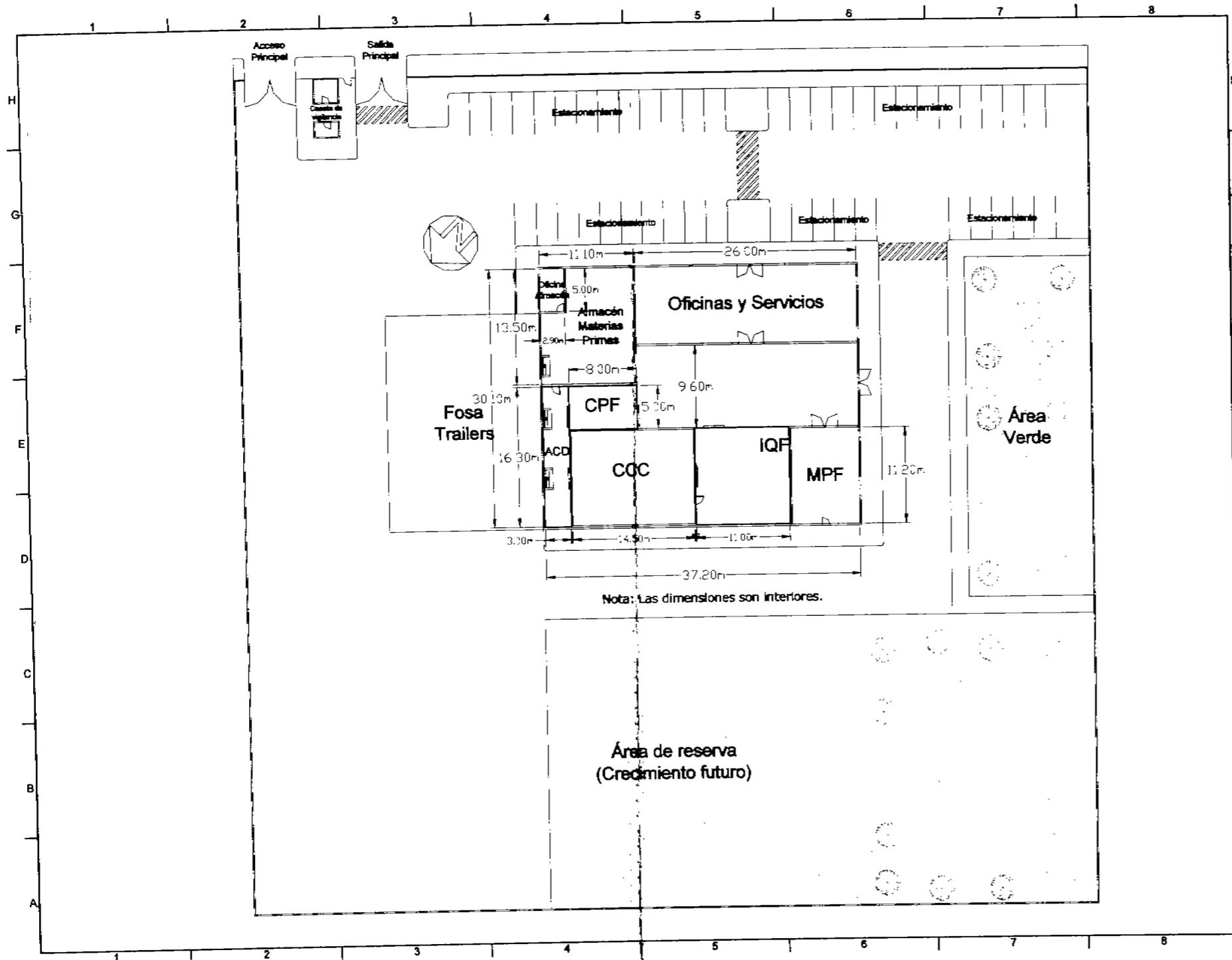
BIBLIOGRAFÍA

1. ADAMAS M.R. y MOSS M.O. Microbiología de los alimentos, Acribia, 1995, 464 pp.
2. Air Conditioning and Refrigeration Institute, Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado, 3ª Edición, Tomo III, Prentice Hall, México, 1999, 416pp.
3. ARTHEY, D., y ASHURST, P. R., Procesado de frutas, España, Acribia, 1996, 273 pp.
4. Ashrae, Refrigeration Hand book, 1998, E.U.
5. BARTHOLOMAI, Alfred, Fábricas de alimentos: Procesos, equipamiento, costos, España, Acribia, 1987, 393 pp.
6. BOURGEOIS, C. M., MESCLE, J. F., ZUCCA, J., Microbiología Alimentaria, Aspectos microbiológicos de la seguridad y calidad alimentaria, España, Acribia, 1994, 437 pp.
7. CLELAND, David I., KING, William R., Manual para la administración de proyectos, México, Compañía Editorial Continental, 1999, 772 pp.
8. COMPANYS PASCUAL, Ramón, y COROMINAS SUBIAS, Albert, Planificación y rentabilidad de proyectos industriales, Colombia, Alfaomega, 1999, 150 pp.
9. C.P. MALLET, Frozen Food Technology, Editorial Blackie Academic & Profesional, 1998, 339pp.
10. DESROISIER Norman W. Conservación de Alimentos, Continental, 1976, 468 pp.
11. DOSSAT, Roy J. "Principios de refrigeración", Compañía Editorial Continental, 2ª Edición, México, 1996, pp. 594.
12. España, Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Murcia, Curso de Ingeniería del frío, 2ª Edición, Iragra, 1993, 280 pp.

13. FENEMA, Owen R., POWRIE, William O., MARTH, Elmer H., Low-Temperature preservation of food and living matter, E. U. A., Marcel Dekker, 1973,
14. HUI Y.H Enciclopedia of food science and tecnologia, E.U.A. John Wiley & Sons Inc. , 1991, V3
15. JAMES M. Jay, Modern food microbiology, 4ª Edición, E.U.A., Van Nostrand Reinhold, 1992, 701 pp.
16. JEREMIAH, Lester E., Freezing effects on food quality, E. U. A., Editorial Board, 1996, 550 pp.
17. KAREL, Marcus, FENEMA, Owen R., LUND, Daryl B., Principles of food science, Part II Physical principles of food preservation, E. U. A., Marcel Dekker, 1975, 474 pp.
18. L. MARVIN SPECK, Compendium of methods of the microbiological examination of foods, 2ª Edición, E.U.A, American Public Health, 1984, 914 pp.
19. MACRAE, R., ROBINSON, R. K., SADLER, M. J., Encyclopedia of food science, food technology and nutrition, Gran Bretaña, Academic Press, 1993.
20. México, Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC, Banco Nacional de Comercio Exterior, SNC, La clave del comercio: Libro de respuestas para el exportador, 1999, 363 pp.
21. México, Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social, Guía para la preparación de proyectos, Siglo XXI Editores, 1985, 230 pp.
22. MORENO, José María, Manual del exportador, 4ª Edición, Argentina, Editorial Macchi, 1993, 596 pp.
23. PINAZO OJER, Jesús María, Cálculos en Instalaciones Frigoríficas, España, Universidad Politécnica Valencia, 1995, 438 pp.
24. SALUNKHE, D. K., KADAM, S. S., Handbook of fruit science and technology: Production, composition, storage and processing, E. U. A., Marcel Dekker, 1995, 611 pp.

25. TOLEDO, ROMEO T, "Fundamentals of food processing engineering", New York, Van Nostrand Reinhold, pp. 602.
26. VILLANUA FUNGAIRIÑO L. Alimentos Congelados: procesado y distribución, Acribia, 1990, 184 pp.
27. WANG, Shiow Y., LIN, Hsin-Shan, "Antioxidant Activity in Fruits and Leaves of Blackberry, Raspberry, and Strawberry Varies with Cultivar and Developmental Stage", Journal of Agricultural and Food Chemistry, Año 2000, Núm. 48, pp. 140-146.

DIAGRAMA 1:
Lay Out de Áreas.



Nota: Las dimensiones son interiores.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTTLÁN	

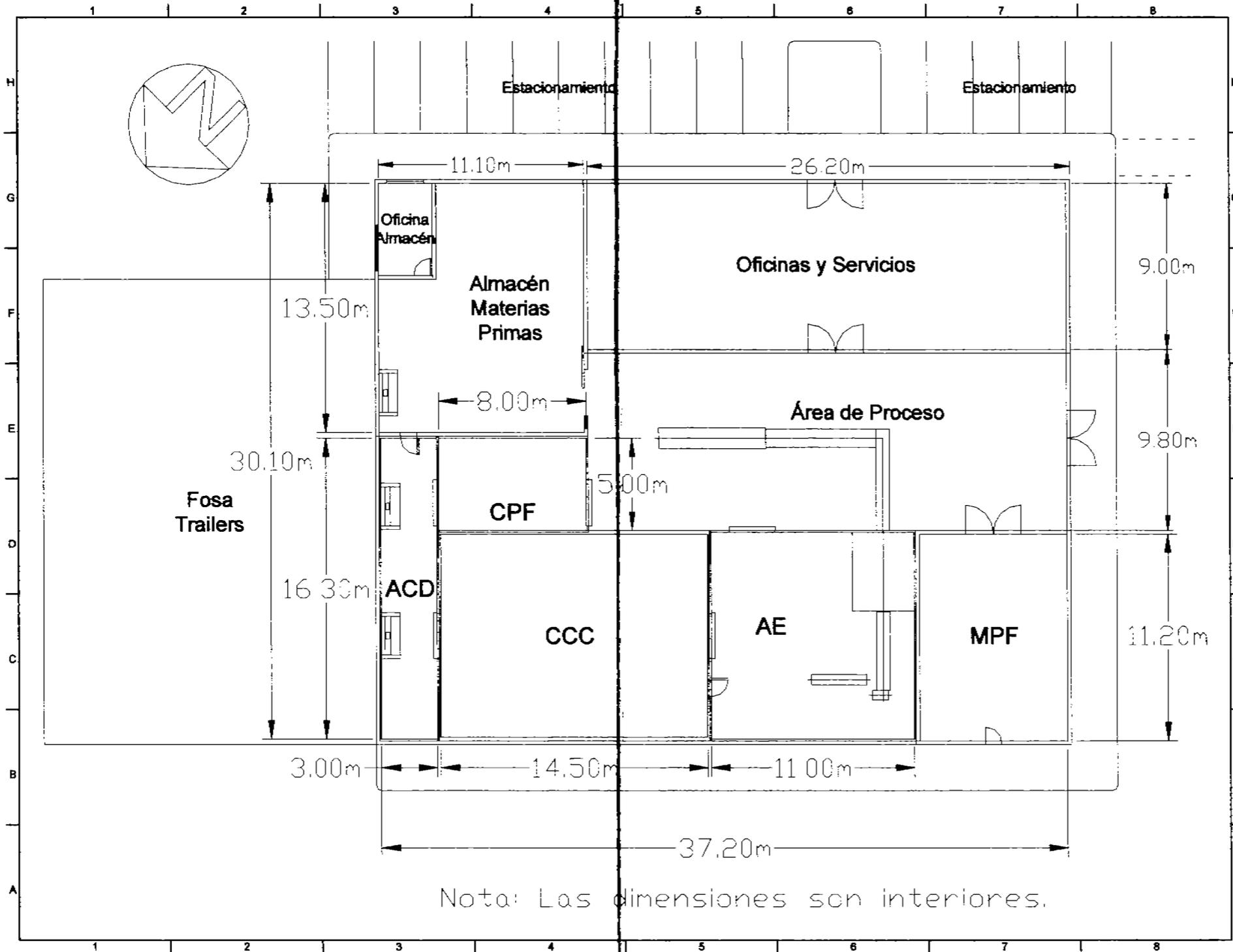
DIAGRAMA 1:
Lay Out de áreas

DISEÑO	FECHA
ECS, JOH	21/09/2004

NOMENCLATURA	
ABREV.	DESCRIPCIÓN
ACD	Andén de carga y descarga
CPF	Cámara de producto fresco
CCC	Cámara de conservación de congelado
AE	Área de emvasado
AP	Área de Proceso
MPF	Máquinas de producción de frío

DIMENSIONES	
ABREV.	MEDIDAS (m)
ACD	3 X 18.3 X 3.5
CPF	5 X 8 X 3.5
CCC	14.5 X 11.20 X 7
AE	11.20 X 11 X 4.28
AP	9.6 x 17.80 x 7
MPF	11.20 x 8 x 7

DIAGRAMA 2:
Distribución de Áreas.



Nota: Las dimensiones son interiores.

DIAGRAMA 2:
Distribución de áreas

DISEÑO	FECHA
ECS, JOH	21/09/2004

NOMENCLATURA	
ABREV.	DESCRIPCIÓN
ACD	Andén de carga y descarga
CPF	Cámara de producto fresco
CCC	Cámara de conservación de congelado
AE	Área de envasado
AP	Área de Proceso
MPF	Máquinas de producción de frío

DIMENSIONES	
ABREV.	MEDIDAS (m)
ACD	3 X 16.3 X 3.5
CPF	5 X 8 X 3.5
CCC	14.5 X 11.20 X 7
AE	11.20 X 11 X 4.26
AP	9.6 x 17.80 x 7
MPF	11.20 x 8 x 7

DIAGRAMA 3:
Distribución de equipos de proceso.

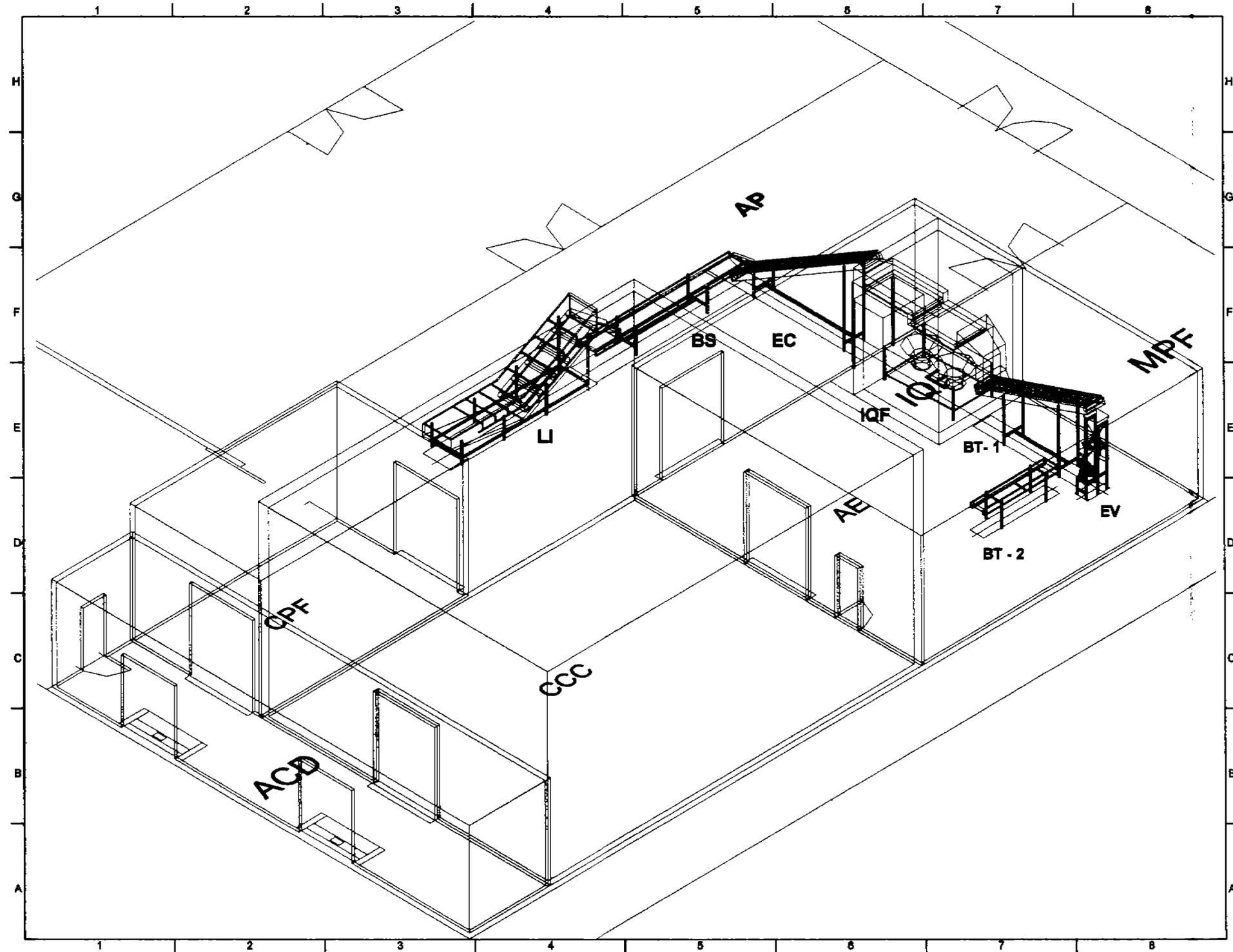


DIAGRAMA 3:
Distribución de equipos de proceso.

DISEÑO	FECHA
ECS, JOH, GVM	21/09/2004

NOMENCLATURA	
ABREV.	DESCRIPCIÓN
LI	Lavadora de inmersión
BS	Banda de selección
EC	Elevador de Cargilones 1
IQF	Individual Quality Freezer
BT-1	Banda Transportadora 1
EV	Envoladora Vertical
BT-2	Banda Transportadora 2

DIMENSIONES		
ABREV.	MEDIDAS (m)	MODELO
LI	1.12 x 5.80x2.5	LAI - 2
BS	0.6 x 6.0x 1.57	BAIS -1
EC	0.6X 5.25X 2.89	S-811-238
IQF	3.35X4.57X4.26	F- 410
BT-1	0.71 x4.40 x2.90	S-811-180
EV	0.66 X .51X 2.42	PMH - 1W
BT-2	0.80 x 0.90x 0.65	S-180-118

DIAGRAMA 4:
Ciclo de refrigeración.

DIAGRAMA 4:
Ciclo de refrigeración

DISEÑO	FECHA
ECS, JOH.GVM	21/09/2004

SIMBOLOGÍA

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	NOMENCLATURA
Punto en ciclo		Punto ciclo 1 etapa Punto ciclo 2 etapas

VALORES

Punto	T (°C)	P (Bar)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg·K)
	-30.55	1.16	1401.46	5.7796
	35.3	3.19	1531.56	5.7796
	135	12.45	1762.91	5.7796
	-5	3.19	1438.85	5.454
	92.95	12.45	1635.89	5.454
	32.2	12.45	329.17	1.2216
	-7.7	3.19	329.17	N/A
	-2.2	12.45	169.7	N/A
	-7.7	3.19	169.7	N/A
	-7.7	3.19	144.98	0.5796
	-30.55	1.16	169.7	N/A
	-30.55	1.16	42.16	0.1761
	-30.55	1.88	42.16	N/A

CONDICIONES DE REFERENCIA (ASHRAE)
Líquido saturado a -40°C (-40°F): h = 0, s = 0

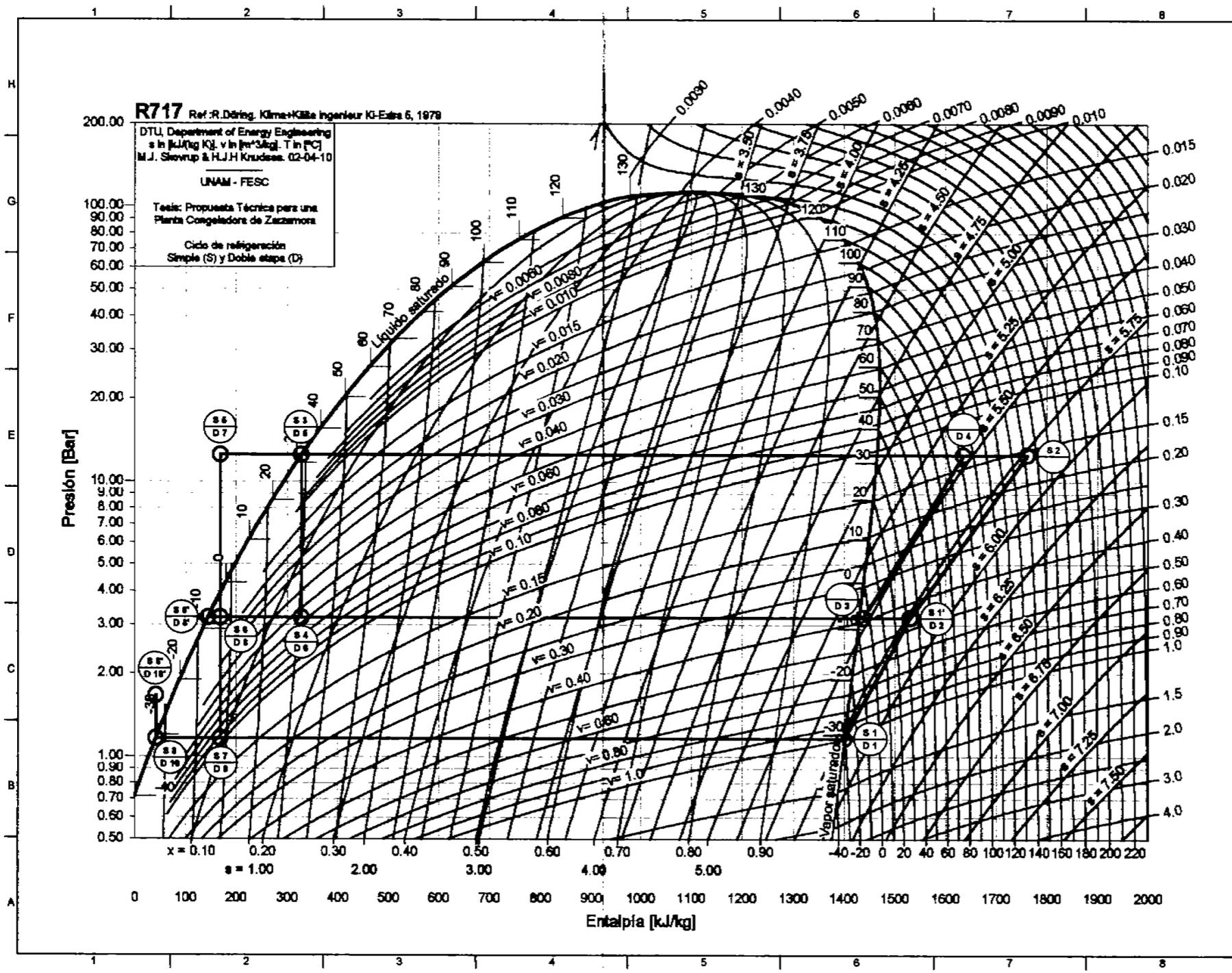


DIAGRAMA 5:
Sistema de producción de frío.



DIAGRAMA 5:
Sistema de producción de frío

DISEÑO	FECHA
ECS, JOH, GVM	21/09/2004

SIMBOLOGÍA

SÍMBOLO	CANT.	DESCRIPCIÓN
←	83	Válvula de paso (abierto)
⊘		Válvula de paso (cerrada)
⊕	7	Válvula de seguridad
⊖	12	Válvula solenoide
⊗	2	Válvula solenoide de 3 vías
⊙	7	Válvula reguladora de presión
⊚	2	Válvula reguladora de flujo
⊛	5	Válvula de expansión manual
⊜	2	Válvula de expansión termostática
⊝	17	Válvula check
⊞	19	Filtro
⊟	3	Manómetro
⊠	2	Interruptor de nivel

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	NOMENCLATURA
Dirección y condición de flujo	← ⊕	Estado del fluido
	⊕	Presión del fluido
Punto en ciclo	⊕ ⊖	Punto ciclo 1 etapa
	⊕ ⊙	Punto ciclo 2 etapas

NOMENCLATURA

ABREV.	DESCRIPCIÓN
CE	Condensador evaporativo
RAP	Recipiente de alta presión
IEC	Interenfriador cerrado
RB	Recirculador por bombas
C1	Compresor baja presión (Booster)
C2	Compresor alta presión
AE	Evaporador área de envasado
CPF	Evaporador cámara de producto fresco
ACD	Evaporador andén de carga y descarga
IQF	Congelador por lecho fluidizado
CCC	Evaporador cámara de cons. de congelados

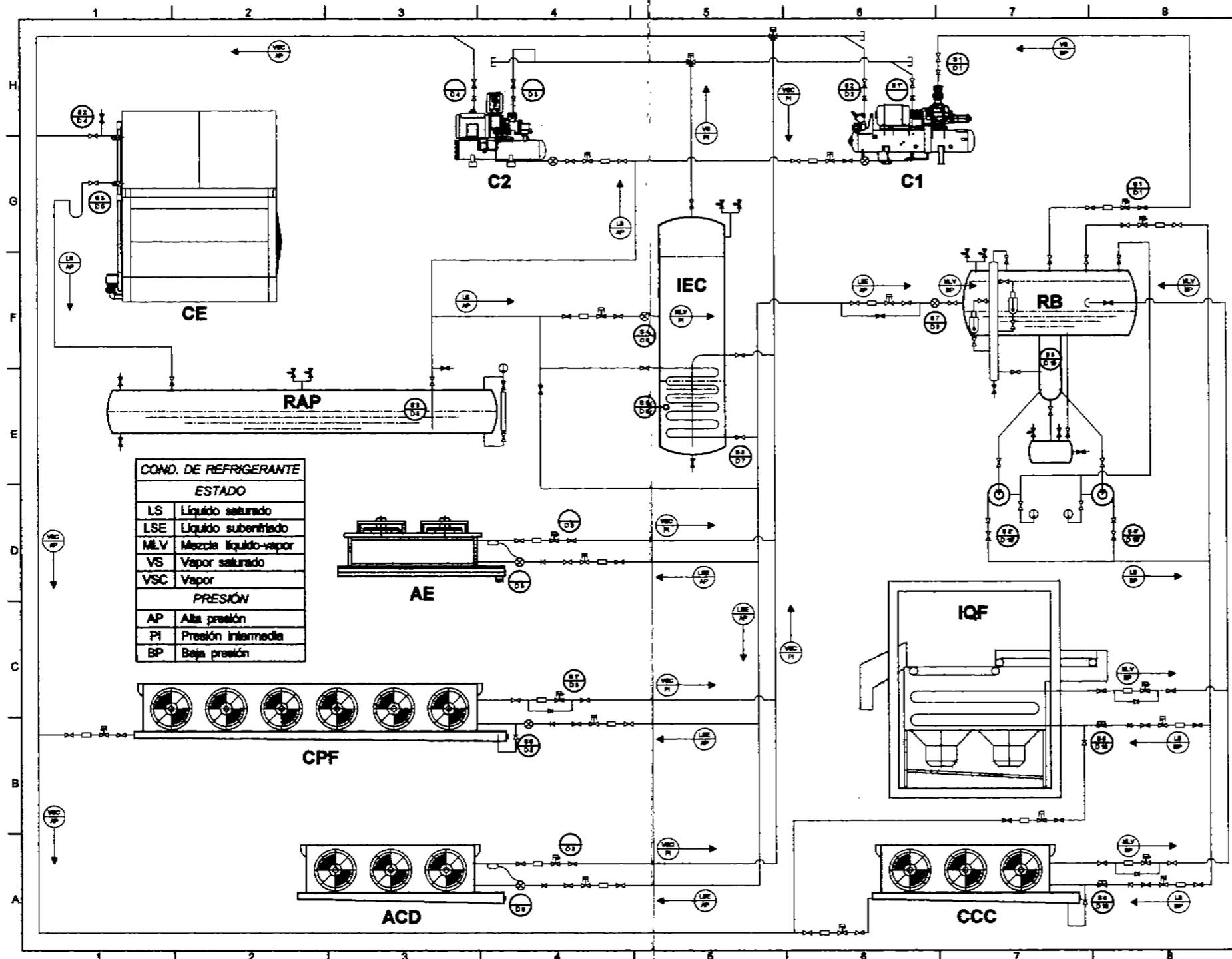


DIAGRAMA 6:
Sistema de producción de frío
(Balance de Materia).

DIAGRAMA 6:
Sistema de producción de frío
(Balance de materia en interenfriador y numeración de válvulas)

DISEÑO	FECHA
ECS, JOH, GVM	21/09/2004

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
△	Número de válvula
◇	Corriente (Balance)

BALANCE DE MAT. INTERENFRIADOR			
No.	FLUJO MÁSSICO (kg/s)	No.	FLUJO MÁSSICO (kg/s)
G _T	0.427	G ₈	0.0799
G ₁	0.0911	G ₇	0.0210
G ₂	0.178	G ₉	0.0096
G ₃	0.157	G ₆	0.0340
G ₄	0.0567	G ₁₀	0.0129
G ₅	0.101	G ₁₁	0.1008

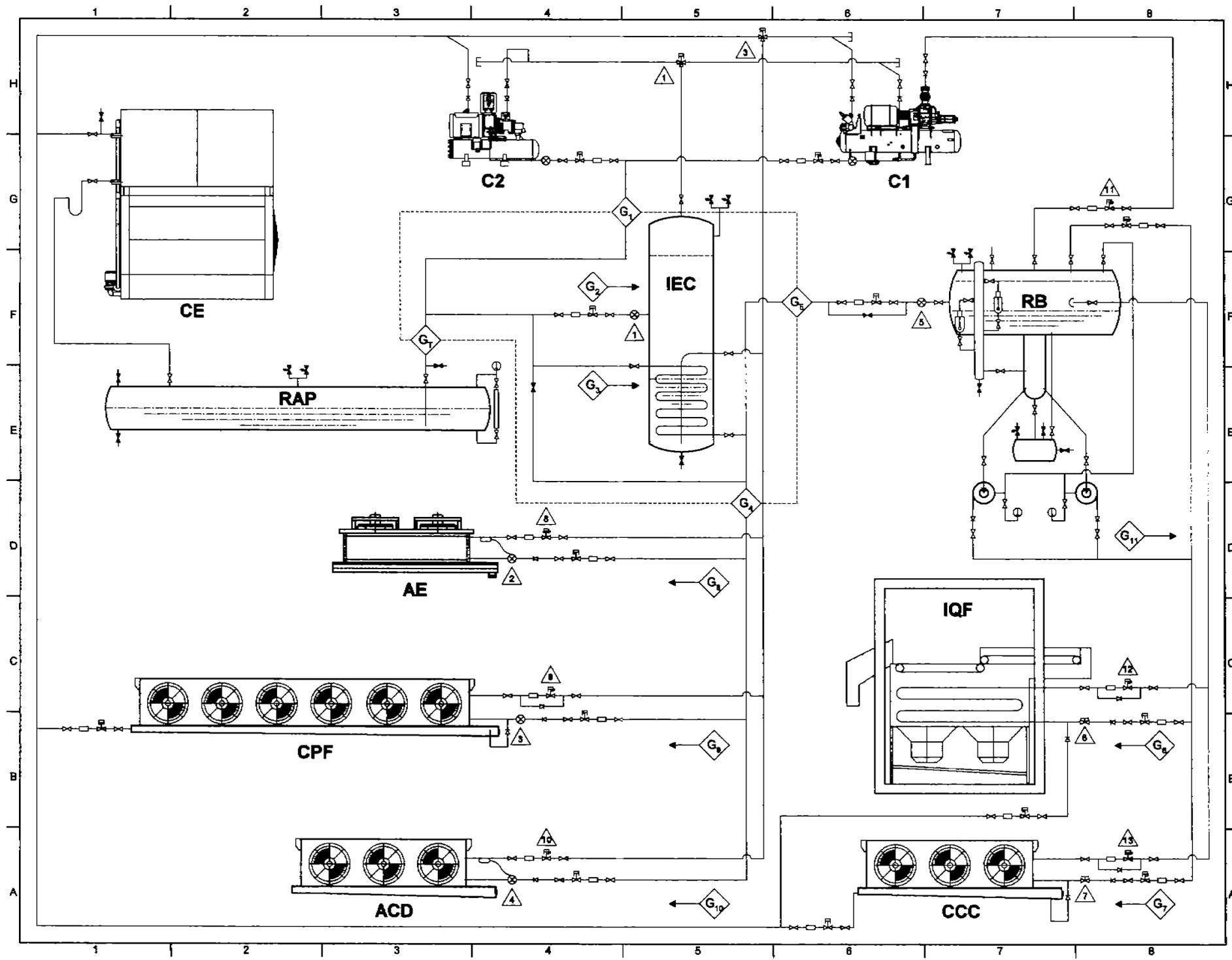


DIAGRAMA 7:
Tuberías.

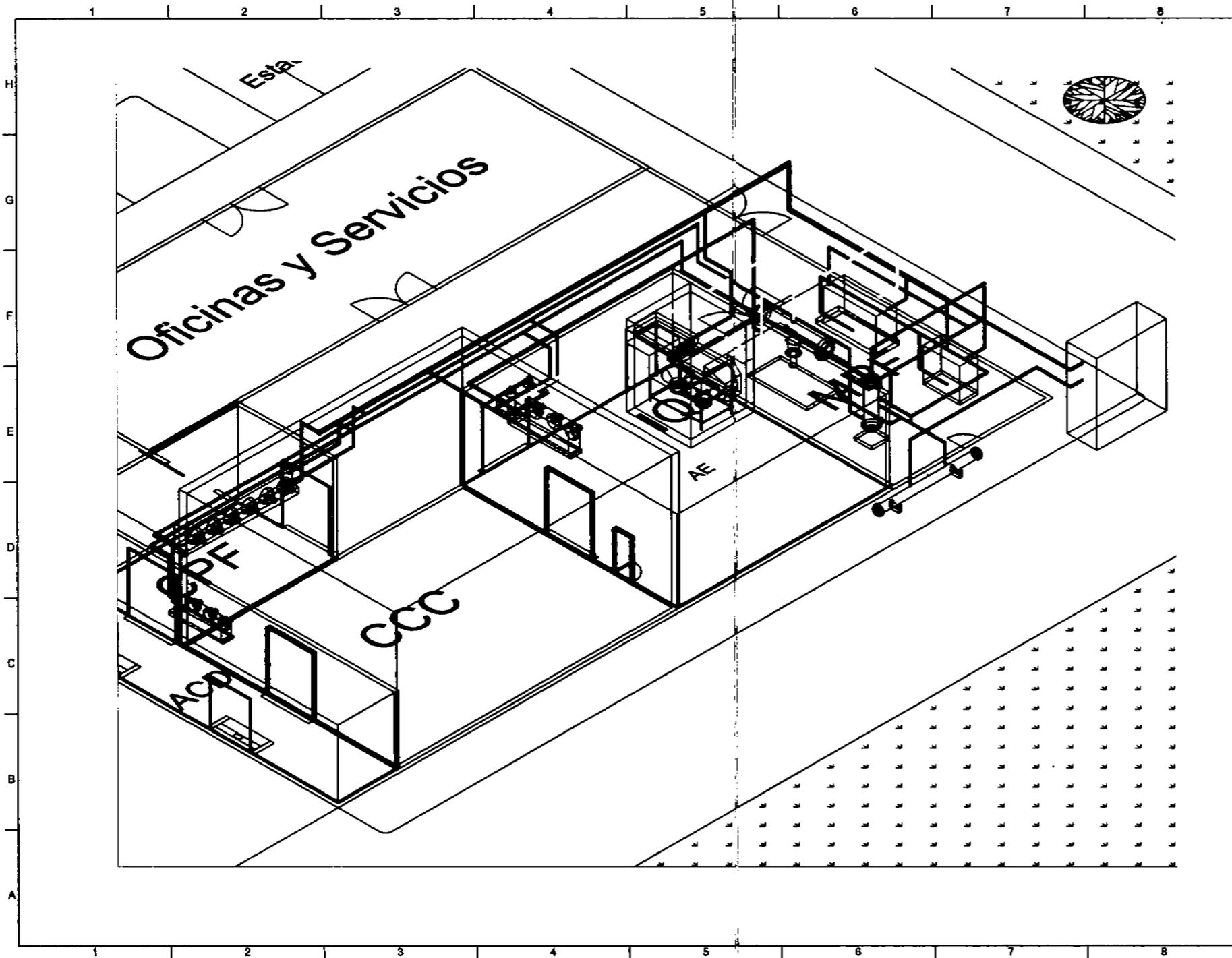


DIAGRAMA 6:
Tuberías

NOMENCLATURA	
CODIGO.	DESCRIPCIÓN
LIQUIDO SATURADO -30.55 °C	
1	RCB → Cabezal de baja presión.
2	Cabezal → IQF
3	Cabezal → CCC
LIQUIDO SUBENFRIADO -2.22 °C	
4	IEC → Cabezal
5	Cabezal → ACD (LPL)
6	Cabezal → RCB
7	Línea principal de líquido (LPL) → CPF
8	LPL → AE
LIQUIDO SATURADO 32.22 °C	
9	Condensador → RAP
10	RAP → IEC
11	RAP → C1 (enf. de aceite)
12	Cabezal → C2 (enf. de aceite)
MEZCLA L-V -30.55 °C	
13	CCC → RCB (3L y 1V)
14	IQF → RCB (3L y 1V)
VAPOR -30.55 °C	
I	RCB → C1
VAPOR -7.7 °C	
II	ACD → IEC
III	CPF → LPV (Línea principal de vapor)
IV	AE → LPV
V	C1 → IEC
VI	IEC → C2
VII	1 er. etapa IEC → C1
VAPOR 93 °C	
VIII	C2 → Condensador
IX	LPV → CPF (Descargas)
X	LPV → CCC (Descargas)
XI	1 er. etapa C1 → Condensador

ANEXOS**1 GENERALIDADES DE LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS PRODUCTIVOS.****1.1 Definición de proyecto productivo:**

Un proyecto productivo es aquel documento que tiene como finalidad el aportar elementos de juicio para tomar decisiones sobre su ejecución o sobre el apoyo que se debiera prestar a su realización. Para ello debe demostrarse que la propuesta es o no factible desde el punto de vista técnico, económico y financiero principalmente, dando con esto la justificación del mismo, y esto sólo puede lograrse como resultado del estudio y análisis del proyecto. El proyecto culmina cuando se está en condiciones de recomendar la ejecución, la postergación o la anulación del mismo.

1.2 Etapas integrantes de un proyecto productivo.

Generalmente los proyectos se realizan por aproximaciones sucesivas, por lo que es necesario revisar cuidadosamente la información obtenida y el análisis de la misma. El paso de una etapa a otra implica tomar la decisión respecto a la conveniencia o no de realizar una inversión adicional en nuevos estudios; es por ello que existirán tantas etapas como decisiones se tomen.

En el proceso de formulación y evaluación de proyectos se distinguen cuatro etapas que surgen de cuatro decisiones, y según el Instituto Latinoamericano de Planificación Económico Social (ILPES) son:

La identificación de la idea: Esta etapa consiste en definir y delimitar correctamente la idea y dar una primera apreciación del grado de viabilidad de la misma, basándose solamente en la información existente e inmediatamente disponible, para lograr identificar si hay o no alguna razón fundada para rechazar la idea del proyecto. Si no la hubiese se adoptaría la decisión de proseguir con el análisis y se especificarían los estudios de la siguiente etapa.

1.3 Anteproyecto

Anteproyecto preliminar. Consiste en la búsqueda y verificación de la información básica necesaria que se tiene de alguna alternativa de solución cuyas características sean rentables, además de ser técnica y económicamente viable. Al probarse que existe por lo menos una solución técnicamente viable y económicamente rentable, puede justificarse la decisión de profundizar los estudios.

Anteproyecto Definitivo. En esta etapa se debe decidir sobre la posibilidad de incurrir en mayores gastos en cuanto a profundizar, analizar y ordenar la información más detallada sobre las alternativas de solución para el proyecto. Debe justificarse cabalmente la opción considerada como la mejor, dados los recursos disponibles y las restricciones a su empleo, para obtener el financiamiento adecuado.

Proyecto Definitivo. Se sugiere presentar el documento con los antecedentes recogidos y analizados progresivamente en las anteriores etapas de preparación del proyecto que en conjunto abarca los aspectos más importantes de los problemas que deben resolverse antes de decidir la inversión.

Posteriormente, una vez adoptada la decisión de llevar a la práctica la iniciativa estudiada, se completará el proyecto de ejecución o de "ingeniería", que contendrá los detalles que posibiliten llevar a cabo todas las tareas como la adquisición de terrenos, construcción de edificios, fabricación, transporte y montaje de equipos y obtención de los insumos necesarios al proyecto con las especificaciones precisas y costos ajustados de los elementos que se emplean y de las tareas que deberán realizarse dentro de las condiciones de financiamiento realmente obtenidas.

1.4 Estudio de Mercado

La finalidad de este tipo de estudio es de probar que existe un número suficiente de entidades económicas, individuos o empresas, que dadas ciertas condiciones, presentan una demanda que justifica la puesta en marcha de un determinado programa de producción. Estos estudios aportan una información valiosa sobre volumen, precios, características o especificaciones que definen la presentación de nuestro producto y calidades de bienes que demandan determinadas regiones o países y su utilidad es innegable para ayudar a orientar las acciones de empresas y organismos nacionales.

Para la realización de un estudio de mercado se requiere de seis rublos para lograr estimar el verdadero comportamiento de nuestro bien o servicio:

El producto en el mercado.- En esta parte se examinarán las características de los bienes o servicios que componen la línea de producción del proyecto, con el propósito de definir el mercado a que corresponden y la movilidad de sustitución entre los bienes que compiten en tal mercado.

El área del mercado. El análisis de oferta y demanda nos dan un panorama bien definido, que debe quedar caracterizado en cuanto el número probable de consumidores o usuarios del bien o servicio que el proyecto producirá y las características que afectan la delimitación del mercado del proyecto.

Comportamiento de la demanda. Se cuantifica la necesidad del producto en estudio, que estará respaldada por el poder de compra de la comunidad interesada y se manifiesta como una demanda del mercado. Por lo que el estudio abarca la demanda actual y un análisis de ciertas características que sirven para explicar su probable comportamiento futuro.

Comportamiento de la oferta. Se estudiará qué cantidades ofrecen o pueden proporcionar los proveedores de bienes o servicios que producirá el proyecto. Este examen abarcará el producto principal y sus subproductos. El análisis se referirá a las situaciones actual y futura que deberán ofrecer las bases para prever las posibilidades del proyecto en las condiciones de competencia existentes.

Determinación de los precios del producto. La consideración de la fijación y posibles variaciones de precios del producto presenta grandes dificultades. Para acortar estas dificultades se hacen estimaciones de valores máximos y mínimos probables de los precios, y se analizan a través del concepto de elasticidad - precio o de la correspondiente curva de demanda, como se reflejan estos valores en la cuantía de la demanda futura.

Posibilidades del proyecto. El objetivo final del análisis de mercado en los proyectos de carácter económico es proyectar las cantidades de productos que la comunidad estará en condiciones de consumir y los niveles de precio que se prevén. Esto último, se basa en los análisis

hechos en este estudio, la evolución de la oferta y la demanda, y estimar, con hipótesis viables formuladas sobre las condiciones de competencia, las posibilidades de participación del proyecto en la oferta global del producto.

1.5 Estudio técnico

La función de esta etapa en la formulación de un proyecto es diseñar y planear la función de producción óptima, es decir, la serie de pasos que convertirán la o las materias primas en productos terminados, utilizando para ello de la mejor manera posible los recursos humanos y materiales que estén disponibles.

Las decisiones adoptadas como resultado de este estudio determinarán las necesidades de capital y mano de obra que requerirá el proyecto para su puesta en marcha y ejecución. En este sentido, algunas decisiones afectarán los costos totales de producción, por lo que su magnitud y distribución recaerá en el estudio económico del proyecto.

A continuación se describen cada una de las partes que integran el estudio técnico:

1.5.1 Estudio básico.

Tamaño: El tamaño de un proyecto se cuantifica en función de la capacidad de producción de bienes, la cual se define como la cantidad de productos obtenidos por unidad de tiempo de funcionamiento normal de la empresa. Se entiende como producción normal, la cantidad de productos obtenidos operando en las condiciones estándar que, sean las más frecuentes durante la vida útil del proyecto y que conduzcan al

menor costo unitario posible. El tamaño está condicionado por el mercado, la capacidad financiera y empresarial de la entidad responsable del proyecto, la disponibilidad de insumos, las restricciones técnicas y los factores institucionales.

Proceso: El proyecto está definido por el producto y la función de producción se elige a través del análisis técnico - económico de las técnicas utilizables y de los factores existentes. La selección de los procesos de producción está condicionada por las características del producto, su rentabilidad, disponibilidad de insumos, nivel o capacidad tecnológica, el medio donde se efectúa el proyecto, normas institucionales y la disponibilidad y costo de la tecnología.

Localización: Se refiere tanto a la macro como a la micro localización de la unidad de producción. Se deben presentar distintas opciones que permitan hacer un juicio comparativo, mostrando las consecuencias de las diversas alternativas que estén a consideración, en términos de costos de inversión, de operación y sociales. La localización depende de los costos de transporte de insumos y productos, geografía física, accesibilidad al mercado, disponibilidad y precio de insumos, economías externas, ubicación y distribución del mercado así como factores institucionales.

1.5.2 Estudio complementario:

Obras físicas: Se deben las distintas alternativas de obra física, exponiendo los criterios de decisión y detallando el inventario de las obras a realizar con sus características básicas.

Organización de la empresa responsable de su puesta en marcha y operación: Aquí se explica la distribución de responsabilidades en la empresa, no sólo durante el periodo de ejecución del proyecto, sino

durante su operación formal. Así mismo, debe preverse el periodo de transición óptima entre ambas etapas.

Calendario: En el calendario se señalan los tiempos necesarios para la realización técnica de la ejecución del proyecto. Este programa cronológico es la base para la programación financiera del proyecto. Para su elaboración debe considerarse: las rigideces institucionales para la realización de las tareas consideradas, los problemas técnicos (elaboración de proyectos de ingeniería, fabricación y entrega de equipos, etc.) así como las rigideces financieras. Se deben considerar los problemas que pudieran encontrarse durante la realización del proyecto, de tal forma que se anticipen las soluciones.

Análisis de costos: Se presenta como conclusión del estudio técnico y consiste en la determinación y distribución de los costos de la inversión física y de operación del proyecto. Se incluyen los gastos de obra física, transporte y montaje de equipos y máquinas y de la provisión de existencias. Determinados los costos se presentará un desglose de costos fijos y variables.

1.6 Estudio Financiero

Comprende la inversión, la proyección de los ingresos, de los gastos y las formas de financiamiento que se prevén para todo el período de ejecución y operación del proyecto. El estudio deberá demostrar que el proyecto puede realizarse con los recursos financieros disponibles. Así mismo deberá evaluar la decisión de comprometer esos recursos financieros en el proyecto en comparación con otras posibilidades conocidas de colocación, permitiendo así juzgar su viabilidad y su prioridad entre otras opciones de inversión, los resultados del análisis financiero deben confrontarse con los que se

obtienen en el estudio económico y con esto poder tomar la decisión final sobre la realización del proyecto.

1.6.1 Recursos Financieros para la inversión.

Debe empezarse por indicar las necesidades totales de capital, desglosadas en el capital fijo (como son los estudios, patentes, organización, terrenos, equipo e instalaciones) y el capital circulante tanto de disponibilidades de existencia como un margen de liquidez necesario para la operación de la empresa. Esas necesidades de capital deben escalonarse en el tiempo, durante el período de construcción y el período de operación del proyecto.

Después se presentarán las disponibilidades de recursos financieros de los realizadores del proyecto ya que debe demostrarse que la capacidad de inversión de la empresa no depende tan sólo de los resultados de operación que se basan en las estimaciones de ingresos, sino que está debidamente respaldada por el capital aportado por ella.

1.6.2 Análisis y Proyecciones Financieras.

Inicialmente debe presentarse un análisis comparativo, que tome por un lado las necesidades de recursos financieros de la empresa para el proyecto estimadas a base de los costos de construcción, de producción y de los precios previstos de los insumos, y por otro lado, las proyecciones de ingresos financieros de operación basadas en las estimaciones del uso de la capacidad utilizada y los costos unitarios de producción en sus diferentes alternativas.

Para la proyección de los ingresos financieros se requiere considerar los de carácter económico como son, el estudio de mercado

nacional e internacional, la influencia de la política comercial, arancelaria y monetaria sobre la fijación de los precios de los insumos, de los productos finales y la estimación de usos económicos alternativos de los productos finales.

Financiamiento.

Debe mostrar un resumen ordenado en un cuadro, las fuentes de los recursos financieros que se utilizarán y su distribución en los diversos usos que comprende el proyecto. La información que proporcionará este análisis hará posible calcular ciertos indicadores básicos para la evaluación del proyecto, como son la tasa interna de rendimiento (TIR), el valor neto actualizado de los ingresos y el período de recuperación de las inversiones.

El cuadro concluirá con una indicación detallada de los fondos que se solicitarán como financiamiento complementario del proyecto, indicando plazos y períodos de desembolso y esquemas de reembolso.

1.6.3 Evaluación financiera.

La demostración de la viabilidad financiera del proyecto y el estudio de su sensibilidad a las probables variaciones de las magnitudes que conforman su planteamiento básico se hacen con instrumentos de análisis financiero que el documento del proyecto debe presentar. Los datos para calcularlos se obtienen: de las previsiones de precios y cantidades demandadas contenidas en el estudio de mercado; del análisis de costos en cuanto a sus montos y a su carácter fijo o variable contenido en el estudio técnico; y del cuadro de fuentes y usos de fondos del propio estudio financiero.

Como instrumentos de análisis financiero se utilizan los indicadores siguientes:

Puntos de nivelación de ingresos y gastos, según distintas hipótesis de precios y de costos y su estructura en función de la capacidad utilizada.

Análisis del movimiento de caja, presentado en el cuadro de fuentes y usos de los fondos y actualizado financieramente para calcular:

La tasa interna de retorno (TIR);

El valor neto actualizado, haciendo explícita y justificadamente la elección de la tasa de actualización adoptada.

Un conjunto de indicadores contables adecuado a la naturaleza del proyecto, como algunos índices de rentabilidad, la relación de ventas a costos y el período de recuperación de la inversión.

1.7 Evaluación económica

Deberá presentar los criterios utilizados en el marco del sistema económico y de los objetivos de su desarrollo. A partir de este punto se extraerán conclusiones apoyadas en la medición comparada de los aportes y de los requisitos del proyecto valorados en términos económicos reales, tomando como base los datos resultantes del estudio de mercado, del estudio técnico y del estudio financiero, para decidir si es viable, conveniente y oportuno realizarlo.

El impacto del proyecto debe estudiarse en función de las perspectivas de desarrollo del país y en especial del sector de actividad y de la región en que se ubicará. Se trata de verificar hasta que punto el proyecto esta en la línea de los cambios económicos y sociales que plantean las metas del desarrollo.

Es decir, se aplicarán las reglas de cálculo económico a los datos del proyecto de modo que se puedan determinar, a través de ciertos indicadores, la conveniencia de llevar a cabo el proyecto desde el punto de vista de la empresa.

Los indicadores más utilizados son los que se relacionan con el cálculo de rentabilidad del proyecto. Este tipo de indicadores plantea dos problemas de diferente naturaleza: el primero se refiere a las formas mismas de presentar el cálculo de rentabilidad de un proyecto dado, incluido el sistema de precios. El segundo se relaciona con la introducción en el cálculo del problema del riesgo y, por su intermedio, de las presiones del sistema económico sobre las variables del proyecto.

El primer análisis ha de tener en cuenta sólo los gastos de inversión directamente relacionados con el proyecto; este mismo criterio se utilizará para definir los costos e ingresos de operación.

El cálculo económico de la empresa. Un proyecto puede ser una inversión totalmente nueva, que puede crear una nueva empresa u organización. Pero también puede tratarse de una oportunidad de inversión dentro de estructuras orgánicas preexistentes.

Calificación y cuantificación de los condicionantes del sistema. En esta evaluación económica se deben hacer explícitos los elementos de condicionamiento y analizar sus repercusiones sobre el cálculo económico realizado. Los más importantes y frecuentes de esos elementos resultan de la limitación del uso de los factores de producción.

Evaluación de los efectos del proyecto sobre variables del sistema.

Efectos del proyecto como inversión. Las variables a examinar son de partida el monto y las formas de inversión previstas. El monto de la inversión es el primer elemento de medida de su impacto sobre la economía cuyo ahorro disponible debe aplicarse en parte en el proyecto. Las formas de la inversión, en bienes físicos, nacionales o importados, o en valores intangibles, caracterizan las direcciones precisas en que el impacto del proyecto se verificará en el contexto del sistema, al afectar la utilización de la capacidad productiva nacional, el balance del comercio exterior, o ambas cosas a la vez.

Efectos del proyecto como programa de producción. Desde el punto de vista del programa de inversión, la primera variable a considerar en la evaluación económica son los ingresos generados en la línea de los productos y de los insumos. El primer eslabón en la cadena de los insumos -> productos ligada al proyecto son los ingresos así generados que constituyen los efectos directos del proyecto. Además debe considerar los efectos indirectos relativos a los insumos necesarios para la producción de los insumos directos y a los bienes y servicios producidos a partir del producto inmediato del proyecto.

1.8 Plan de ejecución

El plan de ejecución establece de manera detallada y cronológica la secuencia de actividades que requiere la ejecución del proyecto. Esto resulta necesario para la programación de inversiones y los desembolsos del financiamiento. Con este fin se debe conocer con gran detalle de los tiempos y movimientos necesarios para coordinar la adquisición de materiales y equipos, la prestación de servicios por terceros así como la realización de tareas de montaje y construcción.

Se debe tener en cuenta que muchas de estas tareas están relacionadas entre sí, dependiendo de otras para su ejecución. Esto crea secuencias e interacciones entre las tareas que provocan ciertas restricciones para su ejecución. Algunas están encadenadas entre sí (debido a la lógica del mismo proyecto) mientras que otras tienen ciertos requerimientos externos al proyecto.

Para el diseño adecuado del plan de ejecución se emplean diversas herramientas. Todas ellas se basan en la asignación de tiempos a los diferentes grupos de tareas contempladas. Para ello se estiman las fechas mínimas y máximas de iniciación y de terminación de las actividades que se requieren para concluir el proyecto. Con esto se pueden evaluar las consecuencias que tendrán sobre la duración del tiempo de conclusión del proyecto los cambios y modificaciones en los tiempos de las diversas tareas que lo conforman.

1.8.1 El plan de trabajo debe incluir las siguientes partes.

Inventario y especificación de las actividades: Se trata de definir y presentar sistemáticamente todas las tareas o actividades requeridas, agrupándolas según su naturaleza o función. Incluye la red de actividades resultante del estudio, el grado de detalle para la descripción dependerá del interés que exista en el control del proyecto. Se debe estimar la duración de dichas actividades para lo cual se recomienda la consulta en cada una de ellas, pudiendo dar un conjunto de estimaciones como "optimistas", "pesimistas" y "más probables", con las cuales se puede calcular la "duración esperada".

1.8.2 Secuencia e interacción de actividades.

Es un esquema coordinado del encadenamiento de tareas necesarias para la ejecución del proyecto. Esto se logra mediante una red o grafo. A este gráfico se deben anexar los datos que sirvieron como base para su elaboración.

1.8.3 Requisitos de ejecución y alternativas técnicas:

Se presentan los esquemas o planes alternativos de ejecución que impliquen cambios en la duración total del proyecto. Estas alternativas surgen al aprovechar los márgenes de tiempo existentes en actividades no críticas para salvar tiempo en otras que resultan críticas, lo cual debe reducir el tiempo total de duración. En otros casos, esto repercute en los costos de ejecución por lo que debe presentarse información al respecto.