

capacitación sobre planeación y operación de CUARTOS FRIOS para frutas y hortalizas

Manual de capacitación sobre planeación y operación de

# CUARTOS FRIOS

para frutas y hortalizas



Miguel Angel Meneses Ariza

64.85  
M543p  
001  
ej. 2



**DFID**

Department For International Development

PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION EN POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS  
CONVENIO SENA- REINO UNIDO



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

664.85  
#1543.P  
2001  
692

# PLANEACION Y OPERACION DE CUARTOS FRIOS PARA FRUTAS Y HORTALIZAS

**Autor**

Miguel Angel Meneses Ariza



Servicio Nacional de Aprendizaje

# DFID

Department for International  
Development

06613185, 2501000000

# PLANEACION Y OPERACION DE CUARTOS FRIOS PARA FRUTAS Y HORTALIZAS

**Autor:**

Miguel Angel Meneses Ariza  
Ingeniero Agrícola

**Asesoría técnica:**

Keit Thompson, PhD  
Mario González Gómez, Ing. Industrial  
Fernando Gallo Pérez, Ing. Alimentos

**Coordinación y Asesoría Metodológica:**

Jesús María Pedraza Roncancio, Lic. C. Agr. M.Sc.



Servicio Nacional de Aprendizaje



Department for International  
Development

Este material es propiedad del SENA de Colombia y del NRI de Inglaterra, puede ser reproducido en forma parcial o total en cualquier contexto no publicitario y sin ánimo de lucro, reconociendo la fuente de la siguiente manera:

MENESES ARIZA, Miguel Angel. 2001. Planeación y Operación de Cuartos Fríos para Frutas y Hortalizas. Serie de paquetes de capacitación sobre manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Programa Nacional de Capacitación en Manejo Poscosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas, Convenio SENA - Reino Unido, Centro Agroindustrial del SENA, A.A. 695 Armenia, Quindío, COLOMBIA. Editorial Grafemas.

Este documento se publica en tres versiones:

En pasta de argolla con diapositivas.

En libro donde las diapositivas aparecen como fotografías.

En CD-ROM.

ISBN: 958-15-0070-7

1. Refrigeración. 2. Cuartos Fríos. 3. Acondicionamiento. 4. Empaque, Transporte. 5. Almacenamiento. 6. Comercialización. 7. Capacitación. I. Miguel Angel Meneses Ariza. II. Natural Resources Institute, Reino Unido. III. Servicio Nacional de Aprendizaje.

Esta serie de material de capacitación de poscosecha y comercialización de frutas y hortalizas se realizó en 2001 en la administración de:

### SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

#### SENA - DIRECCION GENERAL

Carlos Ortíz Fernández	Director General
Gonzalo Vélez Villegas	Director de Formación Profesional
Gonzalo Sandoval Escobar	Jefe División Sector Primario y Extractivo
Gloria Rodríguez Martínez	Jefe Grupo Competitividad

#### SENA REGIONAL CALDAS

Ana Melba Naranjo de Giraldo	Directora Regional
Luis Gonzalo Arboleda Duque	Jefe Centro
John Jairo Cardona	Coordinador Académico

#### CONVENIO SENA - REINO UNIDO

Jesús María Pedraza Roncancio	Coordinador Nacional
John Orchard	Instituto de Recursos Naturales NRI Universidad de Greenwich, Reino Unido

Con el fin de mejorar la publicación en el futuro, agradecemos enviar cualquier comentario o sugerencia respecto a este documento a la siguiente dirección:

Programa Poscosecha, Convenio SENA - Reino Unido. SENA  
Centro Agroindustrial, Vereda San Juan, A.A. 695, Armenia, Quindío. Colombia.  
Teléfono: 096 -7496213. Fax: 7497301

E-mail: [senapost-cosecha@armenia.multi.net.co](mailto:senapost-cosecha@armenia.multi.net.co) • [prograpostcosecha@sena.edu.co](mailto:prograpostcosecha@sena.edu.co)

## LISTADO DE ACRÓNIMOS

CAISA	Centro de Atención Integral al Sector Agropecuario.
COAR	Comercialización de Alimentos de Aranzazu.
CORABASTOS	Corporación de Abastos de Bogotá, S.A.
DFID	Department for International Development (Departamento para el Desarrollo Internacional del gobierno del Reino Unido).
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario.
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
ISO	Organización Internacional de Estandarización.
NRI	Natural Resources Institute (Instituto de Recursos Naturales de la Universidad de Greenwich del Reino Unido).
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje.
UMATA	Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria.
UN	Universidad Nacional de Colombia.
URPA	Unidad Regional de Planeación Agropecuaria.

## EQUIVALENCIAS

1cc =	1ml = 1cm <sup>3</sup> .	1@ = 12.5 kg.
Precipitación pluvial de 1mm=	1L/m <sup>2</sup>	°C = 5/9 (°F-32).
1ha =	10.000 m <sup>2</sup> .	°F = (9/5 x °C) +32.
1ton =	1.000kg.	1 psi = 6894.8 Pa = 51.72 mmHg.
1 Btu =	252 cal = 1055 J.	

## LISTADO DE ABREVIATURAS

%	Porcentaje.	meq	Miliequivalente
µg	Microgramo.	mg	Miligramo
a.m	Antes meridiano.	min	Minuto
AC	Atmósfera controlada.	MIP	Manejo integrado de plagas
AM	Atmósfera modificada.	ml	Mililitro.
Atm	Atmósfera de presión.	mm	Milímetro.
B	Boro.	MS	Materia seca.
Btu	British thermal unity.	m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar.
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Acetileno.	N <sub>2</sub>	Nitrógeno Molecular.
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Etileno.	NaClO	Hipoclorito de sodio.
Ca(ClO) <sub>2</sub>	Hipoclorito de calcio.	O <sub>2</sub>	Oxígeno molecular.
CaCl <sub>2</sub>	Cloruro de calcio.	°Bx	Grados Brix.
Cal	Calorías.	°C	Grados Celcius o centígrados.
Cat	Categoría.	°F	Grados fahrenheit.
cm	Centímetro.	p.m.	Pasado meridiano.
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado.	Pa	Pascal.
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico.	Pc	Producto comercial.
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono, anhídrido carbónico, bióxido de carbono	PE	Polietileno.
Cu	Cobre.	PET	Polietileno Tereftalato.
DPV	Diferencia de presión de vapor de agua.	pH	Potencial de hidrogeniones.
Fe	Hierro.	plg	Pulgada.
g	Gramo.	plg <sup>2</sup>	Pulgada cuadrada.
GE	Gravedad específica.	PP	Polipropileno.
h	Hora.	ppm	Partes por millón .
ha	Hectárea.	PR	Punto de rocío.
Hg	Mercurio.	PS	Poliestireno.
HP	Caballo de fuerza.	PVA	Presión de vapor.
HR	Humedad Relativa.	PVC	Cloruro de polivinilo.
ia	Ingrediente activo	s	Segundo.
J	Julio.	S.S.T.	Sólidos solubles totales.
Kcal	Kilocaloría.	T	Temperatura.
Kg	Kilogramo.	Tm	Temperatura del producto.
Kj	Kilojulio.	Ton	Tonelada.
kph	Kilómetros por hora.	U.I.	Unidades internacionales.
kw	Kilowatio.	U.C.	Unidad calórica.
KMnO <sub>4</sub>	Permanganato de Potasio.	Und	Unidad.
L	Litro.	W	Vatio.
lb	Libra.	Zn	Zinc.
m	Metro.		
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado.		
m <sup>3</sup>	Metro cúbico.		

## TABLA DE CONTENIDO

1. Agradecimientos	17
2. Introducción	18
3. Objetivos del paquete	19
4. Orientaciones para el uso del paquete	19
5. Resumen del estudio de caso	21
6. Flujograma para el estudio del paquete	24
7. Dinámica de grupo y exploración de expectativas	25
8. Descripción de la audiencia	35
9. Matriz de Impacto	36

### Módulo 1. La técnica de refrigeración

---

Flujograma para el estudio del módulo	1-4
Objetivos	1-5
Introducción	1-5
1.1 Principios de refrigeración	1-6
1.1.1 Conceptos básicos	1-6
1.1.2 Las propiedades del aire	1-9
1.1.3 Relaciones entre la temperatura y la humedad relativa	1-14
1.2 Almacenamiento refrigerado	1-14
1.2.1 Métodos naturales de refrigeración	1-16
1.2.2 El sistema mecánico de refrigeración	1-20
1.2.3 Refrigerantes más utilizados	1-22
1.2.4 Componentes del sistema mecánico de refrigeración	1-22
1.3 Información complementaria	1-27
1.3.1 Protección de la capa de ozono	1-27
1.3.2 Algunas novedades de refrigeración	1-30
1.3.3 Congelación	1-30
1.4 Atmosferas controladas	1-32
1.4.1 Almacenamiento en atmósfera modificada	1-33
1.4.2 Almacenamiento en atmósferas controladas	1-36
Matriz de Impacto	1-42

Resumen módulo 1	1-46
Diapositivas módulo 1	1-47

## **Módulo 2. Aspectos involucrados en el diseño de cuartos fríos**

---

Flujograma para el estudio del módulo	2-4
Objetivos	2-5
Introducción	2-5
2.1 Aspectos preliminares al proyecto de construcción	2-6
2.1.1 Los usuarios	2-7
2.1.2 Usos	2-8
2.1.3 El mercado	2-8
2.1.4 Aspectos financieros	2-10
2.2 Aspectos del diseño relacionados con la operación	2-12
2.2.1 Localización	2-12
2.2.2 El tamaño del cuarto frío	2-14
2.2.3 Áreas complementarias	2-20
2.2.4 Empaques y estibas	2-23
2.2.5 Vehículos de carga y estantería	2-26
2.3 Aspectos relacionados con la obra física	2-29
2.3.1 Materiales y aislamiento	2-30
2.3.2 Cálculo de la carga de calor	2-34
Práctica 2.1 Criterios de diseño para un cuarto frío	2-44
Matriz de Impacto	2-46
Resumen módulo 2	2-50
Diapositivas módulo 2	2-51

## **Módulo 3. Consideraciones del producto en el almacenamiento**

---

Flujograma para el estudio del módulo	3-4
Objetivos	3-5
Introducción	3-5
3.1 Consideraciones previas al almacenamiento refrigerado	3-6
3.1.1 Naturaleza del producto	3-6

3.2	Consideraciones durante el almacenamiento	3-17
3.2.1	Calidad de las frutas y hortalizas	3-18
3.2.2	Condiciones ambientales ideales	3-19
3.2.3	Mezclas de productos	3-20
3.3	Daños durante el almacenamiento refrigerado	3-21
3.3.1	Daños fisiológicos	3-22
3.3.2	Daños por microorganismos	3-25
3.3.3	Tratamientos complementarios a la refrigeración	3-29
3.4	La cadena de frío	3-33
3.4.1	El preenfriamiento	3-35
3.4.2	Sistemas de preenfriamiento	3-36
3.4.3	Aspectos adicionales	3-43
3.4.4	Parámetros para estimar la capacidad de preenfriamiento	3-46
	Práctica 3.1 Evaluación de pérdida de peso en frutas y hortalizas durante el almacenamiento refrigerado	3-47
	Práctica 3.2 Preenfriamiento de frutas y hortalizas	3-53
	Matriz de Impacto	3-57
	Resumen módulo 3	3-61
	Diapositivas módulo 3	3-62

#### **Módulo 4. Manejo del cuarto frío**

---

	Flujograma para el estudio del módulo	4-4
	Objetivos	4-5
	Introducción	4-5
4.1	Aspectos administrativos	4-6
4.2	Operación del cuarto frío	4-10
4.2.1	Plan de carga	4-10
4.2.2	Control de temperatura	4-14
4.2.3	Control de la humedad relativa	4-16
4.2.4	Cargas mixtas	4-17
4.2.5	Apertura de puertas	4-20
4.2.6	Renovación del aire	4-21
4.2.7	Salida de los productos	4-22
4.3	Mantenimiento y sanidad	4-22
4.3.1	Mantenimiento de los equipos	4-22

4.3.2 Sanidad dentro del cuarto	4-27
4.4 Seguridad industrial	4-31
Práctica 4.1 Almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas	4-34
Matriz de Impacto	4-38
Resumen módulo 4	4-42
Diapositivas módulo 4	4-43

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Programa Nacional de Capacitación en Poscosecha	A-3
Anexo 2 Centros del SENA que ofrecen capacitación en Poscosecha	A-7
Anexo 3 Publicaciones producidas por el programa poscosecha del Sena	A-8
Anexo 4 Entidades patrocinadoras	A-11
Anexo 5 Anexos para la evaluación	A-12
Anexo 5.1 Evaluación final de conocimientos - Información de retorno	A-12
Anexo 5.2 Evaluación del evento	A-19
Anexo 5.3 Evaluación de desempeño del instructor	A-21
Anexo 6 Anexos técnicos	A-23
Anexo 6.1 Algunos conceptos y unidades de medida utilizadas en refrigeración	A-23
Anexo 6.2 Información sobre el comportamiento de algunas frutas y hortalizas	A-27
Anexo 6.3 El uso de la carta sicrométrica	A-30
Anexo 6.4 Ejemplo de cálculo de la carga de refrigeración	A-32
Anexo 7 Glosario	A-36
Anexo 8 Bibliografía	A-38
Anexo 9 Originales para transparencias	A-43
Anexo 9.1 Originales módulo 1	A-44
Anexo 9.2 Originales módulo 2	A-53
Anexo 9.3 Originales módulo 3	A-59
Anexo 9.4 Originales módulo 4	A-68

## LISTA DE FIGURAS

### *Módulo 1*

Figura 1.1 Relación entre la escala Centígrada y la Fahrenheit	1-7
--	-----

Figura 1.2	el higrómetro	1-13
Figura 1.3	El sicrómetro y la carta sicrométrica	1-13
Figura 1.4	Variación de la humedad relativa con la temperatura	1-15
Figura 1.5	Bodega subterránea para almacenamiento de frutas y hortalizas	1-16
Figura 1.6	Bodega con ventilación forzada para almacenar papa y cebolla	1-17
Figura 1.7	Esquema típico de uso del hielo como refrigerante	1-19
Figura 1.8	El sistema de refrigeración	1-20
Figura 1.9	Esquema de funcionamiento del ciclo de refrigeración	1-24
Figura 1.10	El evaporador	1-25
Figura 1.11	Conexiones del refrigerante y del sistema de desagüe en el evaporador	1-25
Figura 1.12	El conjunto compresor condensador	1-25
Figura 1.13	Dispositivo de control de refrigerante	1-27
Figura 1.14	Sello adecuado en la unión entre el piso y la pared	1-39
Figura 1.15	Sistema de cierre hermético	1-40
Figura 1.16	Sistema para liberar presión	1-40

## *Módulo 2*

---

Figura 2.1	Diagrama para determinar la capacidad aproximada del equipo de refrigeración para reducir la temperatura en 10 °C	2-16
Figura 2.2	Localización de los evaporadores según la forma del cuarto frío	2-20
Figura 2.3	Dimensiones del área de maniobras de los camiones	2-21
Figura 2.4	El área de descarga estará al nivel de la carrocería	2-22
Figura 2.5	Áreas de selección y clasificación anexas al cuarto frío	2-23
Figura 2.6	Canastilla plástica y unidad estándar de carga	2-26
Figura 2.7	Carretilla manual	2-27
Figura 2.8	Montacargas para capacidades grandes	2-27
Figura 2.9	Altura de carga	2-28
Figura 2.10	Sistema de paletización dinámica	2-29
Figura 2.11	Aislamiento relativo de diferentes materiales	2-30
Figura 2.12	Corte de un cuarto frío con fibra de vidrio como aislante	2-31
Figura 2.13	Sistema de levas para unión de paneles	2-31
Figura 2.14	Corte de dos tipos de puerta: sobrepuesta y solapa	2-32
Figura 2.15	Topes para impedir cargas contra las paredes	2-33
Figura 2.16	Modelo de planta de un cuarto frío	2-33

**Módulo 3**

Figura 3.1	Intercambio de gases y calor entre el producto y el medio	3-7
Figura 3.2	Deshidratación de la zanahoria expuesta a diferentes niveles de humedad	3-9
Figura 3.3	Comportamiento de la respiración en frutas y hortalizas	3-12
Figura 3.4	Temperaturas mínimas para algunos productos	3-25
Figura 3.5	Daño por gloesporium en zanahoria	3-26
Figura 3.6	Encerado de naranjas	3-30
Figura 3.7	Forma de acomodar los productos dentro del cuarto para facilitar su enfriamiento	3-38
Figura 3.8	Preenfriamiento con aire forzado (sistema móvil)	3-39
Figura 3.9	Preenfriamiento con aire forzado (sistema estacionario)	3-40
Figura 3.10	Hidrogenoenfriamiento	3-41

**Módulo 4**

Figura 4.1	Patrón de estibado para máxima eficiencia de refrigeración	4-11
Figura 4.2	Área superior libre para permitir la circulación del aire	4-13
Figura 4.3	Tipo de canastilla plástica ideal para frutas y hortalizas	4-13
Figura 4.4	Medida de las tarimas y su disposición	4-14
Figura 4.5	Temperaturas en las distintas partes del cuarto frío	4-16
Figura 4.6	Humidificador	4-17
Figura 4.7	Manera de evitar errores durante la carga del cuarto frío	4-18
Figura 4.8	Sistema de cortina de aire	4-20
Figura 4.9	Cortina de Termofilm	4-21
Figura 4.10	Diagrama para conocer la temperatura de condensación sobre las frutas	4-23
Figura 4.11	Diagnóstico de averías	4-25
Figura 4.12	Disposición adecuada de una escalera	4-32

**LISTA DE CUADROS****Módulo 1**

1.1	Equivalencias de temperaturas	1-7
1.2	Relación entre la presión de vapor, humedad relativa y déficit de presión de vapor (DPV)	1-11
1.3	Refrigerantes más comunes y puntos de ebullición	1-23
1.4	Sistemas de control de flujo de refrigerante y su utilización	1-26

1.5	Alternativas a los refrigerantes clorofluorocarbonados	1-29
1.6	Permeabilidad al oxígeno y el vapor de agua para algunos materiales	1-34

### *Módulo 2*

---

2.1	Parámetros que determinan la factibilidad de un cuarto frío para una región	2-7
2.2	Densidad de almacenamiento para productos en canastilla plástica	2-17
2.3	Utilización de cajas de cartón de tamaño 30x40 (1/2 módulo ISO)	2-24
2.4	Resistencia térmica (R) para algunos materiales	2-37
2.5	Número de cambios de aire por día	2-38
2.6	Capacidad del compresor recomendada para cuartos fríos pequeños	2-41
2.7	Información básica para determinar el tamaño de un cuarto frío de manera preliminar	2-42
2.8	Consideraciones generales en el diseño de un cuarto frío	2-43

### *Módulo 3*

---

3.1	Sensibilidad a la pérdida de peso en productos almacenados	3-8
3.2	Clasificación de productos hortifrutícolas según la tasa de calor de respiración expedida	3-11
3.3	Clasificación de frutos según el comportamiento de su respiración	3-13
3.4	Clasificación de frutas y hortalizas según su producción de etileno	3-14
3.5	Sensibilidad al etileno por algunas frutas y hortalizas	3-15
3.6	Frutas y hortalizas que producen y absorben aromas	3-21
3.7	Algunos productos que sufren daño por frío	3-23
3.8	Algunos problemas por microorganismos en poscosecha	3-28
3.9	Preparación de 2 litros de Semperfresh partiendo de una solución del 2%	3-31
3.10	Productos ecológicos para el control de plagas y enfermedades	3-33
3.11	Tratamientos térmicos recomendados para algunas frutas	3-34
3.12	Efecto de los métodos de preenfriamiento para manzanas empacadas en cajas de 18 kg	3-37
3.13	Técnicas de preenfriamiento	3-43
3.14	Selección de la técnica de preenfriamiento	3-44

**Módulo 4**

4.1	Grupo de compatibilidad de algunas frutas y hortalizas	4-19
4.2	Concentración de cloro mínima necesaria para destruir todos los patógenos en un minuto a dos temperaturas y pH neutro	4-30
4.3	Cantidades de solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,25% y de hipoclorito de calcio granulado al 65% requeridos para obtener una concentración de cloro en 1000 litros de agua y pH neutro	4-31

**LISTA DE DIAPOSITIVAS**

C.F	Cuartos Frios
1	Módulo 1
14	Secuencia de diapositiva

**Módulo 1**

C.F 1.1	Evaporador	1-24
C.F 1.2	Disposición del evaporador en un cuarto grande	1-24
C.F 1.3	Elementos para el control de refrigerante	1-27
C.F 1.4	Válvula de expansión	1-27
C.F 1.5	Ruta en AC con ventanilla de inyección	1-38

**Módulo 2**

C.F 2.1	La ventilación del empaque facilita el enfriamiento del producto	2-23
C.F 2.2	Empaques estandarizados para producto de exportación	2-24
C.F 2.3	La altura de estibado depende de la resistencia de los empaques	2-24
C.F 2.4	Las estibas deben permanecer limpias y en buen estado	2-25
C.F 2.5	Unidad de carga	2-25
C.F 2.6	Carretilla sencilla para movilizar cargas menores de 400 kg	2-26
C.F 2.7	Carretilla eléctrica para cargas pesadas	2-27
C.F 2.8	Los arrumes deben permitir la circulación adecuada de aire	2-27

*Módulo 3*

C.F 3.1	Preenfriamiento con aire forzado: disposición del producto	3-39
C.F 3.2	Preenfriamiento con aire forzado: control de temperatura y humedad relativa	3-39
C.F 3.3	Preenfriamiento con aire forzado: armado, vista posterior	3-39
C.F 3.4	Preenfriamiento con aire forzado: toma continua y análisis de datos	3-39
C.F 3.5	Preenfriamiento con aire forzado: sistema fijo	3-39
C.F 3.6	Hydroenfriamiento	3-40
C.F 3.7	Preenfriamiento con hielo en la parte superior de estibado	3-41
C.F 3.8	Aplicación de hielo dentro de los empaques	3-41
C.F 3.9	Brócoli enfriado con hielo	3-41
C.F 3.10	Equipo para enfriamiento al vacío	3-42

*Módulo 4*

C.F 4.1	Un buen sistema de inventarios facilita la operación del cuarto frío	4-7
C.F 4.2	Afiches que recuerdan que las frutas y hortalizas son frágiles	4-8
C.F 4.3	Empaques de similar tamaño para facilitar el control de inventarios	4-8
C.F 4.4	Control de peso durante el ingreso del producto al cuarto frío	4-8
C.F 4.5	Disposición de los arrumes con respecto al difusor o evaporador	4-12
C.F 4.6	Arrumes hasta el techo y contra las paredes dificulta la recirculación de aire	4-12
C.F 4.7	El empaque de cartón pierde su resistencia con la humedad	4-12
C.F 4.8	Protección de los productos cercanos al evaporador	4-12
C.F 4.9	Las estibas facilitan la manipulación	4-13
C.F 4.10	El espacio libre superior y entre empaques, facilita la recirculación del aire	4-15
C.F 4.11	Las tarimas facilitan la circulación del aire por la parte inferior	4-15
C.F 4.12	La placa sobre la puerta facilita el manejo de las cargas mixtas	4-18
C.F 4.13	El operario con ropa adecuada	4-31

## 1. AGRADECIMIENTOS

*El autor expresa sus agradecimientos a: Jesús María Pedraza, Vicente Zapata, Keith Thompson, Fernando Gallo y Mario González por su orientación y Asesoría, en especial a Raúl Díaz T., instructor del SENA Regional Risaralda, del Centro Nacional de Refrigeración, por su valioso aporte en la revisión técnica del documento.*

*A Luis Gonzalo Arboleda Duque, Jefe del Centro Agropecuario del SENA Regional Caldas y al Coordinador académico John Jairo Cardona por el apoyo que de una u otra forma le brindaron para la realización de este manual.*

*Al equipo nacional de Poscosecha del SENA, por sus valiosos aportes y motivación permanentes.*

*A los miembros de la comercialización agropecuaria de Aranzazu COAR, y los funcionarios de Supertiendas Olímpica, por su colaboración en la validación del paquete.*

*A Sandra Rojas y John Moore de Rojas Hnos., a Diego Maldonado, de Westell Ltda., a Oscar Riveros, superintendente de Colfrigos, a don Guillermo Gómez gerente de Vigómez, al Ingeniero William Fernández de Supernórdico y a Bettyyna Peña y Paulino Caro, de Cadenalco por sus valiosos aportes.*

*El Autor*

## 2. INTRODUCCIÓN

*Un porcentaje alto de los productos perecederos que llega a las plazas de mercado, tiendas, supermercados, etc. se pierden por no contar con las condiciones adecuadas de manejo poscosecha. Esto aumenta el costo para el consumidor final, puesto que el productor/comerciante tiene que aumentar el precio del producto para mantener la utilidad que se pierde con el producto deteriorado.*

*Estas grandes pérdidas solamente se aprecian en el volumen de desecho que se produce, y su disposición constituye en muchos casos el problema principal de las comercializadoras de vegetales; pero rara vez se tiene en cuenta todo el proceso de producción, cosecha y comercialización que generó este producto antes de ir a la basura. Si se relacionaran estos costos con lo que significa implementar y mantener técnicas adecuadas que disminuyan estas pérdidas, seguramente se encontrarían suficientes razones para incorporar estas técnicas dentro del proceso tradicional de comercialización de perecederos.*

*Para muchos de los productos que llegan a estos sitios se podría aumentar su vida útil si se contara con una infraestructura acorde con las necesidades:*

*Por ejemplo, un cuarto frío localizado en una vereda permitiría que los agricultores almacenaran sus productos perecederos mientras se recoge un volumen importante que justifique su mercadeo.*

*Un supermercado puede comprar volúmenes grandes de verduras, que almacenará en condiciones adecuadas, para ir surtiendo los estantes de acuerdo con el nivel de ventas, de tal forma que garantice al comprador productos de óptima calidad.*

*Un mayorista que comercializa productos muy perecederos requiere conservar su calidad mientras los entrega a sus clientes, y un cuarto frío le puede proporcionar las condiciones ambientales adecuadas para ello.*

*Cuando se habla de proyectos de refrigeración, se tiende a generalizar que se trata de alta tecnología, costos elevados y de manejo exclusivo de personal especializado, lo que dificulta que la refrigeración sea tenida en cuenta. Sin restarle importancia a estos aspectos, el uso del frío puede convertirse en una alternativa alcanzable a nuestras necesidades de conservación de frutas y verduras en fresco, pues en el mercado existen gran variedad de soluciones en cuanto a costo, tecnología y sencillez de manejo, que en una forma organizada pueden utilizarse.*

*Este manual va dirigido a todas aquellas personas y/o comunidades que se involucran en el manejo poscosecha de frutas y hortalizas en fresco, donde la mayor dificultad es la conservación de la calidad con un mínimo de pérdidas.*

*Se pretende que los usuarios de este manual:*

- *Valoren la importancia y los beneficios del frío.*
- *Conozcan los principios físicos en que se basa la refrigeración y cómo se afecta el ambiente y los productos refrigerados.*
- *Puedan tener criterios válidos cuando se decidan a implementar un cuarto frío.*
- *Poder administrarlo y operarlo eficientemente.*

### 3. OBJETIVOS DEL PAQUETE

**OBJETIVO GENERAL** • Al finalizar el estudio del presente paquete de capacitación, el participante estará en condiciones de aplicar las tecnologías apropiadas para la planeación y operación de cuartos fríos para frutas y hortalizas.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS** El participante alcanzará los logros de capacitación cuando sea capaz de:

1. Identificar los principales factores involucrados en la conservación de las frutas y hortalizas, y las necesidades de su control.
2. Analizar los principios del frío y la aplicación de estos principios en el manejo de frutas y hortalizas a nivel de poscosecha.
3. Formular los aspectos involucrados en el diseño de los cuartos fríos, teniendo en cuenta ubicación, criterios técnicos y factibilidad económica.
4. Explicar cómo se maneja el cuarto frío de acuerdo con las condiciones de producción y mercadeo en la zona y siguiendo los principios de aseguramiento de calidad.
5. Reconocer el papel que juega hoy la refrigeración en el manejo Poscosecha de Frutas y Hortalizas, y la importancia que tiene este proceso dentro de la cadena de comercialización.

### 4. ORIENTACIONES PARA EL USO DEL PAQUETE

El presente paquete de capacitación se ha preparado para acompañar al instructor en el desarrollo de actividades de capacitación dirigidas a distintos miembros de la cadena poscosecha. Sin embargo, este material también puede utilizarse en la capacitación de estudiantes de ciencias agrícolas, profesionales dedicados a la asistencia técnica y empleados de organizaciones con responsabilidades en poscosecha y comercialización de frutas y verduras.

El contenido de cada paquete, está distribuido en módulos, los cuales tienen algunos recursos de apoyo que son citados en el cuerpo del documento. Estos recursos son los materiales visuales, láminas en color, diapositivas, dibujos e ilustraciones que dan apoyo al instructor y facilitan el aprendizaje del participante en la capacitación.

Las siguientes son recomendaciones acerca del uso que se le debe dar a este paquete, para que tanto instructor como capacitandos, saquen el mejor provecho de él:

- Antes de usar el paquete, revíselo para asegurarse de que todos sus componentes están presentes y en buen estado. Familiarícese con ellos, revisando cada componente:
  - Tenga a su disposición el proyector de diapositivas.
  - Prepare copias suficientes de las instrucciones que deben seguir los participantes al realizar los ejercicios.
  - Tenga en cuenta el tiempo. Cada módulo tiene un tiempo mínimo de realización que incluye el período necesario para la ejecución de los ejercicios.
  - Asegúrese de que los escenarios para la realización de los ejercicios han sido preparados con anterioridad, particularmente los que se refieren a las actividades de campo.
  
- Aproveche todos los componentes del paquete:
  
- En la fase introductoria, realice las actividades de preparación de la audiencia:
  - Dinámica grupal.
  - Exploración de expectativas.
  - Pre-test.
  - Retroinformación del pre-test.
  - Presentación de los objetivos.
  - Presentación del flujograma del paquete.
  - Discusión de los objetivos.
  - Introducción al paquete.
  
- En el desarrollo de los módulos, no deje pasar de lado las actividades de tipo práctico. Ellas son el corazón del aprendizaje. Al dirigir los ejercicios tenga en cuenta:
  - Leer con los participantes las instrucciones del ejercicio.
  - Ofrecerles los materiales necesarios para realizar el ejercicio.

- Durante la capacitación, recuerde los siguientes principios:
  - Los participantes son los gestores de su propio aprendizaje. Conceda el tiempo necesario para preguntas, discusión y actividades prácticas.
  - Evite el enfrascamiento en discusiones en las cuales usted siente que se persigue encontrar un “ganador”. Permita que el desarrollo del tema se encargue de aclarar las controversias.
  - Centre la atención de los participantes en los objetivos específicos, tanto en el desarrollo de los contenidos técnicos como en el de los ejercicios.
  - El modelo utilizado en los paquetes sigue la secuencia: objetivo, contenido, ejercicio práctico, información de retorno del ejercicio y resumen. Aproveche esta concatenación de eventos para darle estructura al proceso de aprendizaje.

Al finalizar la capacitación:

- Administre el post-test y comparta con los participantes las respuestas correctas para que ellos mismos corrijan sus fallas.
- Administre el formulario de evaluación del instructor para tabular los resultados y conocer las opiniones de los participantes acerca de su desempeño como instructor.
- Administre el formato de evaluación del paquete y tabule los resultados para introducir ajustes posteriores.
- Administre el formulario de evaluación del evento. Tabule sus resultados para darse cuenta de la percepción de los participantes acerca de la capacitación.
- Al finalizar la utilización del paquete, asegúrese de que sus componentes queden en orden para su próxima utilización.

## 5. RESUMEN DEL ESTUDIO DE CASO

El estudio de caso que se realizó a nivel de Centros de acopio municipales (Aranzazu, Pensilvania), de Bodegas de almacenamiento de comerciantes pequeños en Manizales y de Empresas que utilizan el frío como parte de su proceso (La Fuente) y que fabrican equipos de refrigeración (Mabe de Colombia). Igualmente se contactaron instructores Sena que se encargan de dar formación en manejo y mantenimiento de equipos de refrigeración.

En una primera etapa, se realizó un listado de las posibles fuentes de información y se incluyeron productores, comerciantes, jefes de bodegas mayoristas y de supermercados. A medida que el estudio avanzó se fue detectando la dificultad de obtener información confiable de algunas fuentes por su casi total desconocimiento del tema; se dirigió el estudio hacia personas y entidades que tuvieran un contacto directo con la refrigeración, haciendo énfasis en el manejo de frutas y hortalizas.

El manejo del frío en nuestro medio está muy orientado a trabajar con temperaturas bajas de refrigeración y de congelación. Además es más común encontrar cuartos refrigerados para almacenar carnes, pollo, productos procesados, los cuales tienen grandes diferencias con las frutas y las hortalizas que son el objetivo del manual.

Bajo una guía de encuesta, se entrevistaron personas que tienen a su cargo el manejo de cuartos fríos y de congelación, alrededor de los siguientes aspectos:

- Propósito y justificación del frío (razones para utilizar el cuarto frío, importancia que tiene dentro del proceso de la empresa, valor agregado generado).
- Acción del frío sobre los productos refrigerados (marchitamiento, maduración, daños por hongos) y operaciones de acondicionamiento de los productos.
- Cambios ambientales dentro de los cuartos refrigerados (qué ocurre, con qué frecuencia, qué tanto afecta, cómo controlan).
- Criterios tenidos en cuenta para ubicar y calcular el tamaño del cuarto frío; volúmenes manejados y frecuencia, costos y beneficios esperados y recibidos.
- Operación del cuarto (planificación de entradas/salidas, tarifas, costos operativos, asignación de áreas, tiempos de almacenamiento, mantenimiento, sanidad dentro del cuarto, seguridad industrial).

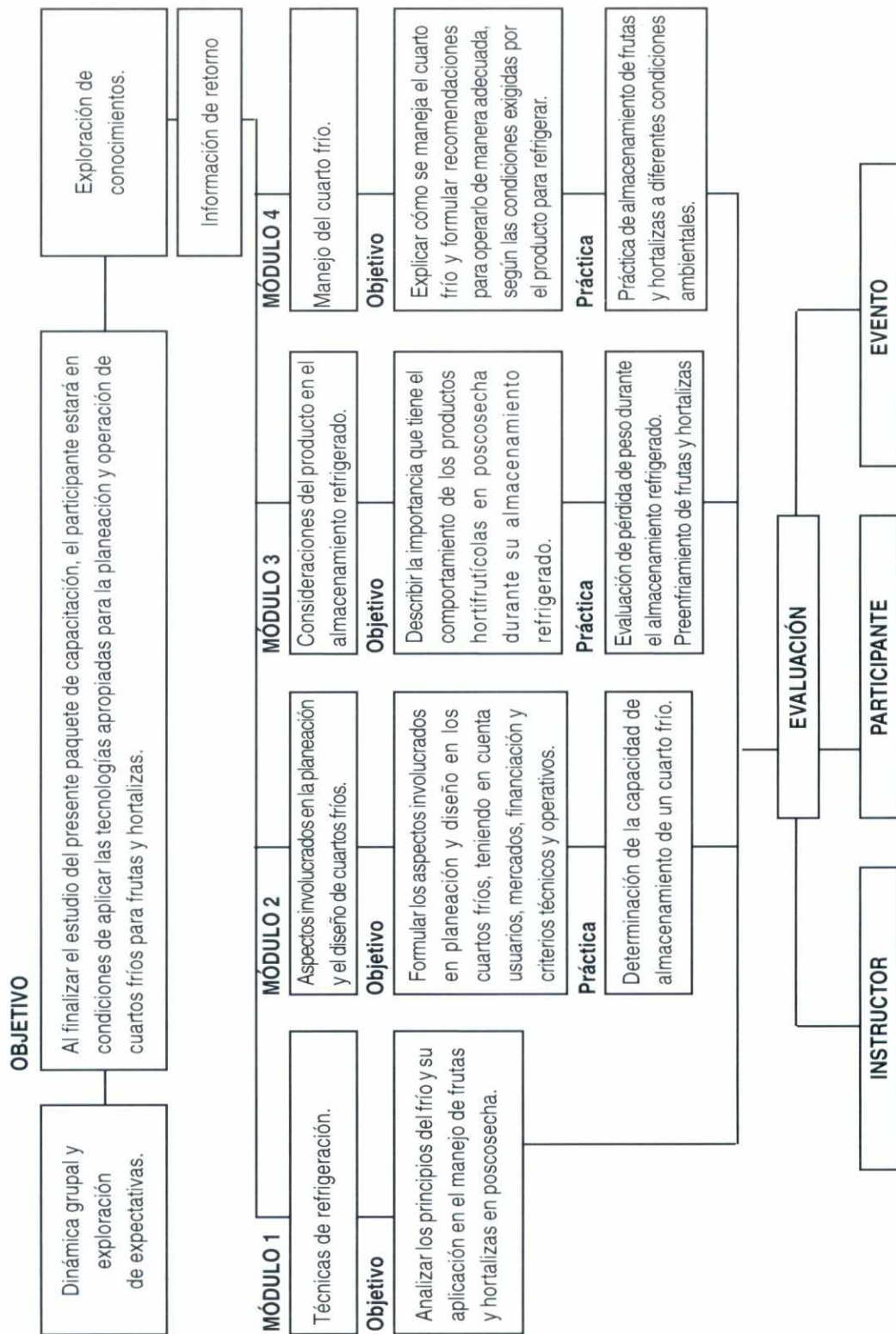
Esta guía fue desarrollada al tiempo con la visita a las instalaciones y en el caso del municipio de Aranzazu, se realizaron algunas pruebas para conocer el funcionamiento del cuarto. De la información que se recogió se destacan las siguientes conclusiones:

- La identificación de las necesidades de refrigeración no es muy clara y se espera con ella mejoramiento de calidad en lugar de detener el proceso de deterioro.

- Se percibe con frecuencia el deseo de conservar “todas las verduras en un mismo cuarto”, sin entrar en detalle en las necesidades particulares de cada producto.
- Se asocia el frío en las frutas con mantener su calidad mientras no se hayan tenido experiencias erróneas. Si esto ocurre se considera que el cuarto frío no sirve para manejar frutas, aún sosteniendo las condiciones que son deseables para almacenarlas.
- En el caso de los cuartos al servicio de los productores, no se maneja el concepto de valor agregado y no se calcula el costo beneficio recibido por la refrigeración.
- Las razones que motivan la construcción del cuarto frío están con frecuencia lejos de las necesidades reales y no están soportadas por estudios técnicos y económicos de peso.
- Sobre el concepto de refrigeración existe una vaga idea. Se tiene arraigado el concepto de que en los cuartos fríos el equipo introduce frío al cuarto en lugar de retirar calor.
- Es bajo el conocimiento del comportamiento de los productos hortifrutícolas ante condiciones de baja temperatura; menos aún el conocimiento del efecto de la humedad del ambiente en estos productos.
- No se manejan criterios técnicos en la operación del cuarto frío. Éste se trata como si fuera una nevera, abriendo y cerrando puertas sin control, y en pocos casos existe control sobre entrada/salida de productos.
- Las operaciones de sanidad se limitan a una limpieza superficial dentro del cuarto. No se hace limpieza a la maquinaria tanto de la parte externa como dentro del cuarto. Tampoco se desinfectan el cuarto, los empaques y el problema de moho, es muy común.

La información que se recogió en estas visitas fue base, junto con la revisión de información escrita sobre el tema y la consulta a expertos, para la elaboración del presente manual de capacitación.

## 6. FLUJOGRAMA PARA EL ESTUDIO DEL PAQUETE DE CUARTOS FRÍOS



## 7. DINÁMICA DE GRUPO Y EXPLORACIÓN DE EXPECTATIVAS

### *Objetivo*

Identificar los intereses particulares que movieron a los participantes a hacerse presentes en la capacitación y confrontar éstos con las posibilidades de satisfacerlos mediante la aplicación de este manual.

### *Orientación para el instructor*

Previo a la realización del evento, y con la suficiente anticipación, se enviarán junto con las cartas de invitación a la capacitación, un anexo con los objetivos y la descripción de los contenidos que se tratarán. Se solicitará a las personas escoger dentro de los subtemas allí descritos tres que considere sean de su mayor interés, explicando porque le interesan y describiendo en lo posible las experiencias que tiene al respecto. Esta información es un requisito para participar en el taller y debe ser llevada el día que éste comience; si las circunstancias lo permiten, esta información se remitirá vía fax con unos días de anticipación para que el instructor pueda formarse una idea del tipo de participantes y sus expectativas.

El día del taller, y luego de la presentación de cada uno de los participantes se conformarán grupos de 3 ó 4 personas. A cada grupo se le entregará una hoja que contendrá preguntas alrededor del tema de la refrigeración, de las cuales habrá algunas que corresponden a lo que se planteará durante la capacitación y otras que serán temas que sobrepasan los objetivos y por tanto no se tratarán; Se dispondrá de 5 minutos para seleccionar las preguntas que le gustaría que se respondieran en el curso y anotarlas en una cartulina que se le entregará para el efecto. Se pedirá al grupo que preparen la justificación de por qué de su interés. Al final de esta parte, cada grupo pondrá al frente del salón la cartulina con los temas seleccionados, explicando brevemente por qué le interesan estos temas.

Al final, el instructor presentará los objetivos y los contenidos de la capacitación y en conjunto con los alumnos se revisarán las coincidencias con las expectativas de éstos. Se ampliarán las respuestas y se indicará de qué manera serán resueltas; así el instructor podrá conocer el interés de los alumnos y éstos evaluarán qué tanto podrá ser de su interés la capacitación que se iniciará.

### Modelo de guía de preguntas

De las preguntas que aparecen a continuación, el grupo debe escoger las que espere sean resueltas en este taller. Marque NO, frente a la pregunta que se considere que no es pertinente en esta capacitación.

*Tiempo de ejecución: 20 minutos.*

#### Modelo 1. Técnicas de refrigeración

No.	PREGUNTA	SÍ	NO
1.	¿Cuáles son los principios físicos en que se basa la refrigeración?		
2.	¿Qué tipos de almacenamiento refrigerado para frutas y hortalizas existen?		
3.	¿Qué tipo de maquinaria existe en el mercado para refrigeración de cuartos fríos?		
4.	¿De qué partes consta y cómo funciona el sistema mecánico de refrigeración?		
5.	¿Qué técnicas existen para conservación de pulpas de frutas y hortalizas?		

#### Modelo 2. Diseño y construcción

No.	PREGUNTA	SÍ	NO
1.	¿Cuáles son los aspectos involucrados en la planeación y diseño de cuartos fríos?		
2.	¿Cómo se determina el tamaño de un cuarto frío o la capacidad de refrigeración que se necesita?		
3.	¿Qué rentabilidad ofrece el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas?		
4.	¿Cómo se diseña y realizan los cálculos para determinar el tamaño de los equipos de refrigeración?		
5.	¿Cuál es el costo de un cuarto frío para almacenar frutas y hortalizas?		

**Modelo 3. Consideraciones del producto en el almacenamiento**

No.	PREGUNTA	SÍ	NO
1.	¿Cómo influyen las condiciones ambientales en el deterioro de las frutas y verduras?		
2.	¿Qué condiciones de temperatura y humedad son ideales para la conservación de los vegetales?		
3.	¿Cuántos días se conservan las frutas y las hortalizas en un cuarto frío?		
4.	¿Cómo actúan los procesos fisiológicos de la maduración de las frutas y hortalizas?		
5.	¿Qué tratamientos haría a los productos y al cuarto frío para evitar su contaminación con hongos y bacterias?		

**Modelo 4. Manejo y mantenimiento**

No.	PREGUNTA	SÍ	NO
1.	¿Cuál es la forma correcta de empaclar, arrumar y almacenar producto dentro un cuarto frío?		
2.	¿Qué aspectos deben considerarse en la operación correcta de un cuarto frío para frutas y hortalizas?		
3.	¿Cómo manejar un cuarto frío donde se almacenarán frutas y hortalizas de todo tipo?		
4.	¿Qué medidas deben tomarse en cuenta en mantenimiento, sanidad y seguridad industrial?		
5.	¿Qué herramientas se requieren y cómo se reparan los equipos de refrigeración del cuarto frío?		

## INFORMACIÓN DE RETORNO

A continuación se presenta la respuesta a la exploración de expectativas. Cada respuesta debe ser ampliada por el instructor, de tal forma que se aclare el alcance de la capacitación. Se recomienda revisar estas respuestas al final de la capacitación y observar así el cumplimiento de las expectativas trazadas.

### Modelo 1. Técnicas de refrigeración

No.	SÍ	NO	RAZONES
1	✓		
2	✓		
3		✓	Sólo se tratará lo básico.
4	✓		
5		✓	Sólo es manejo en fresco de frutas y hortalizas.

### Modelo 2. Diseño y construcción

No.	SÍ	NO	RAZONES
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓	✓	Sólo se da un ejemplo en un anexo.
5		✓	Se dan guías de cómo calcularlo, pero no cifras.

### Modelo 3. Consideraciones del producto en el almacenamiento

No.	SÍ	NO	RAZONES
1	✓		
2	✓		
3		✓	Muy variable, incluso dentro de una misma variedad.
4		✓	
5	✓		Este tema es conocido por la audiencia.

### Modelo 4. Manejo y Mantenimiento

No.	SÍ	NO	RAZONES
1	✓		
2	✓		
3		✓	Se trata de motivar el manejo de varias cámaras.
4	✓		
5		✓	Este tema se trata de manera muy general.

## EXPLORACIÓN INICIAL DE CONOCIMIENTOS

### *Orientación para el instructor*

Antes de distribuir el cuestionario, motive a los participantes para que interioricen que el fin principal de su aplicación es el de que identifiquen en qué estado se encuentran los conocimientos previos que ellos tienen sobre los temas por tratar en el evento.

Entregue el cuestionario a los participantes.  
Respete el tiempo acordado para responder.

*Tiempo sugerido:* 20 minutos.

## EXPLORACIÓN INICIAL DE CONOCIMIENTOS.

Esta es una prueba que pretende identificar el grado de conocimientos que usted tiene respecto al manejo del frío. Contéstela de manera concienzuda; cada pregunta puede tener una o varias opciones verdaderas. Al final de la prueba el instructor presentará las respuestas.

1. Las frutas y hortalizas al respirar absorben:
  - Gas carbónico.
  - Vapor de agua.
  - Etileno.
  - Oxígeno.
  
2. La transpiración de las frutas ocasiona:
  - Pérdida de vitaminas.
  - Pérdida de peso.
  - Malos olores.
  - Daños internos.
  
3. La maduración de las frutas se acelera por:
  - El etileno.
  - El oxígeno.
  - El gas carbónico.
  - El ácido abscísico.

4. Las condiciones ideales de almacenamiento para las frutas son:
  - Un lugar oscuro, humedad relativa baja.
  - Un lugar frío, con humedad relativa alta.
  - Un lugar aireado y protegido del sol.
  - Un lugar frío, humedad relativa baja.
  
5. La temperatura **ideal** de almacenamiento del plátano para prolongar su conservación es:
  - 8 °C.
  - 20 °C.
  - 13 °C.
  - 0 °C.
  
6. Refrigerar es:
  - Introducir frío.
  - Retirar calor de un cuerpo.
  - Congelar.
  - Reducir la temperatura.
  
7. El calor:
  - Se mide con la temperatura.
  - Es la energía interna de un cuerpo.
  - Es intercambio de energía entre dos cuerpos.
  - Disminuye si disminuye la temperatura.
  
8. La temperatura se mide en:
  - Grados centígrados.
  - Grados Baumé.
  - Calorías.
  - Vatios.
  
9. El aire está compuesto principalmente de:
  - 79% oxígeno y 20% nitrógeno.
  - 79% oxígeno y 20% gas carbónico.
  - 79% nitrógeno y 20% oxígeno.
  - 79% gas carbónico y 20% oxígeno.

10. La humedad relativa dentro de un cuarto frío se aumenta:

- Cuando la temperatura aumenta.
- Cuando la temperatura disminuye.
- No se afecta con la temperatura.
- Nunca aumenta.

11. Cuando decimos que el aire está saturado es porque la humedad relativa es de:

- Más del 100%.
- El 100%.
- El 50%.
- Menos del 50%.

12. El preenfriamiento de frutas y hortalizas es:

- Retirar el calor que traen del campo.
- Reducción lenta de temperatura.
- Una selección y limpieza antes de refrigerarlas.
- Enfriarlas inmediatamente se cosechan.

## INFORMACIÓN DE RETORNO:

Lea las respuestas que usted preparó con anticipación y haga un breve comentario de cada una. Permita la discusión de grupo para enriquecer el análisis de las respuestas.

Las frutas y hortalizas al respirar absorben:

- Gas carbónico.
- Vapor de agua.
- Etileno.
- Oxígeno.

La transpiración de las frutas ocasiona:

- Pérdida de vitaminas.
- Pérdida de peso.
- Malos olores.
- Daños internos.

La maduración de las frutas se acelera por:

- El etileno.
- El oxígeno.
- El gas carbónico.
- El ácido abscísico.

Las condiciones ideales de almacenamiento para las frutas son:

- Un lugar oscuro, humedad relativa baja.
- Un lugar frío, con humedad relativa alta.
- Un lugar aireado y protegido del sol.
- Un lugar frío, humedad relativa baja.

La temperatura ideal de almacenamiento del plátano para prolongar su conservación es:

- 8 °C.
- 20 °C
- 13 °C.
- 0 °C.

Refrigerar es:

- Introducir frío.
- Retirar calor de un cuerpo.
- Congelar.
- Reducir la temperatura.

El calor:

- Se mide con la temperatura.
- Es la energía interna de un cuerpo.
- Es intercambio de energía entre dos cuerpos.
- Disminuye si disminuye la temperatura.

La temperatura se mide en:

- Grados centígrados.
- Grados Baumé.
- Calorías.
- Vatios.

El aire está compuesto principalmente de:

- 79% oxígeno y 20% nitrógeno.
- 79% oxígeno y 20% gas carbónico.
- 79% nitrógeno y 20% oxígeno.
- 79% gas carbónico y 20% oxígeno.

La humedad relativa dentro de un cuarto frío se aumenta:

- Cuando la temperatura aumenta.
- Cuando la temperatura disminuye.
- No se afecta con la temperatura.
- Nunca aumenta.

Cuando decimos que el aire está saturado es porque la humedad relativa es de:

- Más del 100%.
- El 100%.
- El 50%.
- Menos del 50%.

El preenfriamiento de frutas y hortalizas es:

- Retirar el calor que traen del campo.
- Reducción lenta de temperatura.
- Una selección y limpieza antes de refrigerarlas.
- Enfriarlas inmediatamente se cosechan.

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA AUDIENCIA

Este paquete de capacitación está dirigido inicialmente a una audiencia conformada por todos aquellos que realizan capacitación y transferencia de tecnología hacia las personas que trabajan en las diferentes labores de cosecha, poscosecha y comercialización: instructores del SENA, técnicos de instituciones del sector agropecuario como Comité de Cafeteros, UMATAs, Secretaría de Agricultura, así como agentes y técnicos de organizaciones y empresas particulares quienes pueden utilizar este paquete como una herramienta de trabajo.

Se espera que la tecnología aquí descrita pueda transferirse hacia:

- Productores de frutas y hortalizas, bien sea grupos organizados o a nivel individual,
- Comerciantes mayoristas de productos locales o importadores de fruta,
- Jefes de bodega y operarios de fruver en supermercados, cooperativas y procesadoras,
- Empresas hortifrutícolas que utilizan el frío como parte de sus procesos.

El paquete se puede trabajar en su totalidad o parcialmente, por módulos. Esto depende del nivel de escolaridad y de las expectativas de la audiencia.

## 9. MATRIZ DE IMPACTO

La matriz de impacto es un instrumento participativo que ayuda antes, durante y después de la realización de la capacitación para asegurar que ésta se dirija hacia el logro de resultados tangibles y prioritarios. También, permite planificar y ejecutar el seguimiento de las acciones necesarias para alcanzar los resultados y proporcionar un marco de referencia para estimar el grado en que se obtienen.

### Orientaciones para su uso

Los participantes en la capacitación y el docente usan el formato para crear una matriz de impacto «real» que refleje la situación y perspectivas de los participantes mediante una metodología participativa.

Se recomienda llenar una matriz, por cada módulo, que cubra todos los temas de importancia para los participantes, tratados en el mismo. Al inicio del módulo se puede llenar la columna 1, que describe los problemas y oportunidades que enfrentan los participantes en el manejo poscosecha y comercialización de sus productos. Ésta ayuda a ubicar al docente en los aspectos prioritarios para los participantes y enfocar el desarrollo del módulo. Con el desenvolvimiento de los temas durante la capacitación, se debe llenar la segunda, tercera y cuarta columna de la matriz de impacto con las causas, recomendaciones respectivas, para solucionar el problema, los indicadores que se utilizarán para medir el cumplimiento de las recomendaciones y la descripción de los resultados esperados para ello.

Se hace necesario programar una sesión hacia el final de cada módulo en la que los participantes y el docente, revisen la matriz para verificar su correspondencia con la problemática de los participantes. Es probable que haya que hacer unos ajustes a la luz de la información adquirida durante la capacitación.

### Componentes de la matriz de impacto

#### *a. Problema*

Identifique las «situaciones problemas» de la poscosecha relacionadas con la capacitación.

Seleccionen un número manejable (tal vez cuatro o cinco) de problemas «críticos» o prioritarios, es decir que son responsables de las pérdidas (físicas

o económicas) y otras dificultades que enfrentan los participantes en el manejo poscosecha y comercialización de sus frutas y hortalizas. Las oportunidades no aprovechadas también se deberían relacionar en esta casilla.

Describa los problemas en la primera columna, con la mayor especificidad posible en cuanto a:

- La naturaleza del problema.
- Su magnitud cuantitativa.
- Cómo y en qué momento(s) se manifiestan su(s) causa(s).

*EJEMPLO:*

10% de rechazo por parte del supermercado de frutos con diferente grado de maduración, diferente tamaño y por problema sanitario.

*b. Causas o descriptores del problema*

En esta columna detalle claramente las causas o descriptores del problema.

*EJEMPLO:*

- Frutos con diferente grado de madurez es causal de rechazo de un 3% de la fruta.
- Frutos con defectos físicos causados por insectos es causal de rechazo de un 2% de la fruta.

*c. Recomendaciones*

Detallar en la tercera columna las recomendaciones para solucionar cada uno de los problemas principales. Las recomendaciones deben ser viables y específicas de manera que su aplicación y resultados puedan evaluarse posteriormente.

(Recuerde que un problema principal será el ejemplo, frutos con diferentes grados de maduración)

*EJEMPLO:*

- Identificar los índices de madurez de acuerdo con la exigencia del mercado
- Clasificar por color, tamaño, forma y peso según exigencias del mercado
- Aplicar plan de manejo continuo para evitar presencia de daños por enfermedades

#### *d. Indicadores*

En la cuarta columna detallar uno o más «indicadores» (o parámetros) que permitan medir los cambios en la situación problema como resultado de aplicar las recomendaciones. El indicador debe ser en lo posible, una medida cuantitativa, entendible y fácil de evaluar por parte de los participantes.

Los indicadores permiten dar seguimiento y comprobar que las recomendaciones tienen el efecto deseado.

Se presentan a continuación algunos ejemplos de indicadores, pero es imprescindible que la selección de éstos sea un proceso participativo en que los participantes en la capacitación, con el orientador, seleccionen aquellos indicadores que ellos consideran importantes y funcionales. Si los indicadores son «impuestos» por el docente, es probable que sean imprecisos y no manejables por los participantes.

#### *Ejemplos de indicadores:*

##### **Reducción de pérdidas**

- Porcentaje de la frutas con daño mecánico

##### **Mejor conservación de la calidad**

- % de la producción que es de primera, segunda y tercera
- % de la producción que se vende en mercado especializado.
- % de la producción rechazado por el comprador.
- Días de vida útil del producto después de la cosecha (es decir, días en que no se percibe una disminución significativa, en términos de precio recibido, en la calidad del producto)
- Precio promedio recibido por kilogramo cosechado.

##### **Mayor eficiencia en la poscosecha.**

- Kilos cosechados (por hora o jornal)
- Kilos clasificados/lavado/acondicionado/empacado por hora (o jornal)
- Costo por kilo vendido
- Nivel de pérdidas en kg (o síntomas de las mismas) identificadas en los distintos puntos de la cadena poscosecha

### *e. Resultados esperados*

En la quinta columna de la matriz de impacto se describe(n) el (los) resultado(s) esperado(s) con respecto a cada problema en términos de mejoramiento de la situación problema, señalando cuantitativamente el cambio esperado en el indicador y el plazo de tiempo en que se espera lograrlo.

#### *Ejemplos de Resultados esperados:*

- Reducir al 2% las pérdidas ocasionadas por deficiente clasificación del producto en un término de 2 meses.
- Incrementar las calidades de extra y primera en un 20% con relación a la situación actual en un término de 3 meses.

El uso de la matriz de impacto permite:

- Que los usuarios identifiquen específicamente lo que quieren mejorar
- Establecer (cuantificar) la situación actual
- Proponer recomendaciones acertadas
- Establecer un compromiso para aplicar mejoramiento
- Dar seguimiento preciso al impacto

### **Cuadro de seguimiento de la matriz de impacto**

Como el diligenciamiento de la matriz de impacto se realiza al inicio y durante el transcurso de la capacitación, se hace necesario programar una sesión hacia el final de la capacitación en la que los participantes y el docente consideren de nuevo la matriz para verificar si lo que se ha detallado es acertado, coherente y bien ordenado. Es probable que haya que hacer unos ajustes a la luz de la experiencia adquirida durante la capacitación. En la misma sesión, se diligencian, también de forma participativa, las tres primeras columnas del cuadro de seguimiento de la matriz. Las primeras tres columnas del cuadro de seguimiento de la matriz de impacto se llenan durante una sesión específica hacia el fin de la capacitación.

En la primera columna, se describe el problema priorizado tomándolo de la matriz de impacto.

En la segunda columna, se deben describir los resultados esperados tomándolos de la matriz de impacto.

En la tercera columna se deberán indicar avances o logros alcanzados a la fecha de evaluación.

En la cuarta columna, se anotan los nuevos compromisos para alcanzar el objetivo poniendo plazos de tiempo indicados para alcanzarlos.

En este cuadro debe dejarse claramente establecido al responsable para realizar las diferentes actividades y la persona que supervise la realización de las mismas.

Con base en lo estipulado en la matriz de impacto, se debe elaborar un plan de seguimiento que contemple una o varias sesiones para verificar los logros alcanzados y los ajustes que se deben hacer hacia el futuro.

### MATRIZ DE IMPACTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO U OPORTUNIDAD	RESULTADOS ESPERADOS	AVANCES O LOGROS ALCANZADOS, EVALUACIÓN	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR EL OBJETIVO

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor



# CUARTOS FRIOS

## MÓDULO 1 LA TÉCNICA DE REFRIGERACIÓN





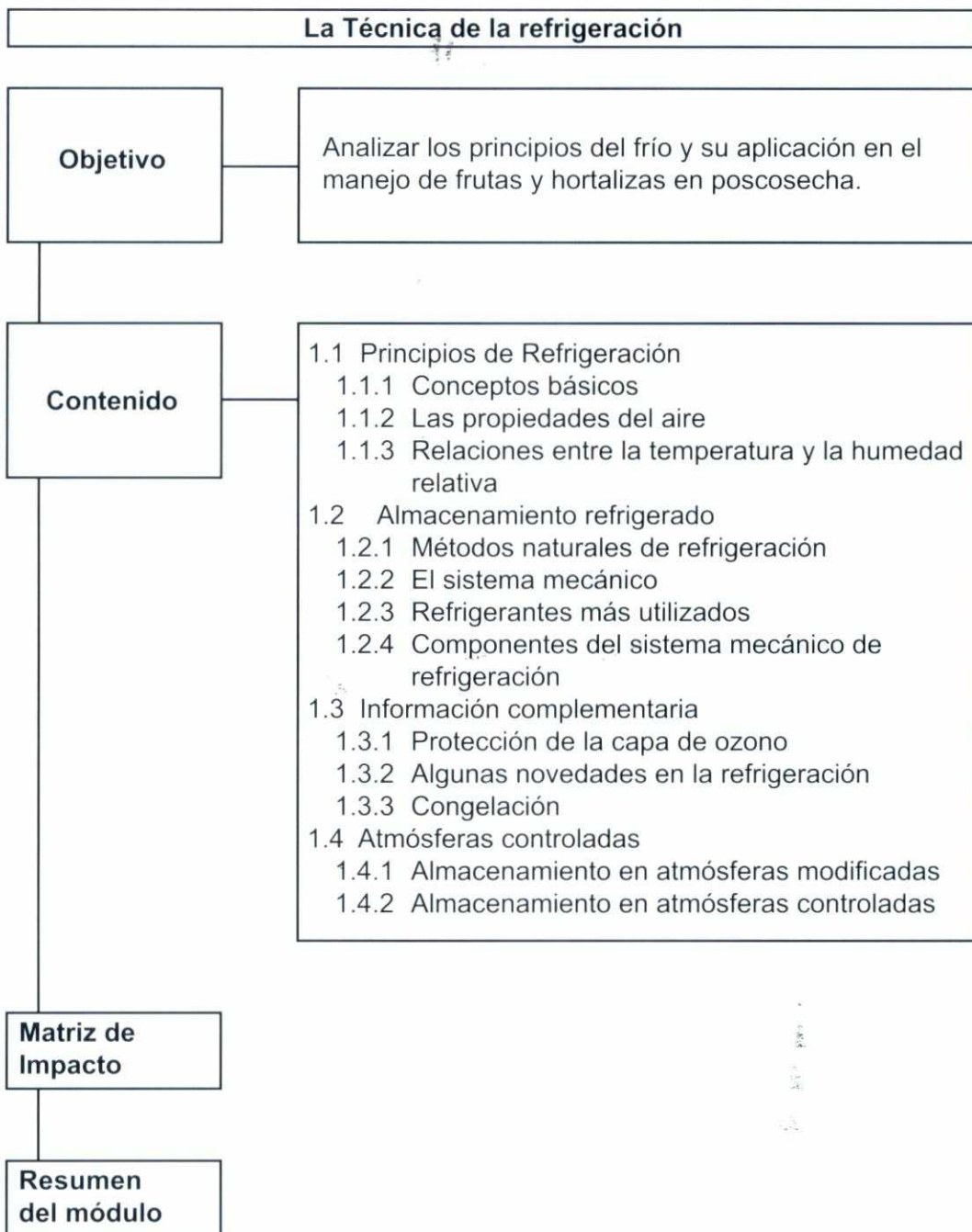
# MÓDULO 1

## LA TÉCNICA DE LA REFRIGERACIÓN

---

	<i>página</i>
Flujograma para el estudio del módulo	1-4
Objetivos	1-5
Introducción	1-5
1.1 Principios de refrigeración	1-6
1.1.1 Conceptos básicos	1-6
1.1.2 Las propiedades del aire	1-9
1.1.3 Relaciones entre la temperatura y la humedad relativa	1-14
1.2 Almacenamiento refrigerado	1-14
1.2.1 Métodos naturales de refrigeración	1-16
1.2.2 El sistema mecánico de refrigeración	1-20
1.2.3 Refrigerantes más utilizados	1-22
1.2.4 Componentes del sistema mecánico de refrigeración	1-22
1.3. Información complementaria	1-27
1.3.1 Protección de la capa de ozono	1-27
1.3.2 Algunas novedades en la refrigeración	1-30
1.3.3 Congelación	1-30
1.4. Atmósferas controladas	1-32
1.4.1 Almacenamiento en atmósferas modificadas	1-33
1.4.2 Almacenamiento en atmósferas controladas	1-36
Matriz de Impacto	1-42
Resumen módulo 1	1-46
Diapositivas módulo 1	1-47

## FLUJOGRAMA PARA EL ESTUDIO DEL MÓDULO 1



## OBJETIVOS

**General** Analizar los principios del frío y su aplicación en el manejo de frutas y hortalizas en poscosecha.

- Específicos**
- Explicar los principios de la refrigeración, a nivel de conceptos básicos y del ciclo de refrigeración.
  - Reconocer los métodos de almacenamiento refrigerado, tanto naturales como mecánicos.

## INTRODUCCIÓN

El uso de la refrigeración en frutas y hortalizas requiere de un conocimiento básico sobre cómo ocurre el proceso tanto a nivel de los productos por conservar como de la máquina de refrigeración y de los cambios que suceden al ambiente refrigerado.

Manejar los conceptos básicos de la refrigeración (calor, temperatura, enfriamiento, calor latente), y comprender cómo ocurre el proceso de extracción de calor del cuarto frío; ayudarán a quienes tienen a su cargo el manejo de este tipo de cuartos, a su mejor utilización y a una mayor durabilidad de los productos allí conservados.

Conocer los métodos de almacenamiento refrigerado, identificar sus ventajas y desventajas, y evaluar su viabilidad, hace parte también del contenido del presente capítulo. En especial, sobre cómo funciona el sistema mecánico de refrigeración, sus partes principales y los diferentes refrigerantes que en la actualidad son utilizados de manera comercial. Así mismo, conocer técnicas de congelación, que aunque hoy no son muy empleadas en comercialización de frutas y hortalizas en fresco, pueden llegar a ser importantes para exportación de algunos productos.

Este módulo de capacitación está dirigido a productores y comerciantes interesados en planear y operar cuartos fríos para almacenar frutas y horta-

lizas y que deseen ampliar sus conocimientos básicos sobre la técnica de la refrigeración.

## 1.1 PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN

Tener contacto con cuerpos calientes o fríos nos produce sensaciones térmicas diferentes. Inclusive para una misma sustancia, como el agua:

Agua hirviendo	caliente
Hielo	frío
Agua para beber	fresca

Las sensaciones también nos llevan a pensar que entre más caliente un cuerpo, más calor puede transferir, con lo que fácilmente confundimos calor con temperatura, dos conceptos muy distintos, como veremos a continuación.

**1.1.1 Conceptos básicos** Refrigerar es retirar calor de un producto, manteniéndolo a unas condiciones estables de temperatura baja. Esta definición contiene dos conceptos que es importante diferenciar:

*La Temperatura* es una medida de qué tan caliente o frío está un objeto respecto de otro. Es la cantidad de la energía interna que en un momento dado tienen las moléculas.

*El Calor* es un flujo de energía (energía térmica), que se transfiere de manera natural de un objeto caliente a uno frío. Cuando exista diferencia de temperatura entre dos cuerpos habrá paso o transferencia de calor. Por ejemplo, cuando una fruta se pone en contacto con agua fría le pasará energía (calor) al agua, y por consiguiente la fruta se enfriará y el agua aumentará su temperatura.

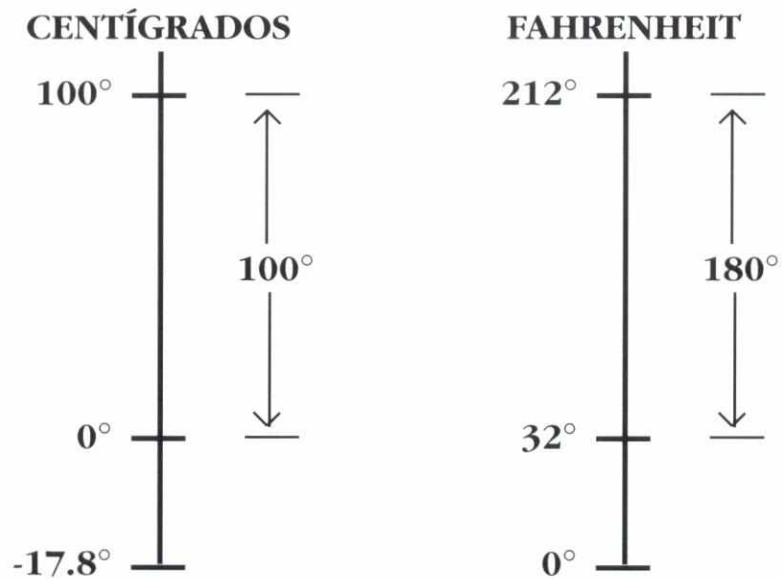
**Refrigerar es retirar calor,  
no introducir frío.**

De la misma forma, frío es una palabra que significa nivel bajo de calor.

El calor no se puede medir directamente; puede ser medido indirectamente a través de sus efectos (los cambios de temperatura o de estado en la sustancia). La temperatura se mide a través del termómetro, el cual posee una escala que se acostumbra a medir en grados centígrados, o en grados Fahrenheit. En la Figura 1.1 se establece la relación que existe entre estas dos escalas y en el Cuadro 1.1 se dan ejemplos de conversión.

Figura 1.1

Relación entre la escala Centígrada y la Fahrenheit.



Cuadro 1.1 Equivalencias de temperatura

°C	°F
-1	30.2
0	32.0
2	35.6
5	41.0
7	44.6
10	50.0
13	55.4
15	59.0
20	68.0
25	77.0
30	86.0

No todos los objetos transfieren calor con la misma facilidad. Algunos, como por ejemplo, el cobre, requieren absorber poco calor para incrementar rápidamente su temperatura (hacerse más calientes). Otros como el agua, requieren una cantidad mayor de calor para que se note la diferencia de temperatura. La capacidad con la que un cuerpo absorbe o cede calor está relacionada con sus características internas y se puede expresar como *calor específico*.

El calor específico de un cuerpo se relaciona entonces, con la cantidad de calor que tiene que absorber para incrementar su temperatura.

Una definición detallada de estos conceptos puede encontrarse en el anexo 6.1.

Por otro lado, al retirar calor de un objeto no sólo se puede producir una reducción de su temperatura; también puede producirse un cambio de estado (congelación, licuefacción, evaporación o sublimación); esto se explicará en el inciso 1.2.2.

El calor que se desprende o absorbe durante un cambio de temperatura se llama *calor sensible*.

*El aire que es enfriado de manera continua dentro de un cuarto frío, es recirculado por los ventiladores y pone en contacto con la fruta, a menor temperatura; la fruta baja su temperatura y el aire la aumenta.*

El calor que se desprende o absorbe durante un cambio de estado, sin que haya cambio de temperatura se llama *calor latente*.

*Cuando humedecemos un dedo en alcohol, al poco tiempo percibimos la sensación de frío; esto sucede porque el alcohol se evapora rápidamente, absorbiendo calor del dedo.*

El calor se propaga de tres maneras: 1) por conducción, 2) por convección y 3) por radiación.

*La conducción se da por contacto directo entre el cuerpo frío y el cuerpo caliente. Es la forma como el calor se propaga por*

*los cuerpos sólidos. Si ponemos el extremo de una varilla en contacto directo con una llama, al cabo de un tiempo el extremo opuesto se ha calentado; otro ejemplo: el calor que atraviesa del exterior a través de la pared, hacia el interior de un cuarto (ver 2.3.2).*

*La convección se da cuando el calor se mueve de un lugar a otro por cambios en la densidad. Es la forma como el calor se propaga en los líquidos y en los gases. Ejemplo: el proceso de enfriamiento del aire dentro de un cuarto frío hace que el aire frío descienda y el aire caliente ascienda.*

*La radiación ocurre cuando los cuerpos calientes emiten ondas calóricas que pueden propagarse en el vacío y estas son absorbidas por otro cuerpo, incrementándose su temperatura. Por ejemplo: la forma como el sol calienta la tierra. El calor emitido por una bombilla incandescente.*

**1.1.2 Las propiedades del aire** El aire es una mezcla de gases y de vapor de agua. En cuanto a los gases, el aire seco está compuesto principalmente por nitrógeno (78%) y oxígeno (21%); el resto (menos del 1%) está formado principalmente por dióxido de carbono (0.03%) y cantidades pequeñas de otros gases (hidrógeno, helio, neón y argón) en proporción estable.

Con respecto al vapor de agua, la cantidad varía bastante de un lugar a otro y por lo general está entre el 1 y el 3% del total del aire (se puede decir que el aire contiene entre 5 y 30 gramos de vapor de agua por metro cúbico).

Todos los gases y los vapores, en estado puro, ejercen una presión contra el recipiente que los contiene que es diferente, según sea el gas y según la temperatura a la que se encuentre. Y en cualquier mezcla de gases y vapores, como el caso del aire ambiente:

- Cada gas o vapor de la mezcla ejerce una presión parcial individual que es igual a la presión que el gas ejercería si éste sólo ocupase todo el espacio.

- La presión total es igual a la suma de las presiones parciales de cada gas.

Como en la refrigeración de frutas y hortalizas lo que más nos interesa del aire es la proporción de vapor de agua presente en él, podemos considerar que la presión total es la suma de dos presiones :

1. La presión ejercida por todos los gases “secos” (nitrógeno, oxígeno, etc.).
2. La presión parcial ejercida por el vapor de agua.

Entre esta presión ejercida por el vapor en el aire y la presión que ejerce el agua presente dentro de los tejidos de los frutos existe una diferencia conocida como Déficit de Presión de Vapor (DPV), el cual determina la intensidad de transpiración de los vegetales. El DPV dentro de un cuarto frío debe ser mínimo para que no ocurra una fuerte deshidratación de las frutas y hortalizas, allí almacenadas (véase también 3.1.1).

Se presentan a continuación los conceptos más utilizados en el manejo de la humedad ambiental:

*Temperatura de punto de rocío (PR).* Es la temperatura a la cual el vapor de agua presente en el aire comienza a condensarse (rocío). En esta condición, se dice que el aire está saturado.

El enfriamiento por debajo del punto de rocío condensa el agua sobre las superficies frías, como en las frutas almacenadas en un cuarto frío.

*Saturación del aire.* Es la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener un volumen de aire. En este momento, la temperatura del aire será igual a la temperatura de PR.

*Humedad absoluta.* Es la cantidad de vapor de agua contenido en un volumen de aire. Por lo general se expresa en  $\text{kg/m}^3$ .

*Humedad relativa (HR).* Es la relación entre la presión parcial ejercida por el vapor de agua presente en el aire (exis-

tente) y la presión parcial que ejercería el vapor de agua en condiciones de saturación a igual temperatura. Esto es :

$$HR = \frac{\text{Presión de vapor existente}}{\text{Presión de vapor en saturación}} \times 100\%$$

La presión parcial del vapor está en función de la presión barométrica, es decir, de la altura del lugar, pero para casos prácticos esto puede ignorarse. En el Cuadro 1.2 se relaciona la presión del vapor, la humedad relativa y el DPV.

**Cuadro 1.2 Relación entre presión de vapor, humedad relativa y déficit de presión de vapor DPV.**

Temperatura °C	Presión de vapor (mm Hg) a humedad relativa determinada (%)				
	50	70	80	90	100
0	2.29	3.21	3.66	4.12	4.58
5	3.27	4.58	5.23	5.89	6.54
10	4.60	6.45	7.37	8.29	9.21
15	6.40	8.95	10.23	11.51	12.79
20	8.77	12.28	14.03	15.79	17.54
25	11.88	16.63	19.01	21.38	23.76
	50	30	20	10	0
	Déficit de presión de vapor DPV (%)				

Adaptado de VARGAS, 1987.

Se observa que, para una misma temperatura, una alta humedad relativa corresponde a un bajo valor de DPV. Así mismo, para una misma humedad relativa, el DPV se reduce a medida que disminuye la temperatura.

A manera de ejemplo, si tenemos dos cuartos fríos con igual HR de 80%, uno de ellos a una temperatura de 0 °C y el otro a 10 °C, encontramos que:

$$\begin{aligned} \text{para el cuarto a } 0 \text{ °C} \quad \text{DPV} &= 4.58 - 3.66 = 0.92 \text{ mm de Hg} \\ \text{para el cuarto a } 10 \text{ °C} \quad \text{DPV} &= 9.21 - 7.37 = 1.84 \text{ mm de Hg} \end{aligned}$$

La pérdida de agua en las frutas y hortalizas poscosecha es mas rápida si éstas se almacenan a altas temperaturas. Para este ejemplo, a 10°C pierden agua dos veces mas rápido que a 0°C.

Si queremos tener igual pérdida de agua, se requiere que el cuarto a 10 °C tenga una HR mayor. De la información tabulada, vemos que:

$$\text{para } 10^{\circ}\text{C y HR de } 90\% \quad \text{DPV} = 9.21 - 8.29 = 0.92 \text{ mm de Hg}$$

En estas condiciones, la pérdida de agua en este cuarto frío será la misma que para los productos almacenados en el cuarto a 0°C y HR de 80%.

### *Medición de la humedad relativa*

La humedad relativa se mide con un higrómetro (ver Figura 1.2), que se basa en la propiedad que tienen ciertos materiales de dilatarse cuando absorben humedad (cabello humano, aleaciones). Los higrómetros eléctricos miden la resistencia de un sensor con la sorción o desorción de agua. Están constituidos por electrodos metálicos o de carbono, impregnados por una capa fina de una disolución de algún electrolito que se equilibra con el aire del entorno sorbiendo o desorbiendo agua.

Se puede utilizar también un termohigrógrafo, el cual registra de manera continua en una gráfica los cambios de temperatura y de humedad relativa que ocurren en el ambiente. Su funcionamiento se basa en que los elementos sensibles reaccionan a los cambios de temperatura y humedad; estos cambios se amplían mediante un sistema de palancas que se comunican a un brazo con pluma inscriptora, que registra continuamente en una gráfica, montada en un tambor con sistema de relojería. (CENICAFÉ, 1979).

También se puede medir con un sicrómetro (ver Figura 1.3), que se compone de dos termómetros de mercurio, uno de ellos con el bulbo de almacenamiento de mercurio cubierto por una gasa que permanece húmeda. Se dice entonces que se tienen dos temperaturas: la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo. La temperatura de bulbo seco siempre es mayor que la de bulbo húmedo y esta diferencia aumenta cuando el ambiente es más seco.

Figura 1.2

El Higrómetro.

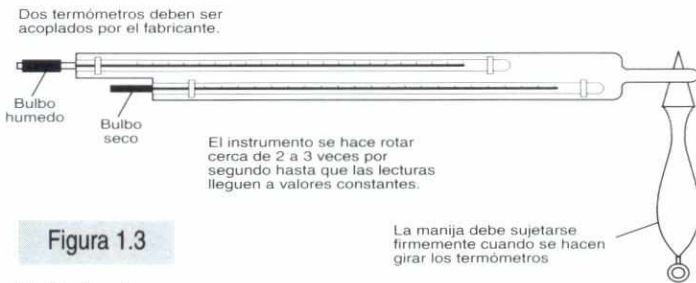
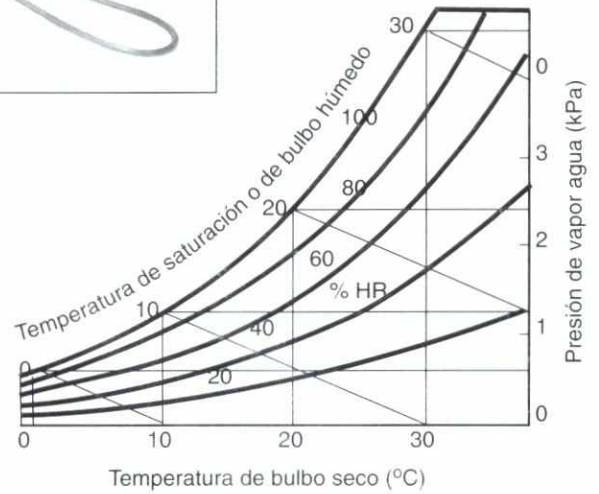


Figura 1.3

El Sicrómetro y la carta sicrométrica.



Su utilización requiere de una tabla que relacione las dos lecturas con la humedad; también se utiliza un gráfico que se conoce como la carta sicrométrica, el cual varía con la altitud del lugar. En el anexo 6.3 se explica la manera de utilizar esta carta.

Para efectuar medidas precisas es necesario tomar ciertas precauciones: el pabalo debe estar limpio, libre de polvo y otros contaminantes. Se recomienda el uso de agua destilada. Los bulbos de los termómetros deben ventilarse, estableciendo una corriente de aire de al menos, 3 metros por segundo para asegurar una evaporación y por tanto, un descenso en la temperatura del bulbo húmedo. Es importante tomar la lectura lejos de fuentes radiantes, como el sol, las bombillas o cualquier superficie mas caliente o más fría que el aire que le rodea.

### 1.1.3 Relaciones entre la temperatura y la humedad relativa

Si observamos con detalle los conceptos anteriores podremos encontrar una relación entre la temperatura del aire y la humedad relativa.

La capacidad del aire para almacenar agua, se reduce a medida que baja la temperatura. En un volumen de aire a una condición inicial de temperatura que contenga una cantidad de vapor de agua (humedad absoluta), la humedad relativa variará con la temperatura así:

- Si se reduce la temperatura la humedad relativa aumenta, y esto se dará hasta el punto de rocío, cuando el aire se satura (HR = 100%). Si se continua reduciendo la temperatura, el aire presentará rocío o condensación, dejando parte del agua en las superficies del entorno.
- Al elevar nuevamente la temperatura, el aire tendrá una humedad absoluta menor (por el agua condensada) y si se alcanza la temperatura inicial, la humedad relativa será menor de la que se tenía inicialmente.
- Como resultado el aire tendrá una menor presión de vapor y deshidratará con mayor facilidad las frutas y hortalizas (*Figura 1.4*).

Estas oscilaciones de temperatura reducen la humedad relativa del aire. El efecto es mas notorio para cuartos que se mantienen por encima de 5 °C.

#### Anexo 6.2

La diferencia de presión de vapor entre el aire y los productos almacenados puede causar movimientos de vapor de agua desde estos productos hacia el aire, causando deshidratación. En general, se recomienda que la humedad relativa de una bodega de frutas y hortalizas permanezca entre 85 y 95%.

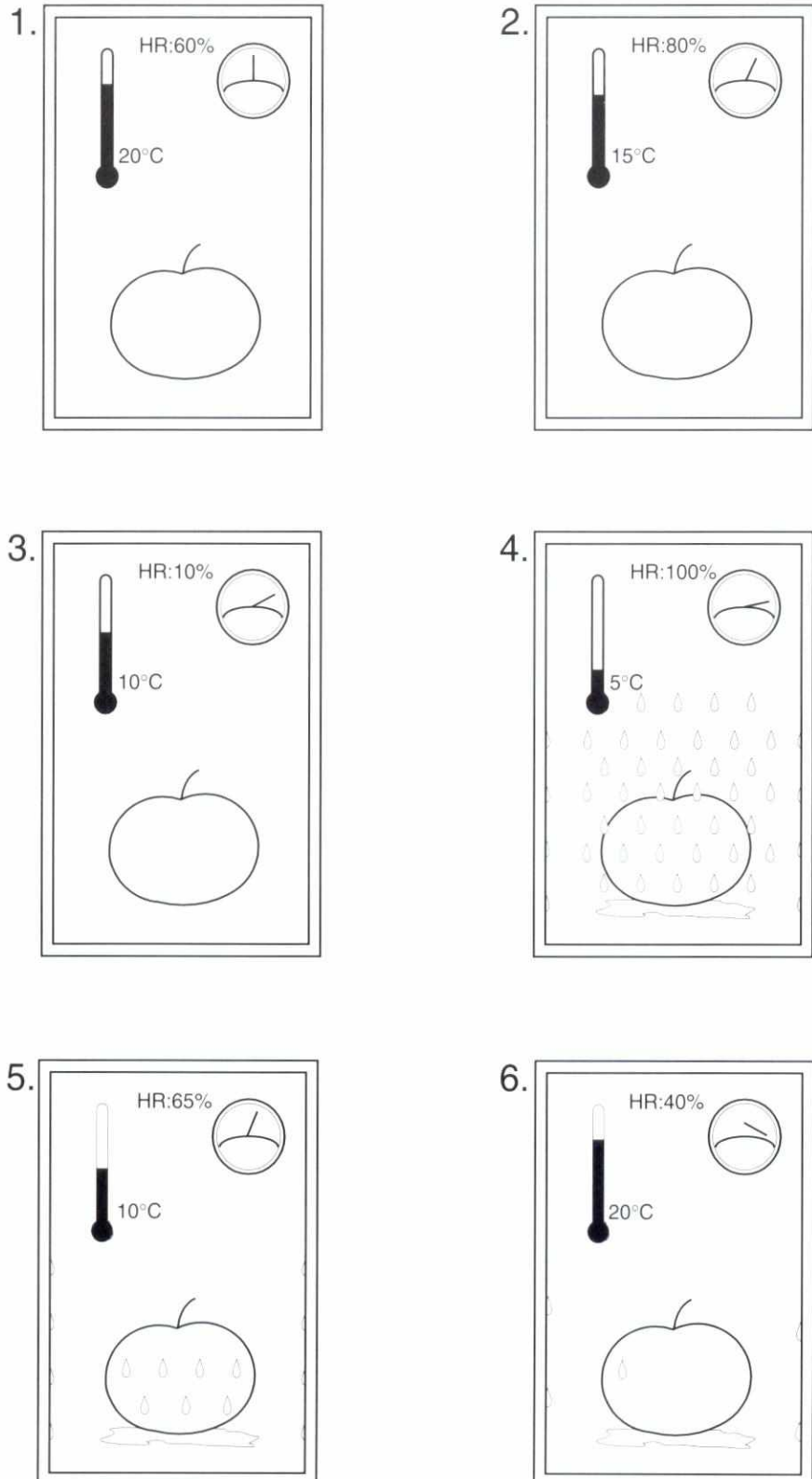
## 1.2 ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

Refrigerar es poner un producto por debajo de la temperatura ambiente. En frutas y hortalizas esto produce una reducción de su actividad metabólica y por consiguiente una prolongación de la vida poscosecha (como se verá en 3.1.1).

Actualmente se cuenta con gran variedad de medios de almacenamiento refrigerado, especialmente los que utilizan el sistema mecánico de refrigeración. Sin embargo, es importante reconocer la existencia de otros sistemas

**Figura 1.4**

Variación de la humedad relativa con la temperatura.



que, si no son iguales de eficientes, su costo, la accesibilidad a los materiales y su sencillez de construcción y operación los hacen adecuados para almacenar frutas y hortalizas en algunas zonas.

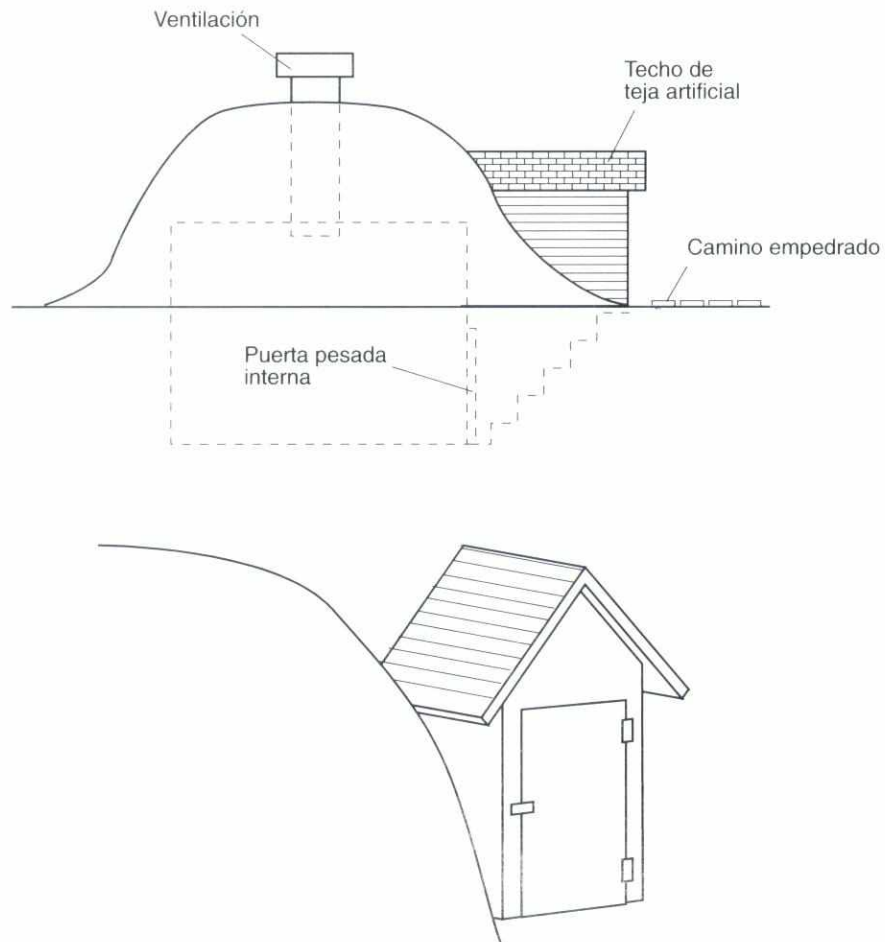
### 1.2.1 Métodos Naturales de Refrigeración

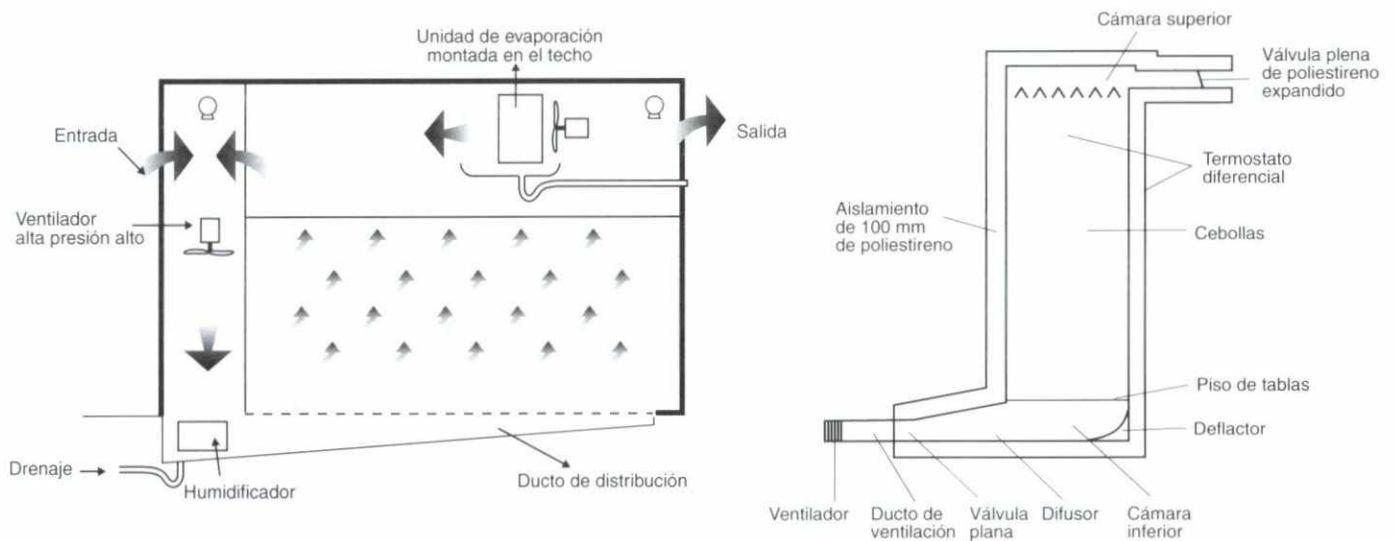
En este inciso trataremos los sistemas que utilizan el frío natural del aire ambiente para almacenar frutas y hortalizas.

Un primer método de utilización del frío natural son las bodegas subterráneas (cavas, silos enterrados), que aprovechan el hecho de que la temperatura del suelo está algunos grados por debajo de la temperatura del aire y es más constante. Se utiliza básicamente para preservar cantidades pequeñas de alimentos; no permite almacenar volúmenes grandes, pues el calor de respiración aumenta demasiado la temperatura de la bodega (THOMPSON, 1998) (Figura 1.5).

Figura 1.5

Bodega subterránea para almacenamiento de frutas y hortalizas.





**Figura 1.6**

Bodegas con ventilación forzada para almacenar papa y cebolla.

Las bodegas con enfriamiento por aire frío (que utilizan la convección natural), son otra opción de refrigeración natural. Este sistema puede clasificarse en dos: cuando la ventilación es libre, aprovechando los ascensos y descensos de la temperatura durante el día y la noche, y la ventilación forzada, en cuyo caso se utilizan ventiladores para recircular el aire dentro de la bodega.

En las bodegas con ventilación libre se utiliza el ascenso del aire caliente (más liviano) y el descenso del aire frío (más pesado) para recircular el aire dentro del interior de la bodega. En la noche, cuando la temperatura es mas baja, se abren las rejillas para que se introduzca el aire frío y movilice afuera el aire caliente que se generó durante el día. Este sistema se utilizó en la UPTC de Tunja para almacenar curuba, conservándolas en perfecto estado durante dos semanas (LANDWEHR, 1995).

En las bodegas con ventilación forzada (Figura 1.6) se utiliza también el frío nocturno, pero el aire es forzado a introducirse en la bodega mediante unos ventiladores. Estas dos técnicas tienen como gran ventaja los bajos costos de instalación, requiriéndose para ello, tan solo un adecuado aislamiento de las paredes.

Podemos enumerar algunas de las recomendaciones en este tipo de bodegas:

- Para lugares donde se registren bajas temperaturas en la noche.
- La orientación que permita el máximo aprovechamiento de los vientos.
- Los materiales de construcción deben ser aislantes: las paredes en tabiques dobles y en lo posible que dentro del cuarto exista cielorraso.
- Pintura blanca sobre las superficies exteriores, para desviar el calor del sol.
- Construir a la sombra de árboles, siempre que éstos no dificulten el acceso de las corrientes de aire a la bodega.
- Instalar rejillas móviles que se abran en la noche para retirar el calor y se cierren en el día para impedir la entrada de aire caliente.
- Adecuar pasillos de ventilación que faciliten la recirculación del aire en el interior del cuarto.

También se puede utilizar el sistema de bodega con enfriamiento por evaporación de agua, que aprovecha la necesidad de energía que tiene el agua para evaporarse. Este sistema es especial para climas cálidos con humedades relativas bajas, comunes en países de zonas templadas pero no en países tropicales como el nuestro. Se recomienda primero revisar la información climatológica de la zona, si se desea implementar este sistema.

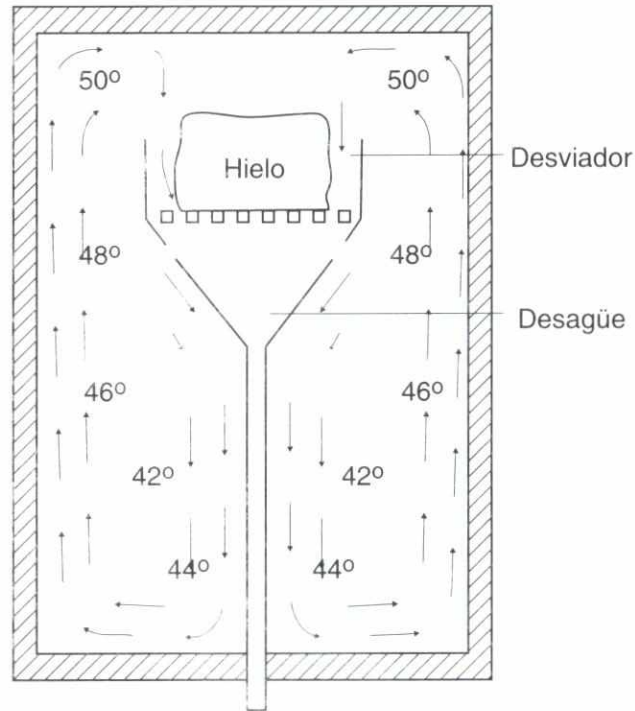
Consiste en un espacio de almacenamiento rodeado por paredes dobles, con un aislante exterior y separadas entre sí por una capa de arena que se humedece en las horas de la mañana. La cubierta puede consistir también en una superficie sólida con una capa de arena o espuma, que también se humedece. Gracias a las condiciones de alta temperatura y baja humedad reinantes en el día, el agua contenida en la capa de arena se evapora, absorbiendo calor del espacio de almacenamiento, el cual a su vez, retirará calor de los productos almacenados.

Este principio evaporativo puede ser utilizado para enfriar el aire que será introducido a una bodega, poniendo una tela o esponja humedecida a la entrada del aire, para que por un lado se evapore al contacto con aire seco, y por el otro se introduzca aire humedecido a la bodega. Si se desea profundizar en este tema, THOMPSON (1998) presenta información al respecto con más detalle.

Otro sistema de refrigeración, que se usó por mucho tiempo, fue el de la fusión del hielo. El modelo típico de un refrigerador que usa hielo se mues-

Figura 1.7

Esquema típico de uso del hielo como refrigerante.



tra en la Figura 1.7. El calor que llega continuamente al espacio del refrigerador, produce las corrientes de convección ascendente que se muestran en la figura y al contacto con el hielo, produce la fusión de éste y la reducción de la temperatura del aire. Este aire frío, más denso que el aire caliente, desciende al espacio de almacenamiento donde nuevamente absorbe calor, repitiéndose el ciclo.

El hielo como agente refrigerante tiene algunas desventajas tales como:

La dificultad de obtener temperaturas muy bajas (a menos que se adicione cloruro de sodio o de calcio, para producir una mezcla congelante, en cuyo caso puede descender hasta  $-32^{\circ}\text{C}$ ).

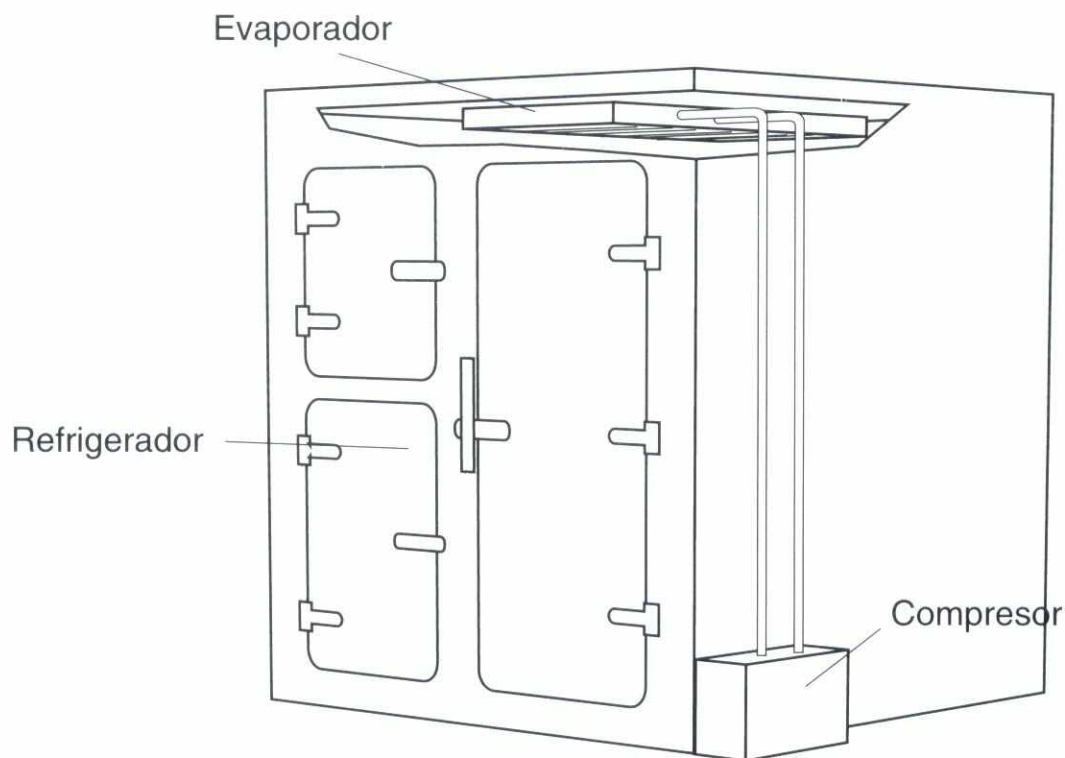
La necesidad de reemplazar con frecuencia el refrigerante, además del agua producto de la fusión.

La dificultad de controlar el proceso, con lo cual a medida que se funde el hielo la temperatura del cuarto es cada vez menos fría (DOSSAT, 1995).

A pesar de estas dificultades, el hielo es muy utilizado en la prerrefrigeración de algunos productos, como veremos en el módulo 3.

Figura 1.8

El sistema de refrigeración.



### 1.2.2 El sistema mecánico de refrigeración

Es el método de refrigeración más utilizado para almacenar productos perecederos. El más común es el sistema de expansión directa, cuyos componentes básicos se presentan en la Figura 1.8.

Este sistema se basa en la propiedad que tienen los líquidos de absorber grandes cantidades de calor a medida que se produce su vaporización; este proceso es fácil de controlar, por lo que el efecto refrigerante puede iniciarse o detenerse a voluntad, regularse la temperatura a la que ocurre y acumular el líquido con facilidad, para usarlo de manera continua en el proceso.

Para una mejor comprensión del funcionamiento del sistema de refrigeración, se partirá del principio físico en que se basa.

Imaginemos una canoa en la mitad de un lago, que tiene un problema de filtración de agua y para extraerla se dispone de una esponja. La esponja se pone en el fondo de la canoa para que al expandirse absorba agua; luego se levanta y se exprime fuera de la canoa, para volver a repetir la operación. Ahora hagamos la siguiente similitud:

- La canoa es el cuarto frío.
- El agua es el calor.
- La esponja es el medio que absorbe calor (refrigerante).
- La mano es el sistema que comprime y expande el refrigerante.

Igual que en el ejemplo de la canoa, en todos los fluidos ocurre lo mismo con el calor cuando se contraen o expanden. Si se les comprime botan calor al exterior, lo cual hace que al tocarlos los palpemos calientes; cuando los sometemos a expansión, absorben calor de todo lo que se encuentra en su contacto, produciendo como efecto el frío. Este fenómeno es más notorio en los gases, pues por efecto de la separación amplia entre sus átomos, se pueden producir en ellos, elevaciones muy amplias del volumen que ocupan.

En los líquidos los átomos están un poco más juntos y esta diferencia es muy útil en la refrigeración mecánica. Siendo el gas y el líquido dos estados diferentes de una misma sustancia, si comprimimos lo suficiente las moléculas de un gas, podremos lograr un cambio de estado al pasar de gas a líquido; al bajar la presión, el líquido puede volver a su forma gaseosa.

Resumiendo:

- Todo líquido al evaporarse absorbe calor del medio que lo rodea.
- Todo vapor puede condensarse si lo comprimimos y lo enfriamos debidamente.
- La temperatura a que hierve o se evapora un líquido depende de la presión que se ejerce sobre este líquido.

Cuando se está en el proceso de comprimir un gas, éste libera calor en cantidades relativamente uniformes hasta que se logra el cambio a estado líquido. Durante el cambio de estado, la cantidad de calor despedida es exageradamente grande, en comparación con las cantidades despedidas cuando estaba el gas en proceso de compresión. Lo mismo ocurre cuando se trata de la expansión de líquido a gas; en este caso el calor es retirado de los objetos o sustancias cercanas y absorbido por el gas.

La sustancia que se utiliza para extraer el calor se conoce como refrigerante. La temperatura del refrigerante debe mantenerse siempre abajo de la temperatura del producto al cual le queremos extraer calor. Los actuales

sistemas de refrigeración utilizan sustancias que absorben gran cantidad de calor a medida que se evaporan, en especial cuando se encuentran en condiciones de baja presión y baja temperatura.

**1.2.3 Refrigerantes** La facilidad de controlar el proceso de vaporización y condensación ha hecho de algunos líquidos los más usados como refrigerantes; estos deben cumplir algunas características especiales:

- Ser miscible con el lubricante.
- Ser volátil, o sea, evaporar con relativa facilidad.
- El calor latente de evaporación debe ser muy alto, para que una mínima cantidad pueda absorber una gran cantidad de calor.
- Seguro; no arder o ser explosivo. Ser inofensivo para las personas y tener un olor que delate rápidamente escapes en el sistema.
- Tener un costo razonable.
- Estable, es decir, que no se descomponga mientras se utiliza.
- No debe corroer los metales o los lubricantes que se utilicen en el sistema.
- Debe tener presiones de condensación y evaporación adecuadas.

Los refrigerantes deben tener puntos de ebullición bien bajos debido a esta característica son demasiado volátiles, lo que se evita si los sometemos a presión (Cuadro 1.3).

**1.2.4 Componentes del sistema mecánico de refrigeración** El Sistema Mecánico de Refrigeración está constituido por dos secciones:

1. Una sección de baja presión, donde se produce la absorción y retiro del calor a la sustancia que se desea enfriar.
2. Una sección de alta presión, donde se produce la eliminación del calor hacia el medio ambiente.

En la Figura 1.9, se presenta el esquema de funcionamiento del ciclo de refrigeración. El refrigerante líquido se almacena en el recipiente RE; de allí se expande a través de la válvula de expansión VA y se volatiliza a lo largo del serpentín EV, (que se encuentra dentro del espacio por refrigerar), debido a la baja presión de esta sección del sistema; para evaporarse absorbe calor del medio que rodea al serpentín, el cual está en contacto con el espa-

Cuadro 1.3 Refrigerantes más comunes y puntos de ebullición

SIGLA COMERCIAL	NOMBRE COMÚN	FORMULA QUÍMICA	PUNTO EVAPORACIÓN A PRESION ATMOSFÉRICA. °C	USOS
R12	Dicloro difluoro metano	$\text{CCl}_2\text{F}_2$	-29.8	Doméstico y comercial
R22	Monoclorodifluoro metano	$\text{CHClF}_2$	-40.1	Aire acondicionado
R502	Mezcla de: 49%	$\text{CHClF}_2 +$ R22 + 51% R115	-45.6 $\text{CCl}_3\text{CF}_3$	Industrial
R717	Amoniaco	$\text{NH}_3$	-33.3	Industrial

Fuente: MABE (1997). Dossat (1995), p. 366.

cio por refrigerar; la bomba CP comprime el refrigerante volatilizado aumenta su presión y lo condensa a lo largo del serpentín CD, (que se encuentra afuera del cuarto frío) y transfiere al aire ambiente el calor que retiró del interior del cuarto frío; finalmente, el refrigerante condensado regresa a su recipiente inicial para reanudar el ciclo.

El aire en el interior del cuarto es recirculado mediante los ventiladores VE hacia los serpentines EV para mejorar la eficiencia de la máquina.

La temperatura de enfriamiento es controlada por un termostato que prende o apaga el motor según esta suba o baje del rango deseado (PLANELLA, 1987).

De la explicación anterior, se observa que hay cuatro elementos principales en un sistema de refrigeración:

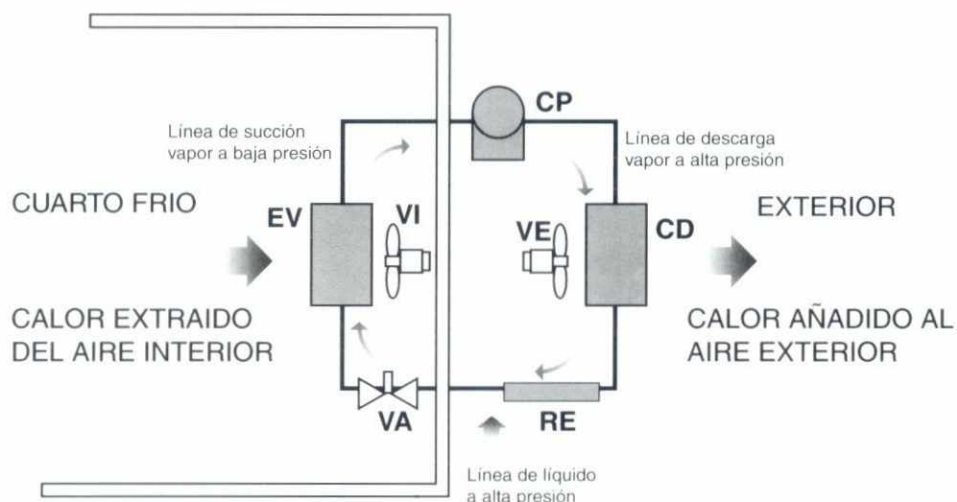
1. Evaporador,
2. Compresor,
3. Condensador y
4. Válvula de expansión.

### 1. El evaporador

O serpentín de enfriamiento, que se encuentra en el interior del cuarto frío, es la parte del sistema que se encarga de retirar el calor del espacio de

Figura 1.9

El esquema de funcionamiento del ciclo de refrigeración.



almacenamiento. Cuando el refrigerante entra al evaporador, absorbe calor del aire circulante, empieza a hervir y se vaporiza. A través de este proceso el evaporador ejecuta el proceso central del sistema, la refrigeración. Los fabricantes desarrollan y producen evaporadores de tipos y formas diferentes; el serpentín o evaporador de convección forzada (Figura 1.10) es el más utilizado en cuartos de almacenamiento de frutas y hortalizas.

Diapositiva  
C.F  
1.1-1.2

Su capacidad depende del área del condensador y de la velocidad con que el aire se mueva sobre su superficie. Para aumentar el área superficial, los evaporadores traen alrededor del serpentín un sistema de placas, con las que se logra una mayor eficiencia de trabajo.

Debido a la diferencia de temperatura que existe entre el refrigerante y el aire, ocurre una condensación del vapor de agua, que es retirada por un sistema de desagüe (Figura 1.11). Esta condensación es la que “deseca” el aire dentro del interior del cuarto frío, por lo que debe reducirse al máximo utilizando evaporadores llamados de “baja silueta”. Éstos presentan una diferencia de temperaturas menor con lo cual la temperatura del aire y la humedad relativa del medio ambiente se mantienen altas.

## 2. El compresor

Después que ha absorbido, el calor y se vaporiza en el serpentín de enfriamiento, el refrigerante pasa a través de la línea de succión al siguiente componente mayor del circuito de refrigeración, el compresor. Es el “corazón” del sistema y realiza básicamente dos funciones:

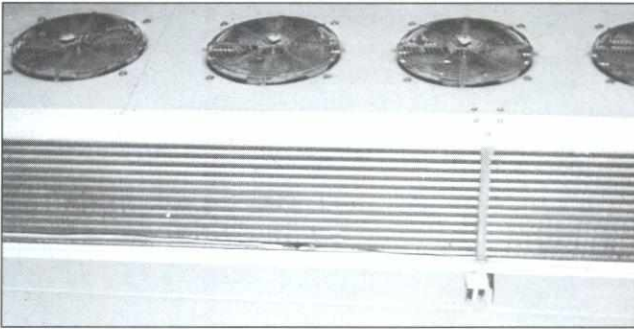


Figura 1.10

El evaporador.

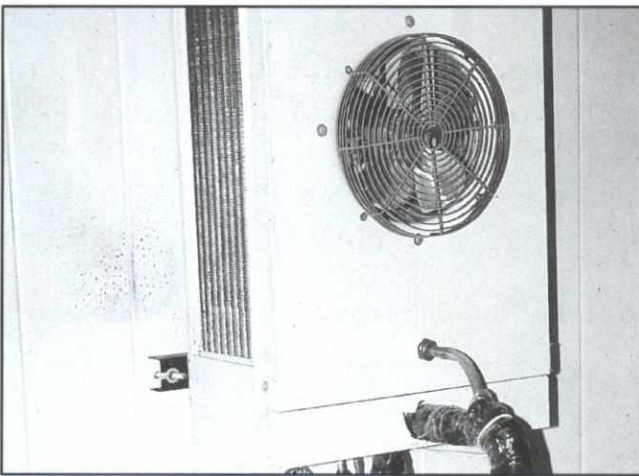


Figura 1.11

Conexiones del refrigerante y del sistema de desagüe en el evaporador.



Figura 1.12

El conjunto compresor condensador.

- a) Extraer el vapor refrigerante del evaporador, de tal manera que la presión y la temperatura deseadas se puedan mantener.
- b) Incrementar la presión del vapor refrigerante a través de un proceso de compresión y simultáneamente se incrementa la temperatura del vapor, con lo que puede ceder su calor al medio externo.

Los compresores son usualmente clasificados en tres tipos principales: alternativos o recipro-cantes, rotatorios y centrífugos. El más utilizado en la refrigeración de pequeña y mediana escala es el compresor alternativo.

### 3. El condensador

El componente que sigue a la etapa de compresión es el condensador. Básicamente ésta es otra unidad de intercambio de calor (Figura 1.12), donde el calor que trae el refrigerante del compresor es cedido al medio ambiente. El vapor a alta presión y a alta temperatura que sale por la línea de descarga del compresor, está a mayor temperatura de la ambiente; la temperatura del refrigerante se reduce en el condensador, por transmisión de calor, logrando que el vapor se condense, para ser reutilizado en el ciclo.

La capacidad de disipación de calor del condensador depende de su área y de la velocidad con que fluya el aire sobre su superficie; para ello, se acostumbra acondicionar ventiladores que permitan pasar grandes volúmenes de aire a través de los serpentines del condensador (ventilación forzada).

Anexo al condensador se encuentra el recipiente que almacena el refrigerante líquido, que no se encuentra en circulación dentro del sistema.

#### 4. *Válvula de expansión*

Finalmente, un componente esencial lo constituye la válvula de expansión, que controla el flujo del refrigerante a los evaporadores. La más común es la válvula de expansión termostática que controla la inyección manteniendo constante un grado de sobrecalentamiento del refrigerante en la salida del evaporador, situación que permite mantener al evaporador completamente lleno de refrigerante bajo las condiciones de carga del sistema, sin peligro de derramar líquido dentro de la tubería de succión. Es la ideal para sistemas que están sujetos a variaciones grandes y frecuentes de carga.

Los diferentes sistemas de válvulas y su utilización se muestran en el cuadro 1.4. Para mayores detalles se sugiere leer el libro de Dossat (1995).

**Cuadro 1.4 Sistemas de control de flujo de refrigerante y su utilización**

Sistema	Tipo	Uso
Expansión	Automática	Doméstica y comercial
	Termostática (con igualador interno)	Industrial y aire acondicionado.
	Termostática (con igualador externo)	Exigente control de temperatura.
Tubo Capilar		Doméstico y comercial
Válvula de flotador	Presión alta o baja en día	Poco utilizada hoy

Independientemente del tipo, la función de cualquier control de refrigerante es doble:

- a) Permitir el flujo de refrigerante al evaporador, con el caudal necesario para remover el calor.

- b) Mantener el diferencial de presión apropiado entre los lados de alta y baja presión en el sistema de refrigeración.

En el mercado es muy utilizada la válvula de expansión termostática, debido a su alta eficiencia y a su facilidad de adaptación, que garantiza un amplio suministro de refrigerante en el evaporador, sin permitir que pase líquido a la línea que lleva al compresor (*Figura 1.13*).

Se acostumbra a poner dos manómetros, uno en el lado de alta presión y otro en el lado de baja presión, con el fin de controlar las diferencias de presión dentro del sistema, para garantizar que el refrigerante absorba la cantidad de calor para la cual fue diseñado el equipo de refrigeración. En el módulo 4 se hacen algunas observaciones sobre los cuidados y revisiones continuas que deben tener estos aparatos, para garantizar el buen funcionamiento del cuarto frío.

No siendo el objetivo de este manual el profundizar sobre este tema, remitimos al interesado a la bibliografía que se presenta al final.



### 1.3 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

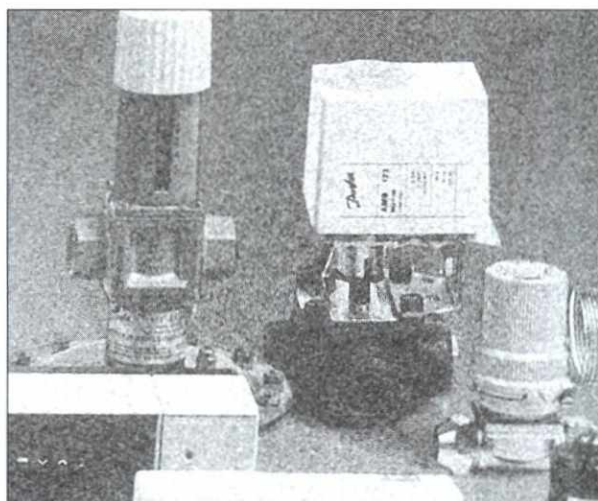
#### 1.3.1 Protección de la capa de Ozono

Los países firmantes del protocolo de Montreal, en relación con los refrigerantes que empobrecen la capa de ozono, se reunieron en Londres en junio de 1990, bajo el “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)”, y decidieron la supresión, en un plazo más o menos breve, de los refrigerantes total o parcialmente clorofluorocarbonados, que figuran en el Cuadro 1.3.

Se trata de un problema de alcance mundial, que concierne tanto a países en vía de desarrollo como a países industrializados y que natu-

Figura 1.13

Dispositivos de control de refrigerante.



ralmente ha inducido a la industria del frío al desarrollo y promoción de nuevos refrigerantes como alternativa a los actualmente existentes. La primera respuesta ha sido la puesta en producción de nuevos refrigerantes, como el hidro-fluor-carbono HFC-134a, como sustituto de R12, muy usado en refrigeración doméstica, y de las serie 404 y 407, para uso comercial, industrial y en aire acondicionado. Estos se muestran en el cuadro 1.5.

### *Proceso de agotamiento de la capa de ozono.*

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno que consta de 3 átomos de oxígeno. Se forma por la interacción de moléculas de oxígeno, átomos libres de oxígeno y radiación ultravioleta de alta energía (UV-C). El balance general de esta interacción es una concentración constante de ozono en la estratósfera.

El ozono tiene una tasa de destrucción similar a su tasa de formación en condiciones normales. Sin embargo, existen sustancias elaboradas por el hombre que aceleran la tasa de destrucción de las moléculas de ozono. Entre estas sustancias se encuentran los cloro fluorocarbonos (CFC's), muy utilizados en la industria de la refrigeración como agentes espumantes (R-11) y agente refrigerante (R-12).

Los CFC's son compuestos muy estables por lo que no se disocian en la baja atmósfera, y por tanto, tienen un tiempo de vida aproximadamente de 80 a 120 años. Al llegar a la estratósfera (20 a 25 km aproximadamente), los CFC's se ven expuestos a radiación ultravioleta de alta energía que rompe sus enlaces y libera átomos de cloro. Los átomos de cloro libres se combinan con moléculas de ozono ( $O_3$ ), formando óxido de cloro (ClO); éste a su vez se combina con átomos libres de oxígeno para formar moléculas de oxígeno y dejar libre nuevamente el átomo de cloro (Cl).

El cloro entonces agota la capa de ozono por dos medios:

- Destruyendo directamente las moléculas de ozono.
- Disminuyendo la cantidad de átomos libres de oxígeno que podrían formar nuevas moléculas de ozono.

**Cuadro 1.5 Alternativas a los refrigerantes clorofluorocarbonados**

Refrigerante	Alternativa	Componente	Marcas	Lubricantes	Usos
R-11	R-123 R-141b	Puro	Forane Genetron Suva Klea	Mineral	Espumados en poliuretano
R-12	R134a R-401 (Mp 39)	Puro	Todas Suva Genetron	Polyolester	Doméstico y comercial
	R-409B (Mp 66)	R-22/152a/124	Forane	50 % Alkylbencen	
	R-409A (FX66)	R-22/124/142b	Genetron		
	FORANE 142b		Forane	Mineral y/o Alkylbencen	
R-22	FX 220 R-407C	R-32/125/134a R-32	Forane		Aire Acondicionado
	9000A Klea 66 R-410A R-410B AZ-20 9100	R-32/125 R-32/125/134a  R-32/125	Todas  Genetron	Polyolester  Polyolester	
R-502	R-408A (FX 10) FORANE 22	R-125/R-134a/R-22	Forane Forane	Mineral y/o Alkylbencen	Industrial
	R-404A (FX 70) FX-40	R-125/R-34/R-134a	Suva Genetron	Polyolester	
	R-402 ó HP-80 R-402B Ó HP-81	R-125/290/R-22	Suva Genetron	Mineral Alkylbencen	
	R407A ó R-407B Klea 60 – 61 R-507 (AZ 50)	R-32/R-134/R-125  R-125/R-134a	Klea  Genetron	Polyolester  Polyolester	

Debido al carácter cíclico de estas reacciones químicas, un átomo de cloro puede destruir ¡100.000 moléculas de ozono! Antes de salir de la estratósfera.

**1.3.2** En los últimos años se han generado avances de gran importancia en cuanto a materiales y sistemas de producción de frío.

**Algunas novedades en refrigeración**

Cambios en el sistema de compresión (uso de compresores de tornillo en lugar de pistones), posibilidad de uso del amoníaco en sistemas de baja potencia, mejora en los sistemas de intercambio de calor, buscan reducir los consumos de energía.

El frío indirecto también se ha desarrollado en gran medida. Consiste en utilizar un sistema de expansión directa para enfriar un segundo fluido refrigerante que luego es conducido por bombeo hacia el lugar de utilización.

El uso del hielo bifásico (agua + hielo) en lugar de los refrigerantes habituales tiene la ventaja de que el intercambio se hace tanto por calor sensible, como por calor latente.

**1.3.3** Aunque se usa en muchos productos que se desean almacenar por varios meses, esta técnica es utilizada especialmente para comercializar fresa. En E.E.U.U. se congela aproximadamente la mitad de la que se produce. Así mismo se han hecho pruebas de congelación con algunas hortalizas (espárragos) y frutas de tamaño pequeño (mora).

**Congelación**

#### *El proceso de la congelación*

El agua es un elemento fundamental para el desarrollo de los procesos metabólicos de las frutas y las hortalizas y de la actividad microbiana. El objetivo de la congelación es el de solidificar el agua y así inhibir estos procesos; no se logra la destrucción de los microorganismos pero sí se reduce su actividad, con lo que se detienen procesos de descomposición.

El proceso de congelación del agua presente en frutas y hortalizas ocurre dentro de una membrana que es permeable y que puede hacer que cambie

la concentración de sólidos durante este proceso. Esto hace muy difícil establecer el punto de congelación, que por otro lado aumenta a medida que disminuye la temperatura del medio de congelación. En general, se puede decir que dicho punto se encuentra entre  $-2.83^{\circ}\text{C}$  y  $-0.83^{\circ}\text{C}$  para hortalizas y entre  $-2.67^{\circ}\text{C}$  y  $-0.89^{\circ}\text{C}$  para frutas (GALVIS, 1992).

Un aspecto determinante en el éxito de este proceso lo da la velocidad de congelación. Si esta es lenta, los productos perderán su consistencia y se producirá una exudación más o menos abundante. Esta exudación se produce por que al congelarse lentamente el agua, forma cristales grandes (algunos en forma de aguja) que rompen los tejidos vegetales, quedando el agua libre cuando se descongela el producto. Con la congelación rápida se producen numerosos cristales pequeños y esféricos, que no causarán daño a la estructura del producto.

### *Normas mínimas de congelación*

Para la congelación de frutas y hortalizas conviene tener presente algunas normas que permiten obtener buenos resultados.

- Alta exigencia en la higiene del sitio de proceso.
- Producto en excelentes condiciones de sanidad.
- Según el producto, requerirá algunas operaciones previas (lavado, desinfección).
- La congelación se realizará rápidamente; como guía se puede dar una velocidad de avance del frente de congelación de 0.5 - 2 cm/h; así, para un producto de 4 cm de espesor situado entre dos placas frías, a la velocidad de 0.5 cm/h:

$$\frac{2 \text{ cm}}{0.5 \text{ cm/h}} = 4 \text{ horas}$$

- Utilizar una temperatura suficientemente baja ( $-18^{\circ}\text{C}$  o inferior); cuando la congelación es leve ( $-5^{\circ}\text{C}$ ) con mínimas fluctuaciones ocurre fusión del hielo y recongelamiento con formación de cristales de hielos grandes.
- La descongelación debe realizarse de manera lenta y con aire frío (cámara a  $4^{\circ}\text{C}$ ) y seco, para evitar condensación sobre los productos (FAO, 1996).

## 1.4 ATMÓSFERAS CONTROLADAS

En una atmósfera normal (donde se encuentra aproximadamente el 21% de  $O_2$  y el 0.03% de  $CO_2$ ) las frutas y hortalizas tienen libre acceso al oxígeno que requieran para realizar la respiración y la posibilidad ilimitada para producir dióxido de carbono.

Un método utilizado para reducir la velocidad de respiración y extender así la vida de almacenamiento, es alterar la composición del aire que rodea los productos bien sea reduciendo el contenido de  $O_2$  o incrementando los contenidos de  $CO_2$  o de  $N_2$  o una combinación de estos. Se trata de exponer los productos a una “sofocación” parcial.

Se habla de atmósferas modificadas (AM) cuando los mismos productos son los que producen los cambios en la composición del aire. Este es el caso de la utilización de empaques recubiertos con películas semipermeables.

Se habla de atmósferas controladas (AC) si la composición del aire se establece con precisión. Pueden agruparse según el nivel de oxígeno en:

Bajo de oxígeno si se trata de aproximadamente el 2%.

Ultra bajo oxígeno si se trata de menos del 2%.

El uso de atmósferas modificadas y controladas se utilizan como complemento de la refrigeración y representan beneficios adicionales a los productos:

- Retarda la maduración y senescencia de las frutas, incrementando la vida poscosecha.
- Reduce la producción y sensibilidad al etileno.
- Controla desórdenes fisiológicos como el daño por frío (p.e. concentraciones de 10% de  $CO_2$  en aguacate).
- Controla algunas enfermedades y microorganismos (bacterias en productos procesados).
- Control de insectos, como atmósferas insecticidas (AI).

Sin embargo, la exposición a niveles de  $O_2$  y de  $CO_2$  fuera de los límites recomendados puede causar daños irreversibles en las frutas y hortalizas,

iniciando procesos de respiración anaerobia, con producción de olores y sabores no deseados.

La principal aplicación de las AM y las AC se encuentra en el transporte de alimentos y en el caso de frutas y hortalizas se utilizan para el almacenamiento, empaque y transporte de frutas para exportación.

#### 1.4.1 Almacenamiento en Atmósferas Modificadas

Esta técnica tiene un gran potencial en conservación de frutas y hortalizas procesadas. Para lograr el ambiente aislado, se utilizan materiales poliméricos como el polietileno de alta y baja densidad, el polipropileno, el acetato de celulosa y el cloruro de polivinilo.

Aunque esta técnica ha sido muy útil (el uso de la AM en banano facilitó su distribución a nivel mundial), la imposibilidad de controlar la concentración de los gases obliga a que la AM sea utilizada con precaución para no deteriorar los productos. Además, la determinación de la atmósfera óptima para un producto en particular es complicada debido a los numerosos factores implicados; las investigaciones realizadas sobre AM muestran resultados muy variables e indican que aún hace falta desarrollar esta tecnología; es por ello que para su aplicación se deben considerar varios factores para lograr buenos resultados:

En cuanto al material de la película envolvente, el tipo, grosor y método de fabricación de la película. Conviene conocer:

- La permeabilidad al  $O_2$ ,  $CO_2$  y al vapor de agua. Aunque los gases penetran a velocidades diferentes, el orden  $CO_2 > O_2 > N_2$  se mantiene siempre, y las relaciones de permeabilidad  $CO_2/O_2$  y  $O_2/N_2$  se sitúan siempre en el rango 3-5. Por tanto, es posible estimar la permeabilidad de un material al  $CO_2$  y  $N_2$  cuando solamente se conoce la permeabilidad al  $O_2$ ; los datos de permeabilidad al oxígeno por parte de algunos materiales se muestran en el cuadro 1.6 (DAY,1993).
- Sus propiedades mecánicas (que resistan la tensión, flexión y posible punción a que son sometidas durante la manipulación de los empaques), así como los cambios en la permeabilidad al variar la temperatura.
- La forma como se fabrica el material, su homogeneidad y los cambios que sufren durante el proceso de empaquetado y almacenamiento de las frutas y hortalizas.

**Cuadro 1.6 Permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua para algunos materiales**

Película de Empaquetado <sup>a</sup> (25 μ)	Intensidad de transmisión de oxígeno a 23 °C y 0% de HR		Intensidad de transmisión de vapor de agua a 38 °C y 90% HR <sup>b</sup>	
	(cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -día-atm)	Relativa	(g/m <sup>2</sup> -día)	Relativa
Etileno-alcohol vinílico (EVOH)	0.2 – 1.6 <sup>2</sup>	Barrera	24 – 120 <sup>3</sup>	Variable
Policloruro de vinilideno (PVdC)	0.8 – 9.2		0.3 – 3.2	Barrera
Nylon modificado (MXDE)	2.4 <sup>1</sup>		25	Semibarrera
Poliéster (PET)	50 – 100		20 – 30	Semibarrera
Poliamida (PA6)	80 <sup>2</sup>		200	Muy alta
Cloruro de polivinilo sin plastificar (UPVC)	120 – 160	Semibarrera	22 – 35	Semibarrera
Cloruro de polivinilo (PVC)	2000 – 5000 <sup>3</sup>	Media	200	Muy alta
Polipropileno orientado (OPP)	2000 – 2500		7	Barrera
Poliétileno de alta densidad (HDPE)	2100		6 – 8	Barrera
Poliestireno (PS)	2500 – 5000		110 – 160	Alta
Polipropileno (PP)	3000 – 3700		10 – 12	Semibarrera
Poliétileno de baja densidad	7100	Alta	16 – 24	Semibarrera
Microporoso (MPOR)	>15000 <sup>4</sup>	Extremadamente alta	Variable <sup>4</sup>	Extremadamente alta

Notas:

a: La mayoría de los films plásticos para productos frescos no son un film simple, sino laminados o coextrusionados.

b: Las medidas de transmisión de O<sub>2</sub> y vapor de agua no son reales en las condiciones de refrigeración.

1: en función de los agujeros

2: en función de la humedad

3: en función de la humedad y nivel plastificante

4: en función del film y grado de microporosidad

Fuente: Day, 1993.

En cuanto al ambiente de almacenamiento:

- *La temperatura* de conservación; no se pueden mantener frutas en AM a temperatura ambiente; hasta la fecha no existen tecnologías que sustituyan la refrigeración para conservar los productos hortifrutícolas frescos.
- *La humedad relativa* dentro del empaque; la mayoría de los materiales utilizados en AM son barreras al vapor de agua y son capaces de mantener una HR alta en el interior del empaque. Sin embargo, es un problema que esta HR sea demasiado alta pues ocurre condensación de agua y se favorece de esta manera el crecimiento de microbios llevando a la pérdida del producto. Además, la condensación del vapor de agua sobre la película envolvente puede afectar la permeabilidad a los gases, resultando atmósferas no deseadas en el interior del empaque. (YAHIA, 1995).

- *La concentración de  $O_2$  y  $CO_2$ .* Las fresas soportan concentraciones de  $CO_2$  hasta del 20%, resultando muy efectivas en el control de botrytis; pero para otros productos esto puede resultar tóxico, como el aguacate Hass, que solamente tolera concentraciones hasta 10%, por un día (YAHIA, 1992). Concentraciones muy bajas de  $O_2$  (menores al 2%) pueden causar fermentación; en concentraciones cercanas al 8% reducen la producción de etileno o ( $C_2H_4$ ) y la sensibilidad al mismo, en frutas y hortalizas (se explica en 3.1.1); de igual manera, sucede cuando la concentración de  $CO_2$  es alta, pues compite con el etileno en el intercambio de gases que ocurren en la epidermis de frutas y hortalizas. (RIQUELME, 1991).

En cuanto a las características del producto:

- **El tipo de respiración y la intensidad de la transpiración;** las frutas climatéricas (ver 3.1.1) representan una dificultad para almacenarse en AM por el incremento que presentan en su respiración; la actividad respiratoria se refleja en la relación  $CO_2$  producido/ $O_2$  consumido, conocido como el cociente respiratorio (CR) normalmente se acepta que sea igual a 1, pero puede variar entre 0.7 y 1.3; las concentraciones de la atmósfera modificada y el CR pueden alterarse mutuamente.
- **El pH de los productos;** las frutas en general, poseen un pH inferior a 4.5 con lo cual no se desarrolla el Clostridium botulinum; no ocurre lo mismo con las hortalizas, como lechuga, zanahoria, papa, champiñones y brócoli que tienen un pH superior a 4.5, lo que permite el crecimiento del Clostridium botulinum cuando estos productos se almacenan en condiciones anaerobias. (DAY, 1993).
- **Las características de calidad.** El grado de madurez afecta la respuesta de la fruta a la AM; el banano responde muy bien cuando se encuentra en estado verde-maduro; igualmente la manipulación, en cuanto a reducción de lesiones mecánicas y la higiene observada son fundamentales para garantizar la integridad de los productos.
- **La relación volumen de gas/volumen de producto;** debe encontrarse en el rango 3:1 a 1:1 para garantizar un adecuado equilibrio y evitar que el  $CO_2$  alcance niveles tóxicos o el  $O_2$  se reduzca al punto de generar respiración anaerobia y ocasionar fermentación.

Las AM pueden crearse de dos maneras:

De manera pasiva, donde el producto genera la atmósfera, dentro de empaques semipermeables; la permeabilidad de la película debe permitir el ingreso de oxígeno a una velocidad igual a la que es consumida por las frutas y hortalizas empacadas y la salida del  $\text{CO}_2$  con la misma velocidad que es producido. Es la manera mas fácil y barata de lograr una AM.

De manera activa, creando la AM de manera intencional, bien sea generando vacío o introduciendo en el empaque una mezcla adecuada de gases; esto permite alcanzar rápidamente la concentración deseada de gases. Se logra realizando un ligero vacío y reemplazando la atmósfera en el interior del empaque por una mezcla adecuada de  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$ . Esta técnica puede acompañarse con el uso de absorbedores de  $\text{C}_2\text{H}_4$  y de  $\text{CO}_2$  para mantener estos gases dentro de los niveles adecuados.

El almacenamiento en AM es de uso más frecuente que la AC además de su bajo costo, porque puede ser parte de la operación de empacado como el caso de los plátanos que se ponen en bolsas de polietileno dentro de la caja de embalaje. A la bolsa se le aplica vacío para eliminar la mayor parte del aire y el producto desarrolla rápidamente una atmósfera que contiene aproximadamente 2% de oxígeno y 3 a 5% de dióxido de carbono. La refrigeración a  $13,5^\circ\text{C}$  y la permeabilidad del polietileno aseguran que la composición del gas permanezca en estos niveles. El método se usa en este caso para prolongar el tiempo de transporte por barco hasta mercados de exportación distantes.

#### 1.4.2 Almacenamiento en Atmósferas Controladas

En el almacenamiento en atmósferas controladas, los cambios en la concentración de gases se realizan en una cámara o un contenedor aislados. Esta práctica comercial se viene desarrollando desde los años cuarenta, y en los últimos 15 años ha tenido un fuerte desarrollo tecnológico. El producto es cargado dentro de un cuarto de almacenamiento aislado, cuyas paredes han sido selladas para impedir el intercambio de gases. La temperatura es controlada por un sistema de refrigeración mecánica y la composición de la atmósfera es constantemente analizada en cuanto a niveles de dióxido de carbono y oxígeno. Cuando los niveles de oxígeno han alcanzado los mínimos requeridos para un producto en particular, estos se mantienen mediante la introducción de aire fresco de manera periódica. Usualmente la

tolerancia se encuentra en valores entre  $\pm 0.1\%$ ; así cuando el límite del nivel de oxígeno es de  $0.9\%$ , se ventila con aire fresco hasta que se logre un nivel de  $1.1\%$ . (FAO,1998).

Hay varios tipos de almacenamiento en AC que han dado buenos resultados especialmente en el almacenamiento de manzanas y peras; para frutas tropicales su utilización es muy restringida por varias razones, entre ellas, la disponibilidad de fruta durante todo el año, pero con volúmenes irregulares de producción, la falta de investigación, los numerosos problemas de plagas y enfermedades, la corta vida poscosecha de la fruta, la falta de tecnificación en las regiones de producción. Además, los costos de esta tecnología hacen que la AC se utilice solamente para frutas muy perecederas (que toleran el uso de las AC) y/o cuando el período de envío sea dos o más semanas; un contenedor de AC por ser mas hermético y contar con equipo de control de gases, puede costar entre diez y veinte mil dólares más que un contenedor refrigerado.

Otros factores para tener en cuenta son:

- Es un proceso costoso, por lo que deben almacenarse solamente frutas en excelente condición;
- Presenta mejores resultados para frutas de tamaño pequeño y mediano, como las manzanas, pero no para frutas de gran tamaño;
- Las frutas deben ser puestas en almacenamiento tan pronto como sea posible después de la cosecha y en cualquier caso el mismo día;
- El cuarto debe ser sellado y enfriado una vez concluya la carga;
- La carga debe realizarse lo más rápido posible, dentro de una semana.
- Para manzanas, cualesquiera sean las temperaturas a las que se almacenarán, deben ser pre-enfriadas.
- Solamente un tipo de producto debe almacenarse en el mismo cuarto, y preferiblemente de un mismo cultivador. (THOMPSON, 1997).

En los países en desarrollo su uso no está muy generalizado por varias razones, principalmente económicas:

- El desarrollo de una bodega refrigerada, para hacerla impermeable a los gases y adecuada para el almacenamiento en atmósfera controlada, aumenta el costo en un  $40\%$ .
- Los costos diarios de operaciones se duplican aproximadamente en un período de almacenamiento de seis meses.

- Los costos del equipo para el control de la atmósfera, hacen aumentar los gastos generales. La operación y mantenimiento de las bodegas con atmósfera controlada es una tarea pesada de administración.
- Hay un número limitado de frutas que responden al almacenamiento en atmósfera controlada, por ejemplo, las frutas tropicales o subtropicales tienen vidas de almacenamiento cortas que no justifican la inversión.
- Las hortalizas tienen vida corta de almacenamiento, o tienen un valor demasiado bajo para garantizar la inversión y por supuesto, algunas pueden almacenarse bien en bodegas refrigeradas comunes o ventiladas a bajo costo.

### *Construcción*

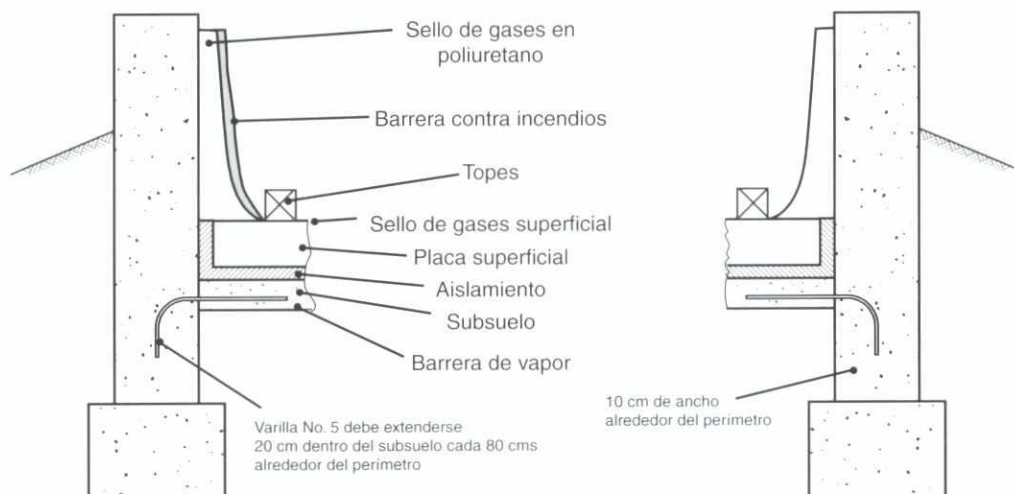
- El material más común es poliuretano inyectado en el sitio, sobre las paredes y techos. Sobre las superficies de metal es necesario acondicionar para asegurar la adhesión del aislante. No se debe utilizar aislamiento en tableros rígidos (paneles) pues la inyección del poliuretano puede deformarlos y aflojarlos, causando que la hermeticidad se pierda durante la operación; cuando se trata de convertir un cuarto frío a uno de AC, se debe retirar todos los paneles de aislamiento antes de aislar el cuarto, o asegurar éstos a la estructura.
- Las juntas entre el piso y las paredes son el lugar más común de la pérdida de hermeticidad. En especial, se debe tener gran precaución para evitar la separación entre el piso y las paredes por fallas en el subsuelo, como se muestra en la figura 1.14.
- Las puertas del cuarto de AC deben cerrar herméticamente (*Figura 1.15*). Se pueden utilizar puertas deslizantes impermeabilizadas. Es conveniente instalar una ventana de observación pequeña, que a la vez permita inspeccionar la caja que está inmediatamente al pie de la puerta.
- La instalación de mangueras de ingreso de gases, del sistema de refrigeración, los drenajes del evaporador, deben tener un diámetro pequeño y debe existir un sello preciso entre el tubo y la pared, para evitar fugas.



Luego, al cargar el cuarto se sella por dentro con silicona. Un sistema liberador de presión evita daños en la estructura por las diferencias de pre-

Figura 1.14

Sello adecuado en la unión entre el piso y la pared.



ción que se crean entre el interior y el exterior de la cámara de AC. Este puede ser un sistema similar a una bomba de inflar, que se infla o desinfla según las diferencias de presión o puede utilizarse un sistema de columna de agua abierta al exterior. (Figura 1.16).

Para comprobar la hermeticidad del cuarto se inyecta aire hasta poner el cuarto en una presión de 1" de agua; se monitorea la pérdida de presión en el tiempo, cada 10 minutos. Se calcula el tiempo requerido para alcanzar la mitad de la presión inicial. Un resultado de 20 minutos indica que éste es el tiempo que se demora en bajar la presión a 0.5" de agua. Este dato es adecuado para utilizarlo en cuartos que se deseen mantener en un 3% de  $O_2$  sin considerar la manera de remover el  $CO_2$  producido. Cuartos para menores concentraciones de oxígeno requieren un tiempo medio de 30 minutos.

La concentración de gases de las AM y las AC resultan tóxicas para las personas; por tanto se deben tomar las debidas precauciones. Antes de sacar el producto de la AC, debe ventilarse mínimo durante un día antes de que los operarios entren, para evitar asfixias. Se requiere de avisos que alerten al personal

Existen diferentes técnicas para lograr la AC:

- La AC convencional, en la cual la fruta al respirar modifica la atmósfera, disminuyendo la concentración de  $O_2$  y aumentando la concentración de  $CO_2$  hasta alcanzar los niveles deseados, lo que ocurre de 10 a 15 días

Figura 1.15

Sistema de cierre hermético.

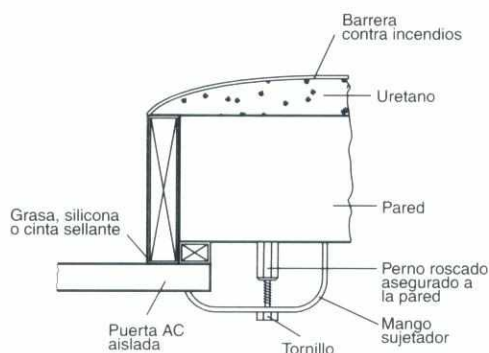
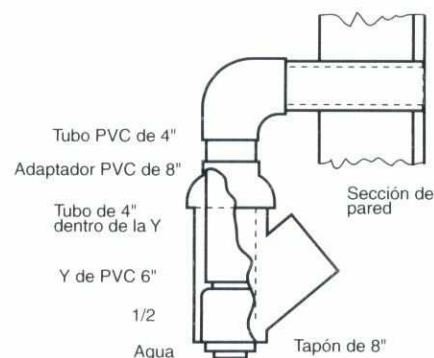


Figura 1.16

Sistema para liberar la presión.



después de sellado el cuarto. Desde este momento se requiere el control del nivel de estos gases, para lo cual existen en el mercado aparatos muy precisos que no son costosos; el nivel de oxígeno se recupera por ventilación con aire del exterior y el de  $\text{CO}_2$ , se controla con su remoción para lo cual existen varios métodos que se describen adelante.

- La AC Rápida, la cual logra la concentración deseada de gases de manera casi inmediata; se logra haciendo primero un vacío para retirar parte del aire del cuarto, para luego inyectarle la atmósfera deseada a través de un equipo que la genera.
- La AC de ultra bajo oxígeno (ULO), útil solo para frutas que soportan concentraciones de oxígeno menores del 1% (p. e. Manzana); este sistema requiere un control estricto del  $\text{C}_2\text{H}_4$ , para lo cual se utiliza carbón activado, bromo y ozono (THOMPSON, 1998).
- La AC de alto dióxido de carbono; esta atmósfera puede resultar benéfica para controlar insectos y bacterias.
- La AC de baja presión, método que es muy exacto para controlar la concentración de gases y acelerar la pérdida de volátiles como el  $\text{C}_2\text{H}_4$ , pero es una técnica costosa; actualmente no se usa de manera comercial.

Existen diferentes equipos generadores de AC:

- *Llama abierta*: se consume el  $\text{O}_2$  por medio de la combustión de gas propano; se puede quemar el propano en el cuarto (pero se incrementan

los niveles de etileno), o quemar afuera y forzar el aire con un ventilador (pero resulta menos eficiente).

- *Quemadores catalíticos:* el propano se quema con el oxígeno del cuarto (después de que se calienta el aire) utilizando platino como catalizador y los productos de la combustión se introducen al cuarto de nuevo.
- *Quemadores de amoníaco:* producen una atmósfera rica en  $N_2$ ; tiene la ventaja de no producir  $CO_2$   $H_4$  pero es peligroso si se presenta fuga de  $NH_3$ .
- *Uso de membranas de fibras huecas:* este sistema separa el  $O_2$  del  $N_2$  e introduce la porción rica en  $N_2$  de nuevo al cuarto.
- *Malla de carbón molecular (sistema de presión y absorción):* igual que en el anterior, se pretende retener el  $O_2$  y dejar pasar el  $N_2$ .

Para eliminar el  $CO_2$  se puede utilizar:

- *Hidróxido de calcio* (cal viva) que se pone directamente en el cuarto, o afuera del cuarto y se fuerza el aire del interior a pasar a través de capas de cal.
- *Carbón activado;* es muy utilizado y absorbe además etileno y monóxido de carbono.
- *Malla molecular;* aunque es muy eficiente no es muy utilizada por su alto costo. Se requiere calentar para liberar el  $CO_2$  absorbido.

## MATRIZ DE IMPACTO

### Ejemplo

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS
El 10% de los consumidores que compran en los supermercados desconocen las ventajas del uso del frío, en la conservación de frutas y hortalizas.	Falta de información y/o explicación.	Capacitación y entrega de folletos a los consumidores.	Porcentaje de consumidores que desconocen las ventajas del uso del frío en la conservación de frutas y hortalizas.	Disminuir al 7% el número de consumidores que desconocen las ventajas del uso del frío en la conservación de frutas y hortalizas en 4 meses.

Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

### Ejemplo

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	RESULTADOS ESPERADOS	LOGROS ALCANZADOS	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR OBJETIVOS
El 10% de los consumidores que compran en los supermercados desconocen las ventajas del uso del frío, en la conservación de frutas y hortalizas.	Disminuir al 7% el número de consumidores que desconocen las ventajas del uso del frío en la conservación de frutas y hortalizas en 4 meses.	Se disminuyó al 6% el número de consumidores que desconocen las ventajas del uso del frío en la conservación de frutas y hortalizas en los 4 meses.	Continuar con las campañas de capacitación de los consumidores y entregar plegables.

Nota: La columna de resultados logrados se va llenando a medida que se reportan dichos resultados.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## MATRIZ DE IMPACTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_  
 Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	RESULTADOS ESPERADOS	LOGROS ALCANZADOS	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR OBJETIVOS

Nota: La columna de resultados logrados se va llenando a medida que se reportan dichos resultados.

\_\_\_\_\_  
 Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
 Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## RESUMEN DEL MÓDULO 1

El conocimiento de los principios en que se basa la refrigeración permiten comprender el porqué se deterioran las frutas y hortalizas cuando se refrigeran. Estos principios tienen que ver con la noción de temperatura y calor y de cómo ocurre el enfriamiento de un producto. Así mismo, sobre la forma como se propaga el calor de un lugar a otro según el tipo de producto y la facilidad de éste para ceder calor. Se describen también los conceptos relacionados en humedad del aire y las relaciones que existen entre la temperatura y la humedad relativa; como los cambios de temperatura, reflejan de manera directa sobre la humedad relativa.

Se hace una descripción de métodos naturales de refrigeración que no usan energía mecánica y que sin ser muy eficientes pueden representar un gran beneficio para los productos hortifrutícolas. Posteriormente, se describe el funcionamiento de un cuarto frío, que usa el sistema mecánico de refrigeración; también se describen las propiedades de los gases refrigerantes y la necesidad de reemplazar los que afectan la capa de ozono por refrigerantes "ecológicos".

Finalmente se presentan aspectos básicos de la congelación de frutas y hortalizas y del uso de atmósferas controladas como un sistema complejo de refrigeración.



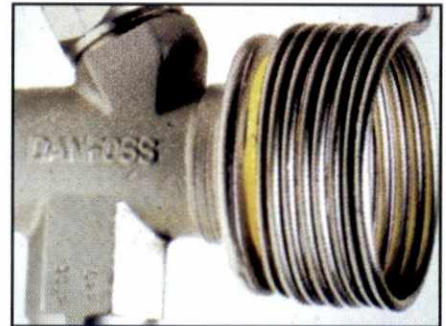
**Diap. C.F. 1.1**  
Evaporador



**Diap. C.F. 1.2**  
Disposición del evaporador en un cuarto grande



**Diap. C.F. 1.3**  
Elementos para el control de refrigerante



**Diap. C.F. 1.4**  
Válvula de expansión

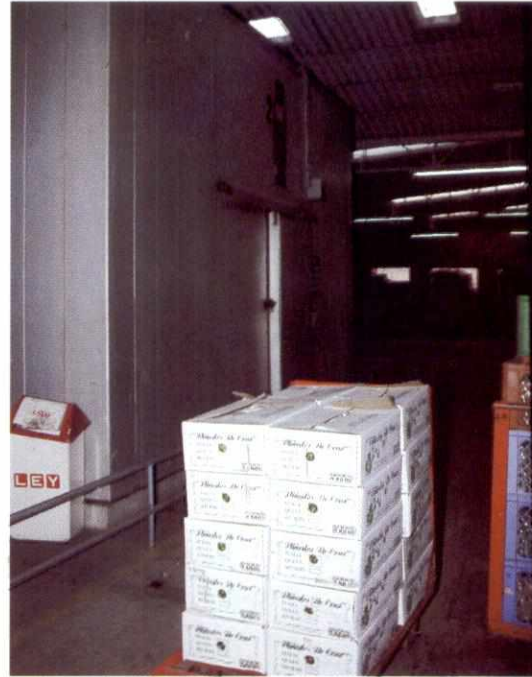


**Diap. C.F. 1.5**  
Ruta en AC con ventanilla de inyección



# CUARTOS FRIOS

## MÓDULO 2 ASPECTOS INVOLUCRADOS EN EL DISEÑO DE CUARTOS FRIOS





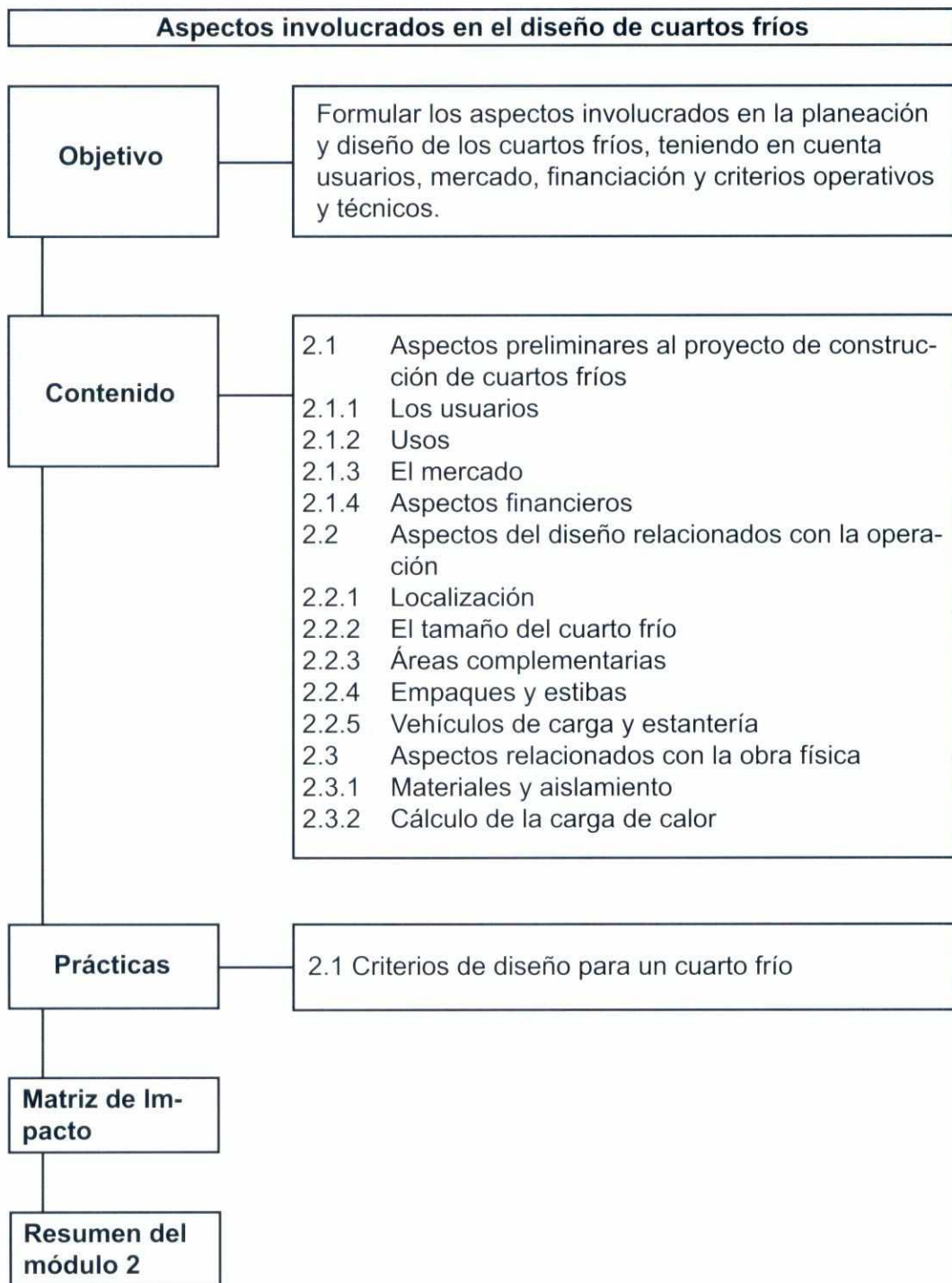
## MÓDULO 2

### ASPECTOS INVOLUCRADOS EN EL DISEÑO DE CUARTOS FRIOS

---

Flujograma para el estudio del módulo	2-4
Objetivos	2-5
Introducción	2-5
2.1 Aspectos preliminares al proyecto de construcción	2-6
2.1.1 Los usuarios	2-7
2.1.2 Uso	2-8
2.1.3 El mercado	2-8
2.1.4 Aspectos financieros	2-10
2.2 Aspectos del diseño relacionados con la operación	2-12
2.2.1 Localización	2-12
2.2.2 El tamaño del cuarto frío	2-14
2.2.3 Áreas complementarios	2-20
2.2.4 Empaques y estibas	2-23
2.2.5 Vehículos de carga y estantería	2-26
2.3 Aspectos relacionados con la obra física	2-29
2.3.1 Materiales y aislamiento	2-30
2.3.2 Cálculo de la carga de calor	2-34
Práctica 2.1 Criterios de diseño para el cuarto frío	2-44
Matriz de Impacto	2-46
Resumen módulo 2	2-50
Diapositivas módulo 2	2-51

## FLUJOGRAMA PARA EL ESTUDIO DEL MÓDULO 2



## OBJETIVOS

**General** Formular los aspectos involucrados en la planeación y diseño de los cuartos fríos, teniendo en cuenta usuarios, mercado, financiación además criterios operativos y técnicos.

- Específicos**
- Distinguir los criterios de ubicación de un cuarto frío, tanto a nivel de finca como a nivel de producción regional.
  - Identificar las variables involucradas en el cálculo de cuartos fríos, a nivel de aspectos técnicos.

## INTRODUCCIÓN

Los beneficios obtenidos durante el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas son resultado directo de un buen diseño del cuarto frío. Quienes utilizarán el cuarto frío, deben participar en la toma de las decisiones durante la elaboración del proyecto, de tal manera que puedan suministrar información detallada a quienes lo construirán, en lo que hace a volumen y peso por refrigerar, al tiempo de almacenamiento y a las condiciones ambientales en que se espera mantener el producto, entre otros aspectos.

En esta medida, el cuarto podrá dar solución a los problemas de una manera efectiva: para muchas frutas y hortalizas su bajo valor lleva a pensar si justificarán el costo que implica su refrigeración; sin embargo, si estos productos se trasladan a un lugar donde el clima los deteriore rápidamente, se hace necesario tenerlos en un ambiente refrigerado si se quiere mantener su nivel de calidad comercial. Por otro lado, es importante contar con la infraestructura adecuada (transporte y estanterías refrigerados) que permitan garantizar una temperatura estable del producto durante toda la cadena de comercialización, y así lograr los beneficios que se esperan alcanzar para la conservación de la calidad hasta el momento que llegue al consumidor final.

*Más que construir un lugar de almacenamiento, de lo que se trata es de planear la prestación de un servicio; y como tal, se requiere proveer los recursos y las acciones necesarias para lograr el objetivo de conservar las frutas y hortalizas en una cantidad y según una prioridad establecida con anticipación.*

En este módulo se darán pautas para realizar este análisis de manera que permita involucrar el máximo de variables, incluyendo lo que esperan los usuarios, los aspectos relacionados con el mercado, la financiación del proyecto y los parámetros necesarios para la localización y construcción. También las áreas complementarias y equipos que se requieren para una adecuada prestación del servicio, así como los parámetros relacionados con el adecuado aislamiento y la determinación de la capacidad de refrigeración del cuarto frío.

Este módulo está especialmente dedicado a productores y comercializadores de frutas interesados en el montaje de un cuarto frío.

## 2.1 ASPECTOS PRELIMINARES AL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE CUARTOS FRÍOS

Cada día se observa en los consumidores de frutas y hortalizas una mayor exigencia en la calidad de estos productos. Para responder a estas exigencias, los productores y comerciantes deben tomar conciencia de utilizar técnicas adecuadas en las cuales la refrigeración es un componente esencial.

La mejor manera de detener el deterioro de frutas y hortalizas es refrigerándolas; a la temperatura ambiente, la mayoría de los productos sólo puede mantenerse por unos pocos días.

Con frecuencia se encuentran en diferentes lugares cuartos refrigerados que no se utilizan para lo que fueron diseñados; esto es particularmente cierto para el caso de cuartos fríos que se construyen bien por estar a la moda en tecnología, bien por realizar alguna inversión física por parte de un gobernante, bien por creerse que la sola construcción soluciona los problemas de mercadeo, pero en la mayoría de los casos sin atender a un diagnóstico de las necesidades reales de los futuros beneficiarios.

Como resultado, las soluciones que se dan no responden al querer de quienes las utilizarán y en común se les da un tratamiento diferente para el que fueron diseñadas, tratando de acomodarlas a los problemas reales de quienes las solicitaron, con resultados no siempre satisfactorios. Esta situación ha hecho que a nivel de los diferentes agentes de la cadena de comercialización desde productores hasta comerciantes, sean escépticos en utilizar técnicas que se aparten de lo tradicional.

Por ello, aunque los beneficios que se obtienen con la refrigeración de frutas y hortalizas pueden justificar sus costos, es importante mirar el contexto en que se aplicarán. Antes de tomar la decisión de construir un cuarto frío, es necesario realizar el análisis de la necesidad de refrigeración que se tiene a nivel de los futuros usuarios, de su capacidad administrativa y financiera, del mercado en el que se incidirá con los productos refrigerados, de los beneficios que se obtendrán con su utilización y de los costos en que se incurrirá, tanto en su construcción como durante su operación.

### 2.1.1 Los usuarios

La decisión de construir un cuarto frío para solucionar un problema de almacenamiento de frutas y hortalizas va más allá de aislar un espacio e instalarle un equipo de refrigeración. Se busca poner en marcha un servicio que beneficiará por largo tiempo de manera directa a productores y comerciantes y de manera indirecta a los consumidores.

Conciérne al diseño de un cuarto frío el especificar para qué tipo de usuario está destinado, si es para beneficio comunitario o particular, y si es posible ser aún más específico, al determinar si se trata de mayoristas o detallistas (como puede ser el caso de un cuarto frío para un supermercado).

Igualmente, definir si quien está a cargo de la administración del cuarto alquilará el servicio a terceros, comprará productos para comercializar después o si su trabajo hace parte de la operación de una empresa hortifrutícola.

Para el caso de un **proyecto de beneficio comunitario** es importante la implementación de un diagnóstico que involucre productores, comerciantes e instituciones que de alguna manera estarán relacionados con el manejo de los productos hortifrutícolas; dicho diagnóstico llevará a un panorama de los intereses y expectativas de la comunidad que pueda ser relevante para realizar un proyecto útil y duradero. (Ver cuadro 2.1).

**Cuadro 2.1 Parámetros que determinan la factibilidad de un cuarto frío para una región**

Parámetros que determinan la factibilidad de un cuarto frío	+	-
La viabilidad o posibilidad real de puesta en marcha del servicio:		
• Capacidad de movilización de recursos (humanos, materiales y financieros)		
• Capacidad ejecutiva de las instituciones u organizaciones involucradas.		
• Actitudes de los diversos grupos participantes.		
La posibilidad de producir un impacto en tres niveles básicos:		
• Los usuarios reales o potenciales		
• Las instituciones u organizaciones vinculadas		
• El medio social en que se va a desarrollar		

**2.1.2** Según el tipo de uso, será la intención que se tenga con el cuarto frío.  
**Usos** Esta puede ser:

- Como almacén por semanas o meses para regular la oferta del mercado y suplir en períodos prolongados de no suministro.
- Utilizar el cuarto como bodega temporal (2 o 3 días) mientras se completa el volumen necesario que justifique el alquiler de un transporte.
- Como lugar de conservación por unas horas para mantener la calidad mientras se redistribuyen los productos.
- Como bodega de conservación de productos mientras se van vendiendo los que se encuentran en exhibición.
- Como lugar de bodega (cuarto grande) por varias semanas (frutas importadas) o como centros de distribución diaria (cuarto pequeño) para frutas altamente perecederas.

En todos los casos, el objetivo fundamental es mantener la calidad del producto.

**2.1.3** Como se ha dicho, más que la construcción de un cuarto frío, de lo que **El mercado** se trata es de implementar un servicio; y este servicio se podrá vender si se promueve la necesidad de refrigeración. La refrigeración es el mecanismo ideal para mantener la calidad de las frutas y las hortalizas, pero se debe entender cuáles son las ventajas que ante el mercado dará este servicio al producto.

El uso del frío implica unos costos (iniciales y de operación) a primera vista altos, pero ellos se compensan en gran medida con la reducción de pérdidas y el mantenimiento de la calidad. Esto dos aspectos son esenciales para lograr una mayor aceptación en el mercado.

Además, es conveniente aplicar algunos criterios mínimos que permitan conocer con claridad el mercado sobre el cual se incidirá. Esto se debe hacer consultando con expertos en comercialización o con personal que tenga experiencia en ello. Como ejemplo, que no pretenda ser exhaustivo, pueden tomarse como criterios los siguientes:

1. Los **volúmenes de producción** y su estacionalidad, la población (productores/comerciantes) e incremento de áreas y/o volúmenes de producción, número de productores/comerciantes que se involucrarán en el futuro, costumbres.
2. Las **exigencias** de quien comprará el producto. Para el caso de la industria de procesamiento, con mucha frecuencia solicita productos en avanzado estado de madurez, los cuales exigen refrigeración pero a la vez tienen mayor resistencia a daños por frío que productos inmaduros; en cuanto al consumidor final, la exigencia estará en función tanto de las condiciones adecuadas de madurez, como de la apariencia del producto (frescura), lo que en algunas frutas obliga a un control estricto de la humedad relativa y de la concentración de etileno y dióxido de carbono.
3. El **estudio de la demanda**, que estará encaminado a conocer el comportamiento histórico de precios y volúmenes en un área de influencia determinada y consultando naturalmente la capacidad de pago de los consumidores; igualmente, si son productos que se sustituyen fácilmente, es decir, si su demanda varía sensiblemente al variar el precio. Esto ocurre con más frecuencia en las frutas que en las hortalizas, las cuales tienen un nivel de demanda más estable.
4. La **mezcla de productos**, restringiendo la operación a grupo específicos y compatibles de productos. Las condiciones óptimas de almacenamiento para cada producto son muy diferentes y hacen que sea difícil pensar en almacenar frutas y hortalizas en un mismo lugar sin que se establezcan restricciones. En algunos casos es suficiente con la implementación de un cuarto frío, pero en otros (almacenamiento de productos incompatibles), es necesario pensar en la construcción de dos o más cámaras independientes.
5. Las **condiciones climáticas** y su incidencia sobre la calidad, variación de peso y vida útil de los productos hortofrutícolas. Las necesidades de refrigeración tanto la temperatura y condiciones de humedad ideales, como la diferencia con las condiciones del ambiente exterior.
6. La **velocidad** con que se deteriora el producto al estar en el medio ambiente; para muchos productos su calidad se mantiene durante el tiempo

de comercialización si sólo se toman precauciones mínimas con el lugar de almacenamiento. Que esté en adecuadas condiciones de sanidad, que sea frío y que pueda ventilarse periódicamente (ver 1.2.1.).

Como ejemplo, para un supermercado que maneja productos de diferente naturaleza, es difícil hablar de un solo cuarto frío donde almacenarían todos los productos; en este caso, para cada producto se requiere conocer los volúmenes comprados, la rotación, sus exigencias de temperatura y humedad relativa y la sensibilidad a otros productos generadores de gas etileno. De esta manera, se pueden agrupar productos por su compatibilidad (ver 4.2.4).

**2.1.4 Aspectos financieros** Para tomar la decisión de construir un cuarto frío, es importante realizar un estudio financiero; calcular los costos y estimar los futuros beneficios económicos que se obtendrán, lo que implica datos precisos y completos. Conseguir información de este tipo es costoso y demorado; sin embargo es fundamental. Si se trabaja con suposiciones los resultados crearán expectativas que posiblemente no se logren, o en el peor de los casos llevarán a la quiebra a la empresa por una inversión mal hecha.

Algunos datos, como precios, volúmenes y variación de los mismos, se obtienen con entidades gubernamentales que procesan periódicamente esta información y a veces, directamente con las personas que utilizarán el servicio. Para otros datos, como la capacidad técnica y las especificaciones de la maquinaria y de aislamiento, es mejor informarse con las personas que tienen conocimiento y experiencia en la construcción de cuartos fríos. Sobre los costos de operación, lo mejor es asesorarse de quienes en la actualidad están utilizando cuartos fríos para almacenar frutas y hortalizas, del tamaño y en las condiciones similares a las que se proyecta.

La información obtenida permitirá determinar la viabilidad y rentabilidad, y debe llevarse a un cuadro síntesis de costos y beneficios por la utilización de un cuarto frío, que contenga:

- Los costos de inversión inicial (tanto de la construcción del cuarto frío, como de la compra de equipo complementario para manejo de carga, empaques, estibas, estibadoras hidráulicas, montacargas).
- Los costos de operación fijos (personal, agua, teléfono, mantenimiento de maquinaria).

- Los costos de operación variables por período de tiempo (servicio de energía, personal adicional, imprevistos).
- La tarifa de precio de venta (del servicio) o arrendamiento de espacio.
- Presupuesto de ingresos por servicios prestados en un período de tiempo determinado, por ejemplo: un año.

Ejemplo:

Una asociación de productores de mora tiene dos opciones de comercialización de su producto:

- Venta a intermediarios de la región que pagan a un precio promedio de \$1000/kg
- Venta a una procesadora de jugos que está dispuesta a recoger un mínimo de 2000 kg semanalmente de mora refrigerada a una temperatura de 3 °C y bajo un contrato de compra a un precio de \$1100/kg.

El costo inicial del cuarto frío se estima en \$8 millones de pesos; los costos fijos de operación en \$150 mil pesos semanales, incluidos personal y consumo de energía; se estima en 5 años el tiempo de recuperación de la inversión.

Los costos de operación por kg son de:

$$\frac{150.000}{2.000} = \$75.00/\text{kg}$$

El ingreso neto adicional por año es de:

$$2000 \text{ kg/semana} \times (1100 - 1000 - 75) \$/\text{kg} \times 52 \text{ semanas} = \$2.600.000.00$$

Bajo estas condiciones, la tasa interna de retorno es de 18.7% anual.

Para una profundización sobre el tema, se sugiere referirse al paquete que sobre este tema elaboró McGuillivray (1997).

## 2.2 ASPECTOS DEL DISEÑO RELACIONADOS CON LA OPERACIÓN

El cuarto frío no es un ente aislado, si no que hace parte integral de un centro de distribución y éste a su vez de una cadena de comercialización de un producto que es perecedero. En consecuencia, su planificación estará acorde con las características del mercado de los productos que almacenará, y será lo más flexible posible en cuanto a su infraestructura y localización, de forma tal, que pueda adaptarse a las necesidades de los usuarios. Igualmente, debe tenerse presente en la disposición del almacén, el espacio para almacenar y las áreas de circulación atendiendo al tipo de equipos que para ello se escojan.

### 2.2.1 Localización

Considerando que la construcción de un cuarto frío es una decisión permanente y con efectos a largo plazo, esta debe tomarse con suficiente seriedad, atendiendo a los estudios de mercado. La localización puede afectar la cobertura y alcance del servicio, su operación, mantenimiento y administración y hasta el tiempo de vida poscosecha de los productos. Además, constituye una de las decisiones clave, pues condiciona de manera sustancial la relación costo/beneficio.

La localización depende del objetivo que tiene el cuarto frío. Según este, se dará importancia a los siguientes criterios:

- Cercanía a los lugares de producción, en especial para el caso de un cuarto frío que beneficiará a los productores de una región. Esto facilita además las operaciones de preenfriamiento del producto (ver 3.4).
- Cercanía a la ubicación de los potenciales mercados. Si el mercado se encuentra disperso, este aspecto pierde importancia.
- Facilidad de medios de transporte y estado de las vías de acceso.
- Disponibilidad y costo de los servicios (agua, luz, teléfono).

La selección del lugar más conveniente requiere de la identificación previa del tipo de cuarto que se quiere construir. Si se trata de un cuarto que prestará sus servicios a la producción que provenga de una sola finca, si el cuarto estará al servicio de los productores de una región, si se manejará en una bodega de almacenamiento de un supermercado o si es un cuarto al servicio de comercializadores de una mayorista. Se pueden encontrar unos

objetivos individuales o grupales, y en la misma forma deben analizarse los aspectos que involucra su ubicación.

Para el caso de un cuarto al servicio de una sola finca, se recomienda construirlo cerca de las áreas de producción, de tal manera que sea mínimo el tiempo entre cosecha, preenfriamiento y almacenamiento. Deben considerarse las áreas futuras o las perspectivas de evolución de los cultivos dentro de la finca.

En lo posible en un terreno alto para prevenir inundaciones, en un lugar firme y plano, para reducir los costos de movimiento de tierras, evitar áreas de circulación con pendientes pronunciadas y hacer económica la construcción. Igualmente se localizará en un lugar de fácil acceso, que permita la entrada de vehículos hasta el mismo cuarto.

Cuando se trata de un cuarto frío que hace parte de un centro de acopio al servicio de una región, donde varios productores serán beneficiarios, se requiere relacionar la distribución de las áreas hortifrutícolas, los volúmenes de producción (actuales y en proyecto) en cada una de ellas y los lugares de mercado de los productos que se refrigerarán. Esto permitirá sectorizar las zonas de producción y determinar la capacidad del cuarto hacia cada una de ellas.

La determinación del sitio involucra el costo y la disponibilidad de los terrenos, los aspectos de estabilidad de suelos, factores ambientales, la disponibilidad de servicios (energía, vías, agua, comunicaciones), y las normas legales.

Para el caso de un cuarto frío al servicio de un comerciante, ubicado dentro de una bodega en la ciudad, más que de localización se habla de orientación dentro de la bodega, que debe facilitar las operaciones de cargue y descargue del cuarto; se recomienda acondicionar dispositivos que reduzcan el intercambio de calor durante estas operaciones, como antecámaras que se mantengan a temperaturas intermedias entre el exterior e interior del cuarto frío.

Estas antecámaras pueden usarse como área de clasificación y empaque de los productos, que al ser adyacentes al cuarto, reducen el tiempo que el producto está fuera de las condiciones ideales de temperatura y humedad relativa (ver 1.2.1).

### 2.2.2 El tamaño del cuarto frío

Aunque este es un parámetro que es determinado por los ingenieros que diseñan y construyen el cuarto, es importante conocer los aspectos básicos que se tienen en cuenta para decidir sobre el tamaño que tendrá el cuarto frío.

La principal función del cuarto frío es conservar los productos almacenados a través del frío, pero otra función es proveer espacio de almacenamiento. Las capacidades de enfriamiento y de almacenamiento requeridos son características separadas, pero ambas determinan el tamaño, tanto del sistema de refrigeración como del cuarto frío.

#### *Capacidad de refrigeración*

Es una medida de la velocidad a la cual un sistema puede transferir calor, y normalmente se expresa en toneladas de refrigeración. Una tonelada de refrigeración es el calor necesario para derretir una tonelada de hielo (2000 libras) a 0°C en 24 horas. Esto equivale a 288.000 BTU/día ó 12.000 BTU/h.

El tamaño correcto de la unidad de refrigeración está determinado por:

- El tipo de producto, su temperatura de entrada y de almacenamiento y la cantidad de calor que genera en estas condiciones.

*La temperatura de almacenamiento (entre 0 y 10°C) se puede variar a través de un control que puede ser de temperatura o de presión; si este es el caso, se recomienda calcular la carga con la temperatura mas baja que se tendrá en el cuarto.*

- Las dimensiones del cuarto y la cantidad de producto para ser enfriado y almacenado diariamente; a mayor cantidad es más grande la cámara de refrigeración y mayor el tamaño del equipo de refrigeración.

*El cálculo se hace para densidades promedio (350 – 400 kg/m<sup>3</sup> de fruta), cuando se piensa en cuartos que podrán almacenar diferentes tipos de productos.*

- Velocidad de enfriamiento. Un enfriamiento rápido es beneficioso para el producto pero puede resultar costoso pues el equipo de refrigeración debe ser más grande.

*Enfriar una carga en 2 horas en lugar de 4 puede requerir de dos veces la capacidad de refrigeración y los costos de energía pueden ser tres veces mayores.*

- Naturaleza del espacio refrigerado, en cuanto a qué tan bien aislado está y cómo será la operación del cuarto (carga de calor). La mayor parte de esta carga la constituye el proceso de llenado del cuarto no solo por el calor que trae el producto del campo sino porque durante este tiempo la puertas permanecen abiertas permitiendo la entrada de aire caliente del exterior.

Cuando se planean las instalaciones de refrigeración se debe considerar el sistema completo de manejo del producto, Porque cualquier cambio en el sistema puede afectar la velocidad y la uniformidad del enfriamiento y los requerimientos del equipo. El método de embalaje, los materiales de empaque, los patrones de carga influyen en el flujo del aire frío a través de los productos.

*Una regla básica para ser seguida es que el preenfriamiento y el almacenamiento refrigerado deben ser dos operaciones separadas.*

La capacidad de refrigeración para el preenfriamiento es mucho más alta que para el almacenamiento, dados los altos niveles de calor de campo que hay que retirar (*Figura 2.1*). Esto sin considerar la capacidad de refrigeración requerida para extraer el calor que penetra a las instalaciones a través de las paredes, puertas, ventiladores y el causado por los equipos y el personal. Esta consideración logra ahorros importantes en tamaño de equipos y en consumo de energía.

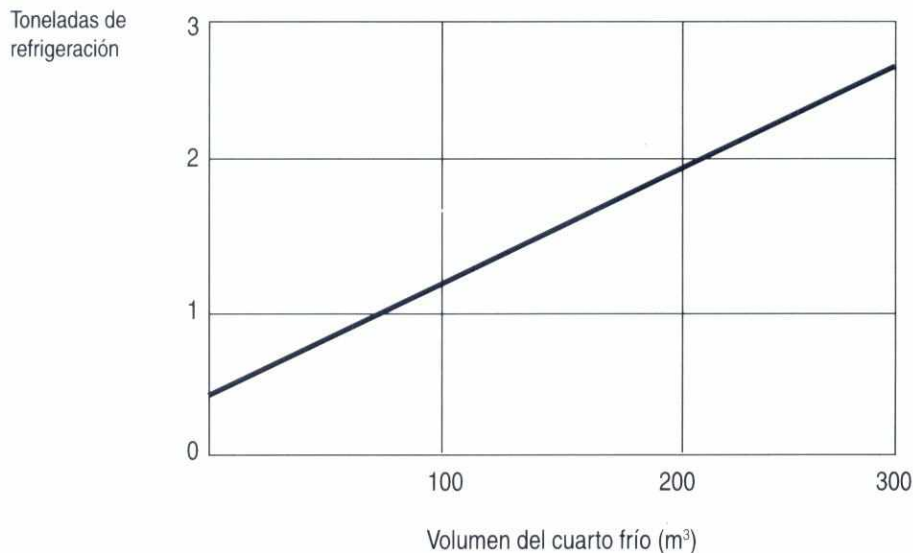
### *Capacidad de almacenamiento*

Se define como volumen (entendido como largo, ancho y alto) de utilización del cuarto frío durante un período determinado: para establecerlo, no sólo se considera el punto de vista **técnico** (en lo que hace al aspecto de volúmenes que se podrán manejar con determinado equipo), sino también a la **capacidad administrativa y financiera** que se tiene para operarlo adecuadamente (ver 4.1). Existe cierta dificultad para aplicar estos dos criterios, debido a la complejidad de los mismos.

**Figura 2.1**

Diagrama para determinar la capacidad aproximada de refrigeración para reducir la temperatura a 10°C

(Adaptado de: Thompson y Kasmire, 1988).



Desde el punto de vista técnico, es útil distinguir tres conceptos de capacidad en lo que hace relación a la utilización del espacio refrigerado:

#### **Capacidad instalada (o volumen útil):**

Corresponde a la capacidad máxima disponible permanentemente; está en función de la densidad de almacenamiento (Cuadro 2.2) expresada en  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Para un almacén refrigerado de frutas y hortalizas se puede utilizar como densidad el dato de 300 a 400  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

#### **Capacidad utilizada:**

Es la fracción de la capacidad instalada que se emplea en un momento determinado. Para reducir los costos de operación, debe buscarse que siempre sea igual a la instalada.

**Capacidad de diseño (o volumen bruto):**

Es la capacidad con la que se hacen los cálculos e involucra las dimensiones totales de la cámara. Incluye la capacidad instalada y el espacio superior para recirculación del aire, así como el requerido para las manipulaciones.

**Cuadro 2.2 Densidad de almacenamiento para productos en canastilla plástica**

<b>PRODUCTO</b>	<b>TAMAÑO CANASTILLA</b>	<b>PESO/ CANASTILLA</b>	<b>DENSIDAD kg/m<sup>3</sup></b>
Cebolla	Pequeña	11 kg	350
Durazno	Mediana	15 kg	350
Espinaca	Mediana	12 kg	280
Granadilla	Grande	13 kg	215
Guayaba	Mediana	18 kg	415
Higo	Pequeña	10 kg	320
Lulo	Mediana	12 kg	280
Mango azúcar	Pequeña	8 kg	250
Mango chancleto	Mediana	15 kg	350
Mango variedad	Mediana	12 kg	280
Maracuyá	Grande	14 kg	230
Melón	Mediana	12 kg	280
Mora	Pequeña	10 kg	320
Naranja	Grande	20 kg	330
Papaya	Mediana	15 kg	350
Piña	Grande	25 kg	415
Tomate árbol	Mediana	15 kg	350
Tomate mesa	Mediana	115 kg	350
Zanahoria	Grande	25 kg	415

Dimensiones canastilla:

Grande	40 x 60 x 25 cm.
Mediana	40 x 60 x 18 cm.
Pequeña	40 x 60 x 12 cm.

La forma más común para definir la capacidad de diseño de un cuarto frío es establecer el flujo de producto durante un tiempo dado (ton/semana, por ejemplo). Para una primera aproximación del espacio refrigerado que se requiere, se puede utilizar la siguiente fórmula (North Caroline, 1992), que considera el espacio requerido para la manipulación.

$$V = \frac{(C+S)}{400}$$

Donde:

V: Volumen del espacio refrigerado, en m<sup>3</sup>.

C: Cantidad máxima para ser enfriada al mismo tiempo, en kg.

S: Cantidad máxima para ser almacenada al mismo tiempo, en kg.

Luego de determinar V, se puede dividir por la altura en metros, para obtener el área del piso del cuarto frío en metros cuadrados.

*Ejemplo:*

Se requieren almacenar 5 toneladas de mora, que ingresarán semanalmente así: lunes 2 toneladas y el miércoles 3 toneladas. El tamaño del cuarto frío será:

Que para una altura de 2.50 m, se tiene un área de 2.7 x 3 metros.

$$V = \frac{(C + S)}{400} = \frac{5000 \text{ kg} + 3000 \text{ kg}}{400} = 20 \text{ m}^3$$

Si el diseño del cuarto se logra acercar a la figura de un cubo, se logrará máxima eficiencia energética.

Desde el punto de vista administrativo y financiero, el volumen total de la cámara incluye el volumen utilizado por el producto y la recirculación del aire más el volumen necesario para las operaciones de manipulación. Para esto se requiere conocer los planes de carga y las áreas que serán reservadas a los desplazamientos, considerando si los productos se manipulan con estibas y las condiciones de acceso a los arrumes (ver 2.2.5). En un anteproyecto, se puede aceptar que el área total sea dos veces el área utilizada por los arrumes.

Si tenemos presentes los aspectos económicos, la decisión del tamaño adecuado debe descansar en los estudios financieros y de mercado, que serán particulares para cada caso. Además, el tamaño está ligado a los costos de operación. Si la capacidad se incrementa, los costos fijos unitarios se reducen y la eficiencia energética se incrementa, resultando más favorable su utilización. A este respecto, es útil establecer qué cantidad de días durante el año será utilizado el cuarto frío, lo cual está relacionado con el objetivo que tendrá el almacenamiento (ver 4.1).

Para cuartos fríos rurales, si la construcción lo permite es aconsejable prever un espacio suficiente para almacenar al menos un día de máxima cosecha los productos más perecederos y tres o cuatro días de máxima cosecha para los que tienen menos perecibilidad. Uno de los mayores beneficios de estas instalaciones es la flexibilidad que da en el mercadeo cuando se almacena por corto tiempo.

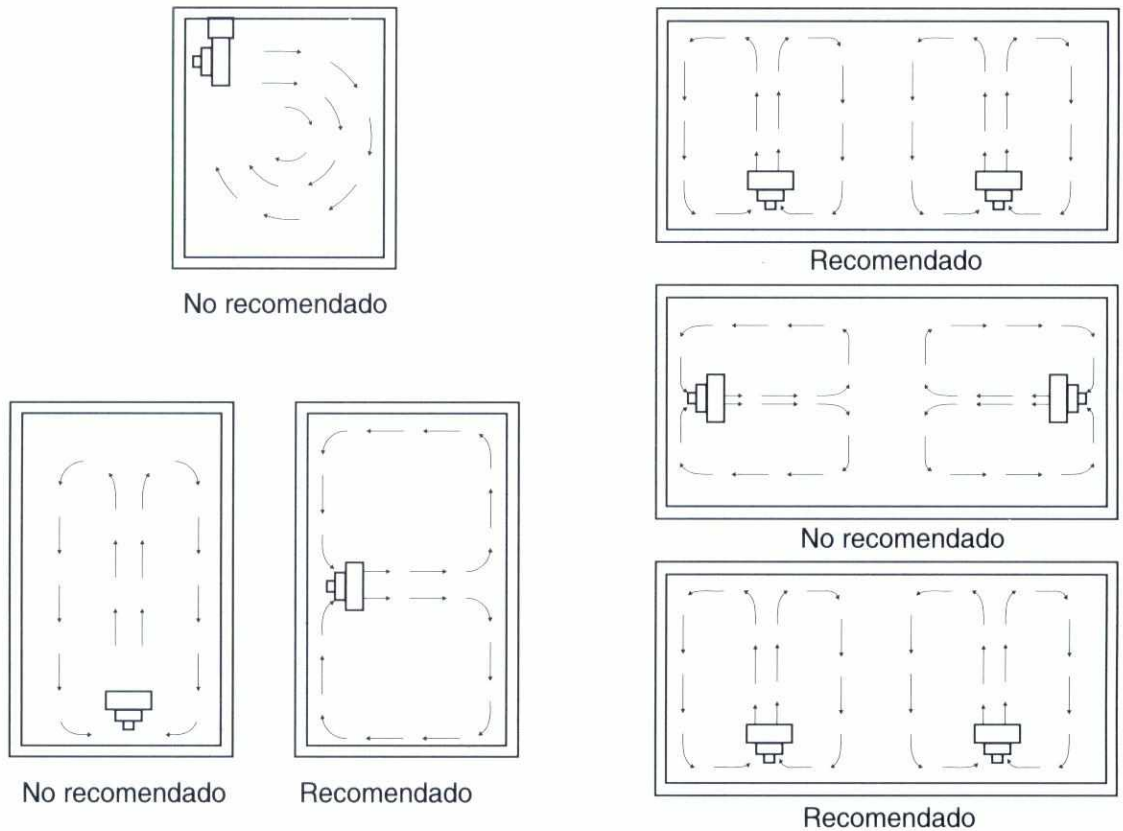
Pero, aunque es mucho más fácil construir un cuarto con un adecuado espacio de almacenamiento desde el principio que adicionarlo posteriormente, el exceso de capacidad puede significar desperdicio de energía y de espacio.

En general, un cuarto frío se diseña y construye según la capacidad instalada, teniendo en cuenta:

- Máxima capacidad con edificaciones de costo mínimo. El uso de cuartos construidos *in situ* sólo se recomienda para manejo de volúmenes grandes (más de 300 metros cúbicos); es más económico utilizar cuartos modulares.
- Flexibilidad de adaptación a necesidades cambiantes, en especial para los cuartos fríos en bodegas que tienen limitaciones de espacio y donde se espera puedan aumentar los volúmenes intervenidos.
- Mínimos recorridos en el tráfico interno, además de las consideraciones de espacio que requieren las máquinas y equipos que se utilizarán.
- Mínimos espacios muertos por instalación de puertas o ventanas de inspección.

**Figura 2.2**

Localización de los evaporadores según la forma del cuarto frío.



- Máxima eficiencia de circulación del aire mediante una adecuada disposición de los arrumes.
- Número y localización de los evaporadores dentro del cuarto según la forma y las dimensiones del mismo, para facilitar la circulación de aire (Figura 2.2).

**2.2.3**  
**Áreas complementarias**

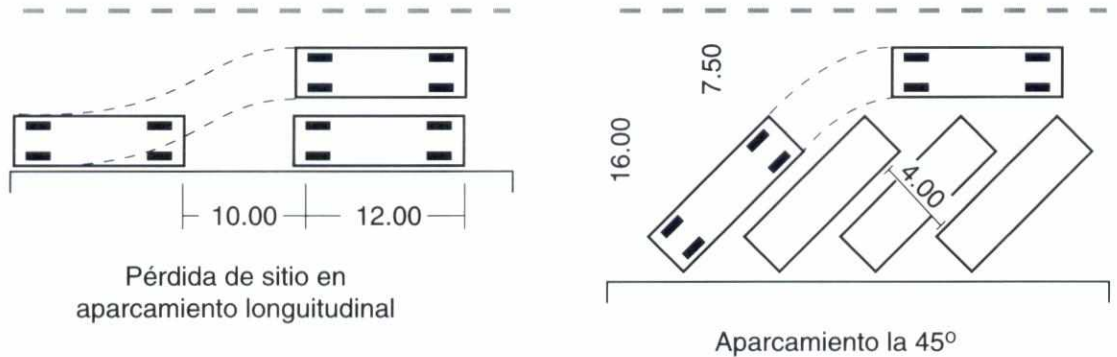
El costo de las operaciones que se efectúan durante el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas se relaciona con la facilidad con que puedan realizarse. Esto depende en gran medida de la adecuación de espacios destinados a estas operaciones. Las áreas más comunes son:

*Área de maniobra*

Es la zona destinada para que los vehículos puedan entrar, salir y posicionarse adecuadamente para proceder a su (des)carga. Sus dimensiones están muy relacionadas con las dimensiones y tonelaje de los vehículos, así como

Figura 2.3

Dimensiones del  
área de maniobras  
de los camiones.



del número que es preciso atender simultáneamente (Figura 2.3). La determinación del tamaño de estas áreas puede ser muy complejo, pero si se organiza y programan las llegadas de los camiones, el problema pasa a ser de programación y el tamaño del área de maniobras y de los muelles dependerá de la precisión con que pueda realizarse esta programación.

### *Área de recepción y control*

Un lugar adecuado de recepción, convierte un problema de desorganización durante la llegada o salida de camiones, en una labor programada y fácil de controlar. De esta manera se logrará:

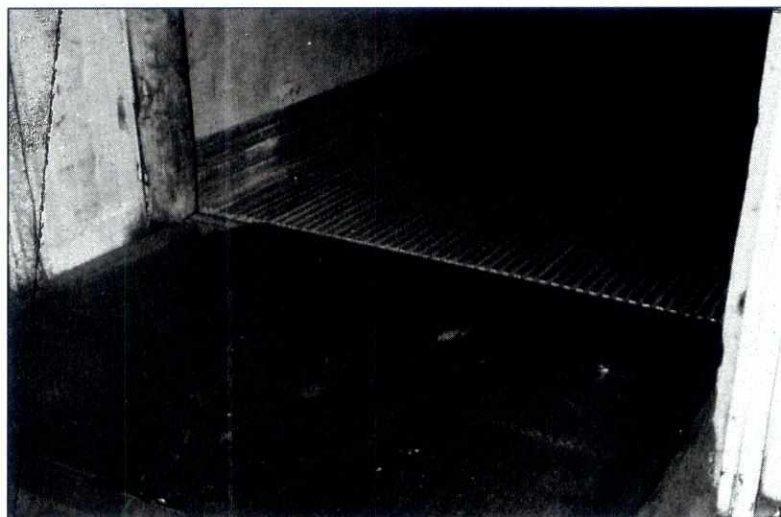
- Rapidez de recibo y despacho de productos.
- Control de volúmenes manipulados.
- Control de calidad de los productos recibidos.
- Devolución inmediata de fruta en mal estado.

El espacio de los muelles dependerá de la necesidad de cubrir los momentos de mayor número de movimientos, previendo situaciones inesperadas durante el cargue y descargue, como retrasos en la operación por inconvenientes del transporte o incremento repentino de los volúmenes recibidos.

Además, conviene tener presente el crecimiento de la empresa y por lo mismo de la cantidad de la fruta para recibir; aunque puedan parecer altos los costos que implica la inversión inicial, son mayores aún cuando se trata de ampliar con posterioridad en un lugar que no estaba previsto.

Figura 2.4

El área de descargue estará a nivel de la carrocería.



La disposición del camión con respecto al área de carga deberá facilitar el acceso al interior de su carrocería; no son recomendables las rampas, y en lugar de ello, se recomienda que el piso se encuentre a nivel de la plataforma del camión (*Figura 2.4*). Es necesario considerar que estas son áreas de gran riesgo y en donde más accidentes ocurren por el manejo de las cargas, el movimiento de máquinas y carretillas y el continuo desplazamiento de personal; en estas circunstancias, las diferencias de nivel aumentan el factor de riesgo.

### *Área de reserva o producto en tránsito*

Es una zona destinada para ubicar los productos durante un corto período de tiempo, mientras termina la operación de recepción o despacho; es posible adecuarla para realizar operaciones especiales a los productos (encerrado, reempaque, etc.) y debe incluir no sólo el espacio para alojar el producto, sino el necesario para su movilización.

### *Otras áreas especializadas*

El manejo de un cuarto frío requiere la consideración de áreas adicionales para oficinas y servicios, para almacenamiento de estibas y empaques vacíos y para parqueo y mantenimiento de carretillas y el resto de equipos de manipulación. En el caso de carretillas eléctricas, se requiere de un área especializada para la carga de las baterías, que será un lugar aislado, ventilado y seco para prevenir accidentes.

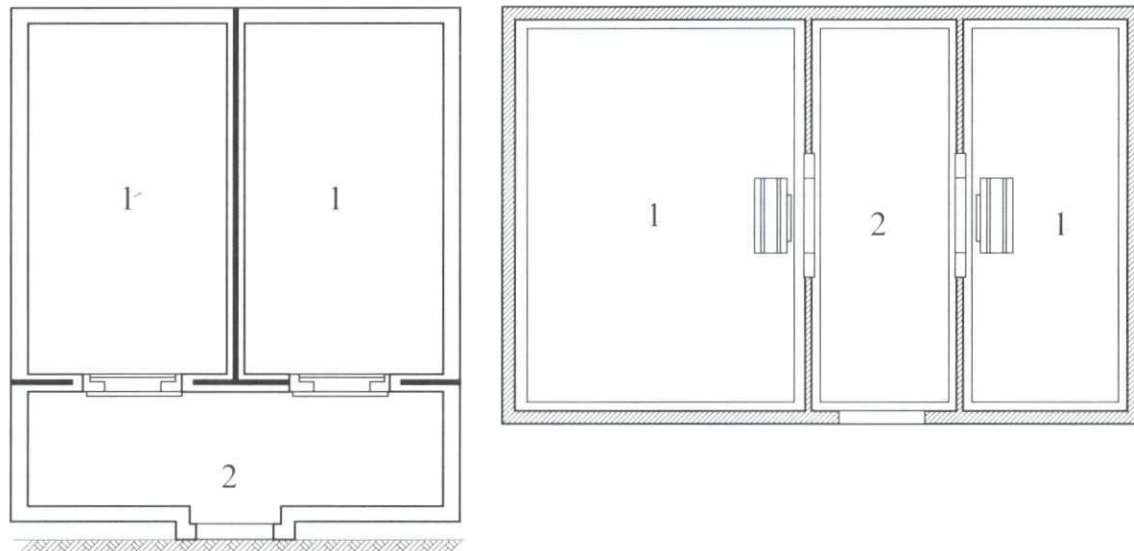
Es recomendable poner una antecámara (*Figura 2.5*) al cuarto frío, para evitar pérdidas de frío en cámaras cuyas puertas se abren con frecuencia; es una buena medida para controlar el consumo de energía, que es uno de los principales costos de operación de un cuarto frío. Esta área además de reducir el consumo de energía, se convierte en un lugar de tránsito durante la operación de salida del cuarto. De esta manera los productos pueden reducir gradualmente su temperatura y evitar condensación de agua sobre su superficie (como se explica en 4.2.7). (PAU, 1993).

**2.2.4 Empaques y estibas** En el manejo de productos perecederos se utiliza una gran variedad de empaques, que para cada producto son los establecidos por el mercado. Sin embargo, en el diseño de un cuarto frío, por comodidad, se considera la utilización de empaques estándar, que puedan arrumarse unos sobre otros para que agilicen las operaciones con el producto. Esto además facilita la distribución de los pasillos de inspección y las áreas de circulación de aire.

Figura 2.5

Áreas de selección y clasificación anexas al cuarto frío.

1. Cámaras independientes.
2. Antecámara común.



### Recomendaciones sobre empaques

- Uso de dimensiones homologadas permite, máximo aprovechamiento del espacio.
- Resistentes a la compresión para evitar pérdida de frutas y empaques.
- Con un diseño que permita la adecuada circulación del aire.



Se debe evitar el uso de empaques de madera muy seca, pues absorben la humedad del aire produciendo ambientes secos que pueden deshidratar los productos. Se ha comprobado que en las primeras semanas de almacenamiento las cajas de madera absorben la mitad del agua perdida por los frutos (DURAN, 1992).

### *Estandarización*

Para mercados internacionales se utiliza el módulo ISO como unidad de validez universal de envases; estas medidas permiten la utilización completa del área de estiba; las medidas exteriores del módulo ISO y sus múltiplos son:

- 40 x 60 cm para 1 módulo ISO
- 30 x 40 cm para 1/2 módulo ISO
- 20 x 30 cm para 1/4 módulo ISO

Las estibas, contenedores, las bodegas de carga de un barco, los ferrocarriles, y algunos almacenes y estanterías están acomodadas a estas dimensiones. En el cuadro 2.3 se encuentra una guía de utilización de empaques de cartón de 40x30cm (1/2 módulo ISO).

**Cuadro 2.3**  
Utilización de cajas de cartón de tamaño 40x30 cm (1/2 módulo ISO)

FRUTA	PESO NETO/ UNIDADES	ALTURA DE LA CAJA (cm)
Mango	4 kg/7- 16	10 - 12
Aguacate	4 kg/7- 16	10 - 12
Papaya	4 kg/7- 16	10 - 12
Pepino dulce	4 kg/7- 16	10
Tomate de árbol	2 - 2.5kg/18 - 25	8
Uchuva	8 canasticas de 100g	8
Fresa	8 canasticas de 250g	8
Maracuyá	2kg	8
Melón	4 - 5kg/4 - 8	10 - 15
Carambola	4kg/18 - 24	12
Uva	5kg	13
Champiñones	8 canasticas x 250g	9
Higos	2kg	8
Limón verde	3kg	10



En cuanto a las canastillas plásticas existen en el mercado dos clases, diferenciadas por su área en planta (40x60 cm y 36x53cm) siendo ambas muy utilizadas en empaque de frutas y hortalizas (*Figura 2.6*).

### *Estibas*

Las hay de madera, plásticas y de aluminio. Se consideran dos tamaños:

La americana (120 x 100 cm)

La europea (120 x 80 cm)



Aunque ambos tipos son utilizados, esta última es la más común en nuestro medio. Las medidas de las cajas que se cargarán deben ser submúltiplos de las dimensiones de las estibas, la altura depende de la resistencia de las cajas, el lugar de almacenamiento y el sistemas de cargues y descargues utilizados, pero se recomienda por estabilidad que no sobrepasen los 2 metros.

Las estibas facilitan:

El manejo (rapidez en (des)cargues).

La inspección (de sanidad, madurez, apariencia).

La higiene (limpieza, control de insectos y roedores).

El control de las frutas y hortalizas almacenadas.

Para hacer más eficiente el manejo, transporte y almacenamiento de los productos refrigerados, se acostumbra utilizar unidades estándar de carga. Según el volumen por manipular y los sistemas de movilización, será el tamaño de estas unidades.



Estas pueden ir desde una canastilla que contenga 25 a 30 kg de fruta, hasta estibas que movilicen 400 y 500 kg en una sola operación. En algunos almacenes que manejan grandes volúmenes se construye una estructura metálica dentro de la cual se ponen los empaques de menor tamaño. (*Figura 2.6*).

Para asegurar los empaques sobre las estibas se pueden utilizar ángulos fabricados de plástico o cartón que se fijan en cada esquina de la estiba y que se aseguran con zunchos pretensados de manera horizontal a diferentes alturas de la carga.

Figura 2.6

Canastilla plástica y  
unidad estándar de  
carga.



Se recomienda hacer el estibado de forma columnar; si se hacen traveses con las cajas se puede reducir su resistencia. Igualmente sucede cuando las cajas no están bien alineadas o cuando sobresalen del borde de la estiba. (CARRARO, 1994).

### 2.2.5

#### Vehículos de carga y estantería

Para movilizar, tanto las canastillas como las estibas, se utilizan aparatos diseñados para tal fin; estos aparatos hacen parte del sistema de almacenamiento y por tanto deben relacionarse siempre con el tipo de unidad de carga por movilizar. En el mercado se encuentran diferentes tipos que van desde las carretillas manuales para cargas de hasta 400 kg, pasando por las eléctricas, que movilizan de 1 a 2 toneladas y los montacargas que mueven hasta 4 toneladas y tienen gran cobertura en dirección vertical.

La carretilla manual consta de una horquilla con dos brazos paralelos y horizontales unidos a un cabezal provisto de ruedas. En el cabezal se articula una barra timón que sirve como mecanismo de dirección (*Figura 2.7*). Es idónea para el transporte de cargas en distancias cortas y su capacidad está limitada al esfuerzo que es capaz de realizar una persona; no es recomendada para lugares donde existan rampas o pendientes muy largas.

Diapositiva  
C.F  
26

Para mayores distancias, se utiliza la carretilla individual accionada por mecanismo eléctrico, con autonomía para 8 a 10 horas y que permite movilizar cargas mayores y en lugares donde exista alguna pendiente. Vienen provistas de un accionamiento de elevación manual o con motor, preferi-

Figura 2.7

Carretilla manual.

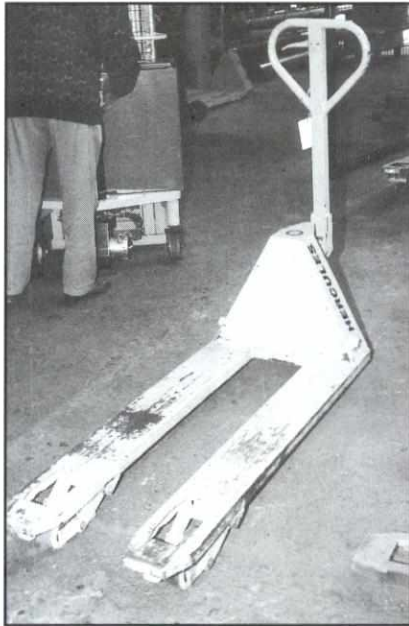


Figura 2.8

Montacargas para capacidades grandes.



blemente eléctrico para evitar la generación de etileno por la combustión de gasolina (véase 3.1.1).

Dispositivos  
C.F  
2.7

Finalmente, los montacargas eléctricos (*Figura 2.8*) con mayor capacidad, con ruedas neumáticas que les permite desplazarse sobre terrenos irregulares; la fuerza que ejerce la carga en su zona delantera es contrapesada con la propia carretilla, más un lastre dispuesto en el eje trasero. El mástil elevador, constituido por un tramo sencillo o dos y tres tramos telescópicos, permite alturas hasta de 2 metros (mástil sencillo) y 9 metros (mástil triple).

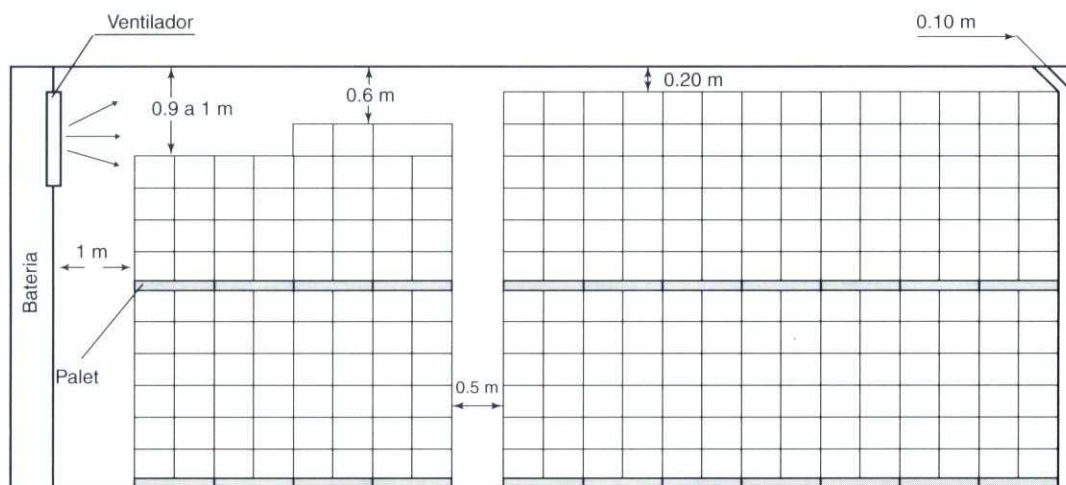
Dispositivos  
C.F  
2.8

Se acostumbra a construir el cuarto frío en una sola planta, por motivo de ahorro de inversión y para hacer más fácil la manipulación y la explotación. La altura interior depende del modo de manipulación de la carga. Si el apilado se hace manualmente, la altura máxima de las estibas no debe sobrepasar los 3 metros, lo que da una altura total del cuarto entre 3 y 4 metros, considerando que la carga no debe llegar al nivel inferior de los evaporadores. La altura de los arrumes o estibas también está limitada para permitir una buena circulación de aire. Debe preverse el uso de preenfriamiento con aire forzado, para que el espacio superior facilite el movimiento del aire dentro del producto (*Figura 2.9*).

En los cuartos que utilicen montacargas (carretillas elevadoras) la altura interior puede alcanzar los 8 metros si se superponen 4 estibas de 1.70 a 1.80 m de alto, y del orden de 10 metros, si se trata de 5 estibas.

Se puede maximizar la utilización aprovechando el espacio vertical con el uso de estructuras metálicas (racks) fijas o móviles. En cuartos fríos que se desee una alta densidad de almacenamiento y además, un perfecto control de la rotación de mercancías se utiliza el sistema de paletización dinámica que consiste en una estructura formada por soportes verticales unidos mediante largueros que soportan caminos de rodillos con una inclinación suficiente (*Figura 2.10*).

**Figura 2.9**  
Altura de la carga.



SECCION LONGITUDINAL

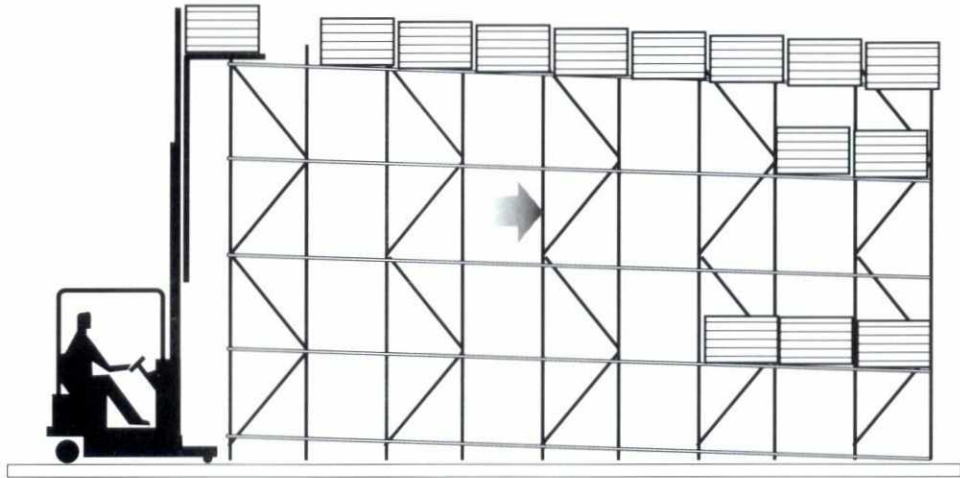
Los espacios por disponer dentro del cuarto frío deberán planearse buscando las máximas facilidades durante la operación en el cuarto. Esto para buscar una homogeneidad del trabajo dentro del almacén y evitar zonas de mayor y menor movimiento.

Para ello debe considerarse:

- EL ESPACIO EMPLEADO. Utilizando al máximo el volumen de almacenamiento disponible
- EL TRÁFICO INTERIOR, que depende de las distancias por recorrer y de las frecuencias con que se producirán los movimientos

Figura 2.10

Sistema de paletización dinámica.



- EL NÚMERO DE MOVIMIENTOS, atendiendo al mejor aprovechamiento de los medios disponibles y a la utilización de cargas completas.
- LOS RIESGOS. Debe considerarse que unas buenas condiciones ambientales y de seguridad incrementarán notablemente la productividad del personal.

Si se utilizan estibas con cargas paletizadas, sus dimensiones deben ser consideradas al establecer las dimensiones del cuarto y aprovechar al máximo el espacio. Las puertas y pasillos deben ser de un ancho mínimo de 1% veces el ancho de las estibas. Para cuartos pequeños y medianos, se considera suficiente un área de piso libre del 25%.

Finalmente, es útil considerar desde un comienzo las futuras expansiones que tendrá el sistema de almacenamiento refrigerado; esto reduce considerablemente los costos de ampliación, más cuando se trata de cuartos construidos en paneles modulares.

### 2.3 ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OBRA FÍSICA

El diseño del cuarto, además de las consideraciones administrativas, organizativas y de operación, incluye los aspectos técnicos que garanticen el aislamiento del cuarto frío. Estos aspectos involucran tanto los materiales que se utilizarán para el aislamiento y evitar la entrada de calor como el cálculo de la cantidad de calor que es necesario retirar (carga de calor), lo que determina el tamaño y la capacidad de los equipos de refrigeración.

### 2.3.1 Materiales y aislamiento

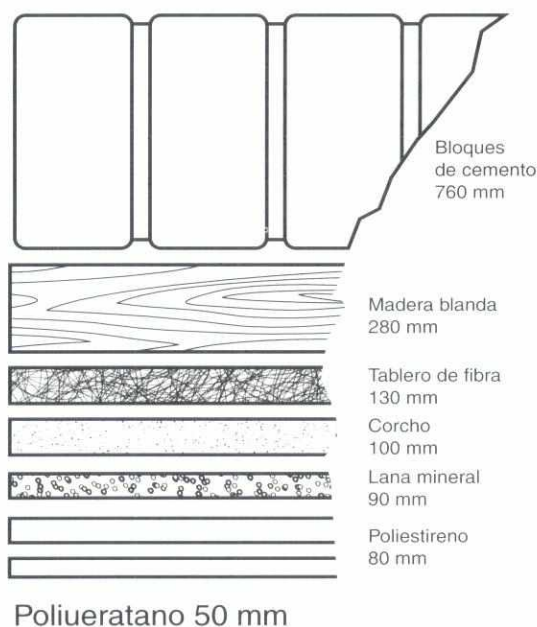
Los materiales de aislamiento deben escogerse con suficiente cuidado. Algunos materiales baratos, que reducen los costos de construcción, no suministran el adecuado aislamiento incrementando los costos de operación por mayor consumo de energía. En la Figura 2.11 se da un ejemplo del aislamiento relativo de los materiales de construcción de las paredes.

#### Requisitos de un buen aislante

- Baja conductividad térmica.
- Durabilidad.
- Facilidad de aplicación.
- Bajo costo.
- Resistencia a la humedad.

Figura 2.11

Aislamiento relativo de diferentes materiales.



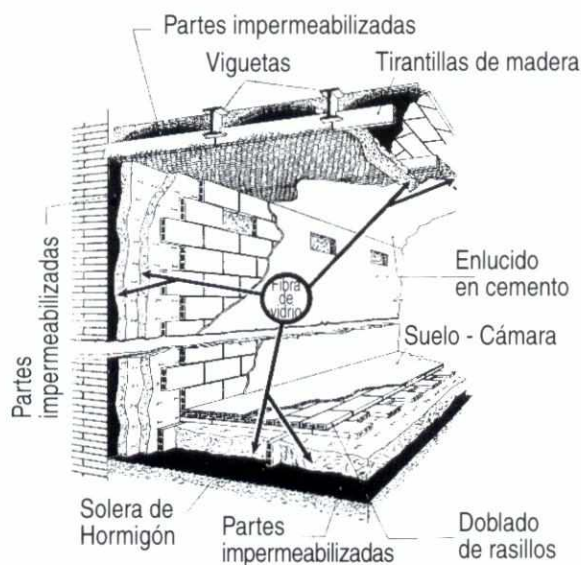
El mejor aislante es el vacío perfecto, le sigue el aire, pero por efecto de la convección creada por el calor absorbido se reduce su eficiencia; para evitar este problema se utilizan materiales que crean bolsas microscópicas de aire, como son el poliuretano y el poliestireno. Otros aislantes adecuados son la fibra de vidrio y el corcho, así como algunas maderas livianas y aserrín. Debe tenerse en cuenta que la humedad reduce la capacidad de aislamiento; para evitarlo se acostumbra poner tiras de polietileno entre el aislante y las paredes. Sobre el tema de materiales aislantes se amplía en el inciso 2.3.2.

Si se utiliza poliuretano como aislante y para reducir el tamaño de los equipos podemos estimar el espesor más adecuado, mediante la siguiente aproximación:

$$\text{Espesor (mm)} = \frac{\text{Diferencia de temperaturas } ({}^{\circ}\text{C}_{\text{exterior}} - {}^{\circ}\text{C}_{\text{interior}})}{2}$$

Figura 2.12

Corte de un cuarto frío con fibra de vidrio como aislante.



Los materiales de construcción de las **paredes** pueden variar, según se trate de un cuarto fijo, que es construido en el lugar o de un cuarto modular, que es ensamblado con paneles prefabricados.

Para los **cuartos fijos**, construidos en el sitio, la construcción es de ladrillo o concreto, con láminas de asbesto cemento o láminas metálicas, sostenidas por una ligera base de hormigón y con el aislante que puede ser fibra de vidrio, corcho o poliuretano.

En estos cuartos, el ladrillo o concreto es el que recibe las cargas estructurales y los demás materiales son para aislamiento y para facilitar la higiene del espacio refrigerado. En la Figura 2.12 se muestran en corte los materiales utilizados para un cuarto construido con fibra de vidrio como aislante.

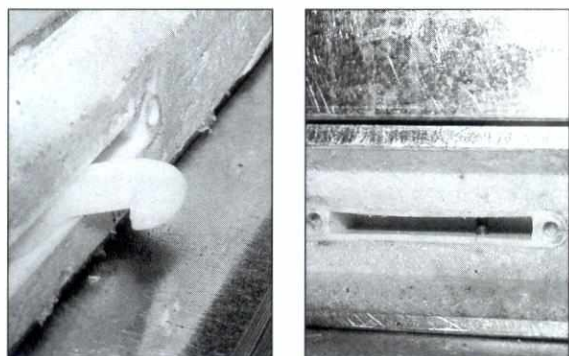


Figura 2.13

Sistema de levas para unión de paneles.

Es conveniente proteger los materiales de aislamiento contra la humedad, pues ésta los deteriora rápidamente y reduce la efectividad del aislante. Entre el ambiente exterior y antes del material de aislamiento debe existir una barrera (polietileno) que impida el flujo de agua a través de las paredes y que pueda humedecer este material aislante (barrera de vapor).

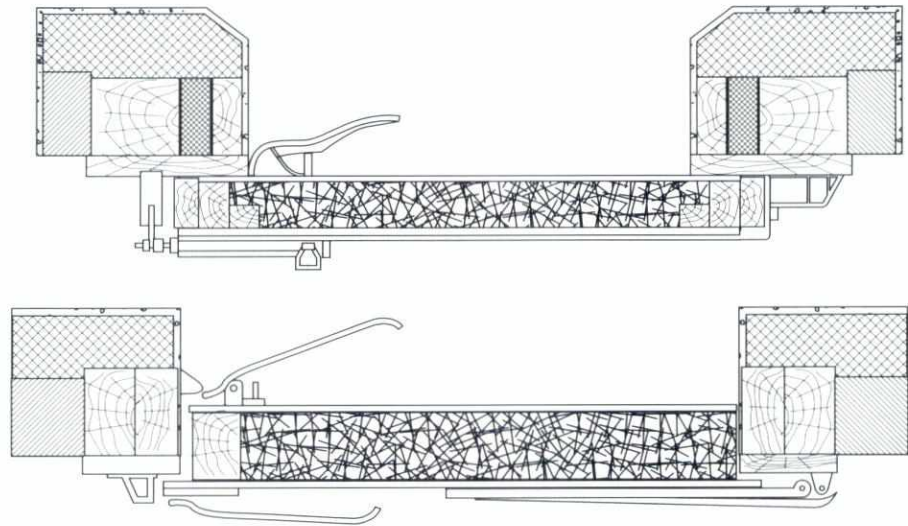
Para los cuartos modulares se utilizan paneles que constan de dos láminas galvanizadas con un espacio entre ellas en el que se inyecta poliuretano. Los paneles se unen mediante tornillos o con un sistema de levas (*Figura 2.13*).

En este tipo de cuartos, la construcción de las bases no tiene grandes exigencias de resistencia pues sólo soportará las paredes y el techo, ambos con un aislamiento que por lo común es de poco peso.

Las **puertas** deben construirse del ancho suficiente para que permita el movimiento de las cargas; el ancho debe ser por lo menos 1° veces el ancho de las estibas y garantizar el suficiente aislamiento del calor exterior.

Figura 2.14

Corte de dos tipos de puerta:  
sobrepuesta y solapada.



Puede ser sobrepuesta o solapada (*Figura 2.14*). Para cuartos que alcancen temperaturas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$ , el hielo tiende a formarse en la superficie de contacto con la pared, bloqueando la puerta; en este caso se utilizan las puertas sobrepuestas con un aditamento dotado de resistencias eléctricas que evita la formación de hielo entre la puerta y la pared. También puede ser corrediza, para cuartos que por razones de servicio deben mantener la puerta abierta por largos períodos; las operaciones de cargue y descargue con vehículo, pueden facilitarse con puertas de sistema de autocierre que pueden abrirse al empujarlas con la carretilla o montacargas.

Se recomienda poner en la parte interior cortinas de aire o tiras de Vinil o Thermofilm que reducen el volumen de aire caliente que se introduce al cuarto cada vez que la puerta se abre (este tema se trata en el Módulo 4). Igualmente, las puertas deben disponerse con una orientación que facilite el flujo de productos y que no genere problemas de circulación de aire, así como proveerse de un sistema que permita abrirlos desde dentro.

Los **pisos** deben ser resistentes que soporten las cargas que se almacenarán en ambientes húmedos y que permitan el tránsito de carretas o de los equipos de transporte. En lo posible que sean lisos, sin concavidades que puedan obstaculizar el movimiento de los vehículos o que puedan acumular residuos de agua donde se desarrollan microorganismos y construidos con materiales fáciles de limpiar.

Deben tener una suficiente pendiente que garantice un buen drenaje fuera del cuarto, hacia las puertas, y mantener dispositivos que permitan

Figura 2.15

Topes para impedir carga contra las paredes.

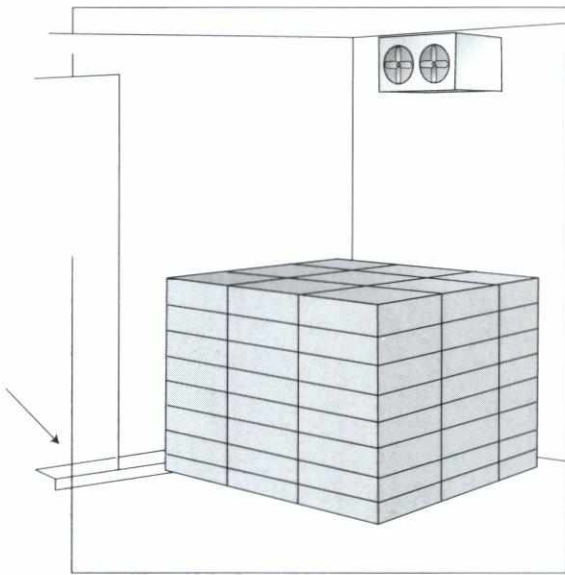
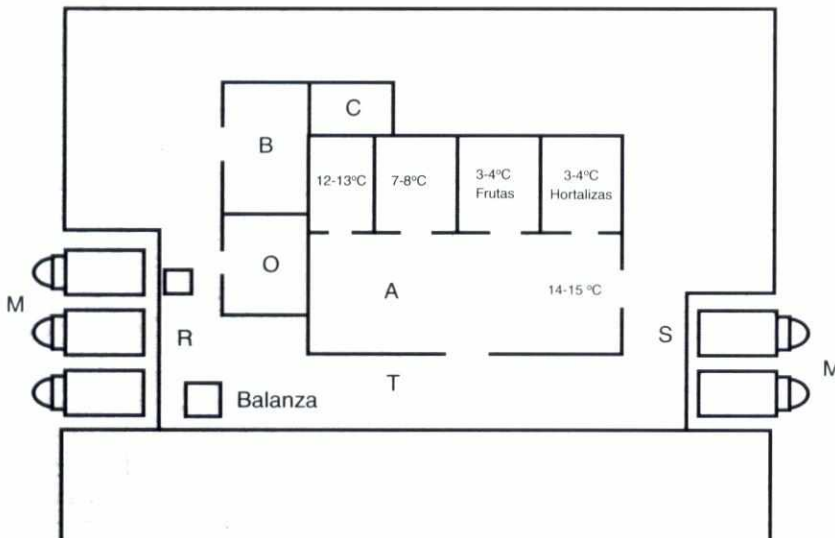


Figura 2.16

Modelo de planta de un cuarto frío.



**Convenciones:**

- |   |  |   |                     |
|---|--|---|---------------------|
| M | Área de maniobras.                         | A | Antecámara.         |
| R | Recepción y pesaje de los productos.       | O | Oficinas.           |
| S | Salida de productos.                       | B | Bodega              |
| T | Área de reserva o de producto en tránsito. | C | Cuarto de máquinas. |

recoger rápidamente el agua producto de la condensación y de las operaciones de limpieza. No se deben instalar sifones, ni desagües, pues pueden originar olores desagradables dentro del cuarto frío.

Al aislamiento de los pisos por lo general no se da la misma importancia que al de las paredes, considerándose equivocadamente que son menos exigentes en aislamiento. Este ahorro inicial puede convertirse en mayores costos de refrigeración por un pobre aislamiento, en especial si el nivel freático del suelo se encuentra muy cercano (a menos de 3 metros).

Pisos y paredes del interior del cuarto deben ser terminados en un material fácil de limpiar, para evitar la acumulación de microorganismos en las paredes. Se pueden poner topes contra la pared y el piso que impidan que las cargas descansen contra las paredes; esto garantiza una mejor recirculación del aire interno. (Figura 2.15).

Es conveniente elaborar un plano donde se observe cómo se distribuirán las diferentes áreas. Esto permitiría tener una idea de cómo sería la operación y qué inconvenientes podrían presentarse; de esta manera se podría hacer modificaciones desde el comienzo, sin esperar a que termine la construcción. En la Figura 2.16 se encuentra un modelo de planta de un cuarto frío.

### 2.3.2 Cálculo de la carga de calor

La temperatura óptima de almacenamiento debe ser mantenida continuamente para garantizar la conservación de los productos por el tiempo que se espera. Para estar seguro de que el cuarto frío mantendrá esta temperatura, se requiere calcular la correspondiente capacidad de refrigeración a las condiciones de carga más exigentes que trabajará el cuarto.

Ello nos dará la información suficiente para escoger el tamaño adecuado de cada uno de los equipos; estas condiciones incluyen la máxima temperatura exterior, la máxima cantidad de producto que se refrigerará y almacenará diariamente y la mínima temperatura a la cual se mantendrá el interior de la cámara. La cantidad total de calor que el sistema de refrigeración debe remover es llamada la **CARGA DE CALOR**, la cual se calcula para períodos de 24 horas.

La carga de calor, que se expresa en **toneladas de refrigeración**, tiene diferentes fuentes, que son:

- Calor por conducción.
- Calor por convección.
- Calor por el producto.
- Cargas complementarias.

*Calor de conducción.* Es el calor que atraviesa las paredes aisladas, el techo y el piso, siguiendo el principio de que el calor fluye de los objetos calientes a los fríos. La cantidad de calor de conducción depende de tres factores:

- La superficie total exterior del cuarto frío,
- El aislamiento empleado, y
- La diferencia entre la temperatura del ambiente exterior donde se halla instalado el cuarto frío y la del interior de éste.

Para reducir este calor, el cuarto frío se debe construir en un lugar fresco, protegido de los rayos del sol y con materiales que ofrezcan alta resistencia al flujo de calor.

Con respecto a esto último todos los materiales, aún los buenos conductores como los metales, ofrecen alguna resistencia al flujo de calor. Esto se

tendrá en cuenta en el momento de seleccionar el material aislante, de manera que sea económico y apropiado para el trabajo. Materiales baratos con el espesor adecuado pueden ofrecer el mismo aislamiento que otros más costosos como los poliuretanos.

Una medida de la capacidad de aislamiento la da la resistencia térmica o **número R**; a mayor valor de R, mayor resistencia al flujo de calor y mejor aislamiento para un mismo espesor. El valor de R se expresa en  $\text{h m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{kcal}$  y puede darse por cm de espesor o por el espesor total del material según el caso; en el cuadro 2.4 se enumera el valor R de algunos materiales usados en construcción de cuartos fríos.

La resistencia total a través de una pared aislada se obtiene con la suma del valor R de cada uno de los materiales que la componen más la que presenta el aire inmediatamente cercano a la pared (que es función de la velocidad con que fluye).

El calor de conducción a través de cada una las paredes de un cuarto frío se puede determinar mediante la siguiente relación:

$$Q_1 = \frac{24 A T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}}{R}$$

Donde:

- $Q_1$  = Carga de calor por conducción, en kcal/día.
- $A$  = Superficie total de la pared (techo o piso), en  $\text{m}^2$ .
- $T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}$  = Diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la pared, en  $^\circ\text{C}$ .
- $R$  = Resistencia térmica de los materiales de la pared, en  $\text{h m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{kcal}$ .

**Calor de convección:** La apertura de las puertas permite que el aire cálido del exterior entre al cuarto frío a desplazar el aire refrigerado, más denso. Esto ocasiona un incremento de temperatura en el aire del interior y es necesario retirar calor de este aire para reducir su temperatura.

La cantidad de calor de convección depende básicamente de los siguientes factores:

- La diferencia de temperatura entre el aire exterior y el interior.
- El número de veces que se abra la puerta al día, y
- El volumen del cuarto frío.

Para reducir este calor, conviene programar la apertura y cierre de puertas, organizando las operaciones de ingreso y salida de productos, y poniendo cortinas plásticas como tiras de Thermofilm (como se muestra en 4.2.5) en el vano de la puerta para reducir el volumen de aire que ingresa cuando ésta se abre.

La renovación del aire (que se explica en 4.2.6) que se hace para disminuir la concentración de etileno y gas carbónico incrementa el calor de convección y es conveniente prever la frecuencia con que se realizará esta operación al momento de realizar el cálculo de la carga de calor.

También, puede ingresar aire cálido aunque en menor medida, por desalineación o sellado deficientes de las puertas.

El calor de convección se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Q_2 = \frac{V N (h_e - h_i)}{0.843}$$

Donde:

$Q_2$ = Carga de calor por convección, en kcal/día.

$V$ = Volumen del cuarto frío, en  $m^3$ .

$N$ = Número de cambios de aire por día (Cuadro 2.5)

$h_e, h_i$ = Entalpía del aire exterior e interior, en kcal/kg de aire seco (Anexo 6.1).

0.843= Promedio del volumen específico del aire exterior, en  $m^3/kg$ .

**Calor del producto:** Está constituido por el calor que debe retirarse de las frutas, hortalizas y empaques que se almacenarán dentro del cuarto frío. Este calor podemos dividirlo en dos: el calor que hay que retirar para reducir la temperatura de los productos a la de almacenamiento (conocido como calor de campo) y el calor que se produce por efecto de la respiración. La cantidad de calor generado por el producto depende entonces, de los siguientes factores:

Cuadro 2.4 Resistencia térmica (R) para algunos materiales

MATERIAL	Resistencia térmica (R)	
	$h \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/kcal}$	$h \text{ pie}^2 \text{ }^\circ\text{F/Btu}$
<b>Aislamiento</b>		
Fibra de vidrio	0.323/cm	4.00/plg
Vidrio celular (Foamglass)	0.231/cm	2.86/plg
Styrofoam extruido	0.424/cm	5.26/plg
Poliuretano expandido	0.504/cm	6.25/plg
Poliestireno expandido	0.403/cm	5.00/plg
Placa de corcho	0.269/cm	3.33/plg
<b>Relleno</b>		
Papel prensado	0.298/cm	3.70/plg
Aserrín o virutas	0.179/cm	2.22/plg
Lana mineral (roca, vidrio)	0.298/cm	3.70/plg
<b>Mampostería</b>		
Ladrillo común	0.009/cm	0.11/plg
Concreto sólido	0.006/cm	0.08/plg
Bloque de concreto, 8 plg	0.227	1.11
Bloque de concreto, 12 plg	0.262	1.28
Yeso de estucar, ° plg	0.066	0.32
Lámina de metal	< 0.002	< 0.01
Vidrio (una hoja)	0.008	0.1
<b>Maderas</b>		
Arce, roble, maderas duras	0.186	0.91
Abeto, pino, maderas suaves	0.256	1.25
Madera contrachapada	0.101/cm	1.25/plg
<b>Conductancia de superficie</b>		
Aire tranquilo	0.125	0.61
Aire en movimiento (12 kph)	0.051	0.25
Aire en movimiento (24 kph)	0.035	0.17

Adaptado de: Bartsch(1990), North Caroline (1989) y Dossat (1995).

Cuadro 2.5 Número de cambios de aire por día.

Volumen del cuarto frío m <sup>3</sup>	Número de cambios de aire por día	Volumen del cuarto frío m <sup>3</sup>	Número de cambios de aire por día
25	16.1	500	3.2
50	11.4	700	2.6
75	9.0	1000	2.1
100	7.7	1500	1.7
150	6.2	3000	1.2
200	5.4	5000	1.1
300	4.3	10000	1.0

Adaptado de: Bartsch (1990).

- Tipo y cantidad de producto por refrigerar diariamente.
- Diferencia entre la temperatura inicial del producto y la de almacenamiento.
- Cantidad de producto a almacenar.
- Calor específico del producto.
- Nivel de respiración de los productos que ingresan y de los almacenados.

Cuando se trata de cargar el cuarto frío en etapas, el nivel máximo de calor por producto se presenta en la última etapa, cuando ingresa el último grupo y el cuarto se encuentra a plena capacidad. Una forma de reducir el calor de los productos es realizando preenfriamiento (que se explica en 3.4.1). Esto puede llevar a ahorros hasta de un 50% de la carga de calor.

El *calor de campo* que se retira de un producto para producirle una disminución a su temperatura, está dada por la siguiente relación:

$$Q_3 = m C_{p_{rod}} (T_{inicial} - T_{final})$$

Donde:

- $Q_3$  = Carga de calor retirado del producto, en Calorías
- $m$  = Masa del producto, en gramos
- $C_{p_{rod}}$  = Calor específico del producto, en Cal/g °C (Anexo 6.2)
- $T_{inicial}$  = Temperatura inicial del producto, en °C
- $T_{final}$  = Temperatura final del producto, en °C

El *calor de respiración* que presentan los productos que se están enfriando y los que se encuentran almacenados se puede determinar a través de la siguiente fórmula:

$$Q_4 = m Q_R$$

Donde:

$Q_4$  = Carga de respiración del producto, en kcal/día.

$m$  = Cantidad de producto, en ton.

$Q_R$  = Calor de respiración del producto, en kcal/ton/día.

*Cargas de servicio.* Corresponden al calor producido por las personas, las luces y los equipos que se encuentran dentro del cuarto frío (motor de los ventiladores). Por lo general estas cargas son pequeñas en comparación con las enunciadas anteriormente, y se acostumbra estimarlas como un 10% de la suma de las cargas de conducción, convección y del producto.

Las cargas de servicio se pueden estimar mediante la siguiente fórmula:

$$Q_5 = (kw \times 864.36)Tl + (hp \times 641.34)Tm$$

Donde:

$Q_5$  = Calor por cargas de servicio, en kcal/día.

$kw$  = Energía calórica producida por las luces, en kilowatts.

$Tl$  = Tiempo de operación de las luces, en horas/día.

$hp$  = Potencia de los motores, en caballos de fuerza.

$Tm$  = Tiempo de operación de los motores, en horas/día.

La carga de calor total será entonces, la suma de las cargas parciales así:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \text{ (en kcal/día)}$$

Anexo  
6.4

valor que dividido por 72576, da como resultado las toneladas de refrigeración que se requieren retirar del cuarto frío.

Se acostumbra multiplicar por un factor de seguridad, que puede estar entre un 10% (para cámaras grandes) y un 20% (para cuartos fríos pequeños) de la carga total de calor, dependiendo de la confiabilidad de la información utilizada para realizar los cálculos.

La carga de calor permite determinar las condiciones de temperatura y presión a la que se encontrará el refrigerante en cada uno de los equipos del sistema de refrigeración; esta es una parte de la información requerida para que los ingenieros procedan a la selección de los equipos.

La potencia frigorífica del compresor se determina mediante la siguiente fórmula:

$$N_R = \frac{Q_T}{T}$$

Donde:

- $N_R$  = Potencia frigorífica del compresor, en kcal/hora.
- $Q_T$  = Carga de calor total, en kcal/día.
- $T$  = Tiempo de trabajo del compresor, en horas.

Con esta información se busca en el catálogo del fabricante, para el refrigerante que se haya escogido y con la temperatura de conservación seleccionada. Se buscará una referencia de compresor que presente la  $N_R$  calculada o que esté por encima de ella.

De la misma manera, para el evaporador, se busca en el catálogo del fabricante un evaporador que tenga una capacidad por encima de la calculada.

Para la válvula de expansión se requiere una que esté cercana al valor establecido, bien sea por encima o por debajo.

Un ejemplo de cálculo de la cargas de calor se presenta en el Anexo técnico 6.4.

En el Cuadro 2.6 se presenta una guía para estimar el tamaño aproximado del compresor. Referimos a la bibliografía a los interesados en ampliar sobre este tema.

**Cuadro 2.6 Capacidad del compresor recomendada para cuartos fríos pequeños<sup>1</sup>.**

Dimensiones (m)			Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Tamaño del compresor <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> )
Ancho	largo	alto			
1.83	1.83	2.74	9.18	706	0.50
1.83	3.66	2.74	18.35	1134	0.75
2.44	2.44	2.74	16.31	1033	0.75
2.44	3.66	2.74	24.47	1386	0.75
2.44	4.88	2.74	32.63	1789	1.00
3.05	3.05	2.74	25.49	1411	0.75
3.05	4.57	2.74	38.19	1991	1.50
3.66	3.66	2.74	36.70	1940	1.00
3.66	6.10	2.74	61.17	2470	1.50
6.10	6.10	2.74	101.96	3982	3.00

<sup>1</sup>Basados en cuartos fríos prefabricados, con aislamiento total de 30 h pie<sup>2</sup> °F/Btu  
Temperatura interior de 2 °C y temperatura exterior de 32 °C  
<sup>2</sup>Fracciones de potencia son las más cercanas adecuadas a la carga de refrigeración, con un factor de servicio de 1.5.

Adaptado de Bartsch, 1990.

En el Cuadro 2.7 se puede observar un modelo de la información requerida por un constructor de cuartos fríos para determinar la capacidad tanto del cuarto como de las máquinas que se requieren.

### *Aborro de energía*

Durante el diseño del cuarto frío es conveniente considerar medidas que tiendan a ahorrar energía. Estas pueden hacerse:

- Aumentando el espesor de aislamiento (esto incrementa los costos iniciales).
- Protegiendo las paredes de los rayos del sol.
- Utilizando barreras de vapor.
- Adoptando un diseño geométrico que tienda hacia una figura cúbica.
- Poniendo antecámaras que eviten cambios bruscos de temperatura entre el interior y el exterior.

**Cuadro 2.7 Información básica para determinar el tamaño de un cuarto frío de manera preliminar**

REQUERIDA POR EL FABRICANTE	INFORMACIÓN PARA ENTREGAR AL CLIENTE
Tipo de cuarto: modular o fijo.	Medidas exteriores: Frente, Fondo, Alto
Productos por almacenar.	Medidas interiores: Frente, Fondo, Alto
Temperatura inicial (entrada de productos).	Capacidad del cuarto
Temperatura final (salida de productos).	Temperatura promedio
Tiempo de enfriamiento.	Tamaño de la Unidad (hp)
Rotación diaria de los productos.	Difusor o evaporador (Btu/hora)
Empaque o colocación de los productos.	
Sitio/ubicación del cuarto.	
Cubierto/expuesto al sol.	

- Utilizando bombillos de luz-día para iluminar el interior del cuarto frío en lugar de incandescentes.

La mejora en los rendimientos energéticos del equipo de refrigeración se logra también, reduciendo la longitud de la tubería entre el evaporador o difusor y el condensador y eligiendo el tamaño adecuado de los evaporadores y condensadores para que la diferencia de temperatura entre el aire y el fluido refrigerante sea mínimo.

Como un resumen de las consideraciones requeridas para determinar las necesidades de refrigeración, se presenta una tabla de chequeo en el Cuadro 2.8.

## Cuadro 2.8 Consideraciones generales para el diseño de un cuarto frío

### **PRODUCTOS:**

Naturaleza, cantidad.  
Frecuencia de entradas, salidas (Volúmenes diarios).  
Calendario de cosechas.  
Temperatura de los productos a la entrada.  
Naturaleza y dimensiones de los empaques y embalajes.  
Perspectivas de evolución de la producción.

### **CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:**

Temperaturas prescritas y margen de variaciones.  
Duración del almacenamiento.  
Modo de manipulación de las cargas (carretillas manuales, transportadores mecánicos).  
Modo de arrumar/estibar (dimensiones de las unidades de carga, altura de los arrumes).  
Mezclas de productos.

### **ALMACÉN O LUGAR DONDE SE CONSTRUIRÁ:**

En un edificio ya existente o que será construido (costo de la tierra y de la construcción).  
Plano general y distribución en planta.  
Número y características de los cuartos de almacenamiento refrigerado.  
Medios de acceso (carreteras, transporte).  
Ampliaciones y evoluciones previsibles.  
Energía: en lo que hace a naturaleza, potencia, tarifas, calidad del suministro (fallas, racionamientos).  
Recurso agua: cantidad, calidad, tarifas, origen (fuentes) , temperatura.  
Comunicaciones: tipo de servicio (teléfono, fax, radioteléfono), líneas instaladas y disponibles, tarifas.  
Transporte: estado de la red vial, capacidad de vehículos, calidad del servicio, tarifas.

### **ENTORNO (CLIMA):**

Temperaturas exteriores máxima, mínima y media anual.  
Humedad relativa valores extremos.  
Lluvias (intensidad, duración, frecuencia).  
Vientos (orientación, magnitud, frecuencia, partículas de polvo, arena).

### **OTRAS CONSIDERACIONES:**

Disponibilidad de mano de obra.  
Calificación del personal técnico y de dirección.  
Personal de manipulación y mantenimiento en general (número, aptitudes).  
Política tributaria. Reglamentación de manejo de alimentos.

## PRÁCTICA 2.1 CRITERIOS DE DISEÑO PARA UN CUARTO FRÍO

**Introducción** El conocimiento y control de las diferentes variables que inciden en el diseño de un cuarto frío es importante para determinar el tamaño de la estructura que se construirá. Esto puede establecerse sobre la base de un cuarto existente y de cómo determinar en éste la capacidad de que dispone.

**Objetivos** Determinar la importancia de los diferentes aspectos en la decisión del tamaño y localización de un cuarto frío.

### **Materiales:**

Cuarto frío.  
Cinta métrica, 10 m.  
Flexómetro, 2 m.  
Balanza de 50 kg.  
Guía de trabajo.  
Hojas en blanco.  
Lápices.

**Orientaciones para el instructor** Explique los objetivos de la práctica y su importancia. Busque un cuarto frío que se encuentre cerca de la zona; divida el grupo en subgrupos y realice el siguiente procedimiento:

- Medición del volumen interno del cuarto. Las tres dimensiones: largo x ancho x alto.
- Medición del volumen útil (inmediatamente abajo de los evaporadores).
- Medición y peso de los empaques.
- Peso de un empaque con los productos almacenados. Determinación de la capacidad de un empaque.
- Establecimiento de la disposición de los empaques, dibujando en el piso del cuarto y considerando las recomendaciones para circulación del aire y para inspección.
- Determinación de la capacidad de almacenamiento del cuarto frío, en toneladas.
- Determinación de la circulación interna, con carretillas o vehículos más grandes, según el caso.

## PRÁCTICA 2.1 CRITERIOS DE DISEÑO PARA UN CUARTO FRÍO

### *Instrucciones para el participante*

**Objetivos** • Determinar la importancia de los diferentes aspectos en la decisión de tamaño y localización de un cuarto frío.

**Orientaciones** • Intégrese a un subgrupo y siga las instrucciones.  
• Determine las medidas que el instructor indique, anotando los datos en una hoja, de manera ordenada para que luego las pueda interpretar y analizar.  
• Con la información tomada, elabore un plano de la disposición en planta de los arrumes y establezca la capacidad que puede tener el cuarto.  
• Trabaje en orden y deje el lugar en las condiciones en que las encontró.

## MATRIZ DE IMPACTO

### Ejemplo

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS
Pérdidas del 20% en hortalizas de hoja, sufren los productores de la sabana de Bogotá mientras reúnen el volumen exigido por los supermercados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desconocimiento de las técnicas de conservación y almacenamiento de frutos y hortalizas.</li> <li>Falta de planificación de la producción y cosecha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buscar alternativas de conservación para disminuir las pérdidas.</li> <li>Buscar la conformación de asociaciones de productores.</li> <li>Estudiar la posibilidad del montaje de un cuarto frío.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de pérdidas en hortaliza de hoja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminuir las pérdidas al 10% en hortalizas de hoja, utilizando métodos de conservación en la próxima cosecha.</li> <li>Planificar la producción para la próxima cosecha</li> <li>Realizar un estudio técnico financiero para el establecimiento de un cuarto frío en 3 meses.</li> </ul>

Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

### Ejemplo

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	RESULTADOS ESPERADOS	LOGROS ALCANZADOS	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR OBJETIVOS
Pérdidas del 20% en hortalizas de hoja, sufren los productores de la sabana de Bogotá mientras reúnen el volumen exigido por los supermercados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminuir las pérdidas al 10% en hortalizas de hoja, utilizando métodos de conservación en la próxima cosecha.</li> <li>Planificar la producción para la próxima cosecha</li> <li>Realizar un estudio técnico financiero para el establecimiento de un cuarto frío en 3 meses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se redujeron al 10% las pérdidas en las hortalizas de hoja, utilizando otros métodos de conservación.</li> <li>Se planificó la producción y se realizaron siembras escalonadas en los cultivos de hortalizas de hojas.</li> <li>Desde el punto de vista técnico-financiero es viable el montaje de un cuarto frío, para la conservación de hortalizas de hoja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguir planificando la producción de las hortalizas de hoja, para evitar pérdidas.</li> <li>Buscar posibles socios y financiación para el montaje de un cuarto frío.</li> </ul>

Nota: La columna de resultados logrados se va llenando a medida que se reportan dichos resultados.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## MATRIZ DE IMPACTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	RESULTADOS ESPERADOS	LOGROS ALCANZADOS	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR OBJETIVOS

Nota: La columna de resultados logrados se va llenando a medida que se reportan dichos resultados.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## RESUMEN

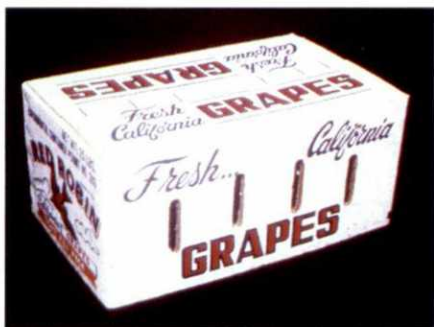
### MÓDULO 2

El proyecto de construcción de un cuarto frío tiene que ver con una gran cantidad de factores: los usuarios y sus necesidades o problemas que desean resolver con el uso del frío; el mercado y la forma como con la refrigeración se podrá mejorar la incidencia en él; el tamaño, relacionado con el volumen y la frecuencia con que se utilizará el cuarto.

Además de esto, es importante tener presente durante la planeación del cuarto el tipo de producto y frecuencia con la que se almacenarán, las condiciones de almacenamiento exigidas por estos productos, los servicios que son necesarios prever y los aspectos climáticos del lugar donde se piensa instalar el cuarto frío.

Se tendrán en cuenta también, los aspectos relacionados de manera directa con el diseño del cuarto frío: las dimensiones que debe tener, basado en el tamaño establecido, la forma como se arrumarán los productos y el tipo de vehículos que se utilizarán para movilizar los productos estibados. Los materiales de construcción, en particular, el aislamiento recomendado y las recomendaciones para hacer en la construcción en general.

Finalmente, se hará enumeración de los aspectos por tener en cuenta en el cálculo de la carga de calor que debe ser retirada del cuarto frío por los equipos de refrigeración.



**Diap. C.F. 2.1**

La ventilación del empaque facilita el enfriamiento del producto



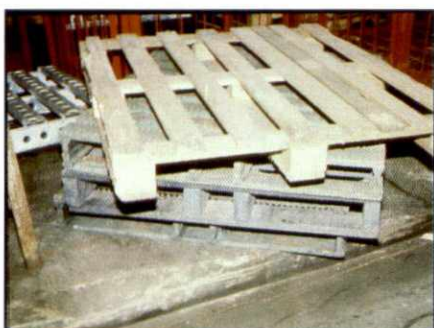
**Diap. C.F. 2.2**

Empaques estandarizados para producto de exportación



**Diap. C.F. 2.3**

La altura de estibado depende de la resistencia de los empaques



**Diap. C.F. 2.4**

Las estibas deben permanecer limpias y en buen estado



**Diap. C.F. 2.5**

Unidad de carga



**Diap. C.F. 2.6**

Carretilla sencilla para movilizar cargas menores de 400 kg



**Diap. C.F. 2.7**

Carretilla eléctrica para cargas pesadas

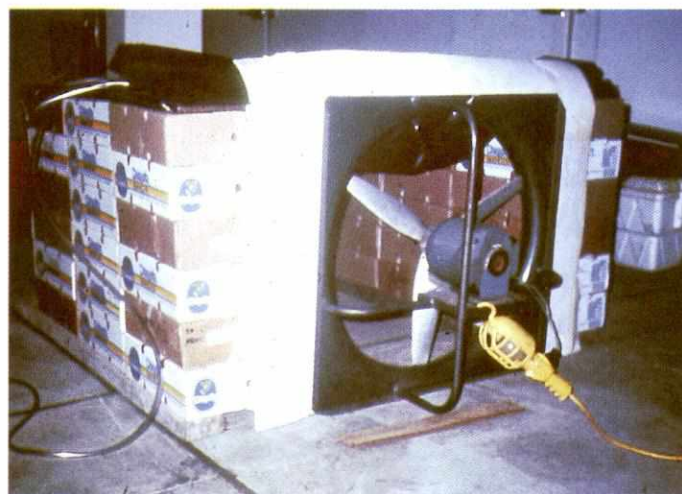


**Diap. C.F. 2.8**

Los arrumes deben permitir la circulación adecuada de aire



### MÓDULO 3 CONSIDERACIONES DEL PRODUCTO EN EL ALMACENAMIENTO





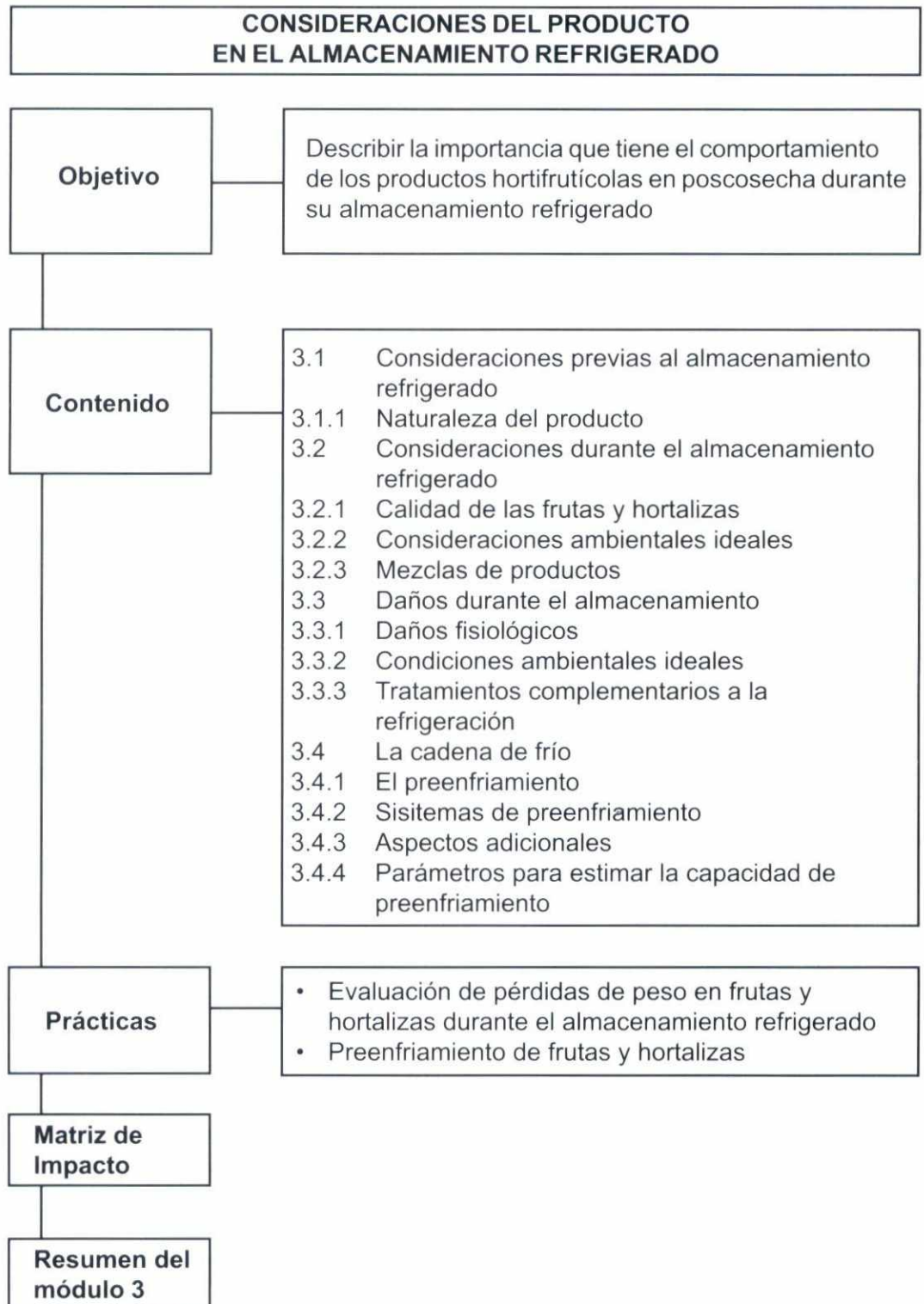
## MÓDULO 3

### CONSIDERACIONES DEL PRODUCTO EN EL ALMACENAMIENTO

---

Flujograma para el estudio del módulo	3-4
Objetivos	3-5
Introducción	3-5
3.1 Consideraciones previas al almacenamiento refrigerado	3-6
3.1.1 Naturaleza del producto	3-6
3.2 Consideraciones durante el almacenamiento refrigerado	3-17
3.2.1 Calidad de las frutas y hortalizas	3-18
3.2.2 Condiciones ambientales ideales	3-19
3.2.3 Mezclas de productos	3-20
3.3 Daños durante el almacenamiento refrigerado	3-21
3.3.1 Daños fisiológicos	3-22
3.3.2 Daños por microorganismos	3-25
3.3.3 Tratamientos complementarios a la refrigeración	3-29
3.4 La cadena del frío	3-33
3.4.1 El preenfriamiento	3-35
3.4.2 Sistemas de preenfriamiento	3-36
3.4.3 Aspectos adicionales	3-43
3.4.4 Parámetros para estimular la capacidad de preenfriamiento	3-46
Práctica 3.1 Evaluación de pérdida de peso en frutas y hortalizas durante el almacenamiento refrigerado	3-47
Práctica 3.2 Preenfriamiento de frutas y hortalizas	3-53
Matriz de Impacto	3-57
Resumen módulo 3	3-61
Diapositivas módulo 3	3-62

### FLUJOGRAMA PARA EL ESTUDIO DEL MÓDULO 3



## OBJETIVOS

- General** Describir la importancia que tiene el comportamiento de los productos hortifrutícolas en poscosecha durante su almacenamiento refrigerado.
- Específicos**
- Identificar los principales factores que inciden en el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas.
  - Reconocer los diferentes daños poscosecha que ocurren en el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas, y cómo controlarlos.
  - Identificar técnicas que ayuden a la conservación de la calidad de los productos refrigerados.

## INTRODUCCIÓN

Es bien conocido que la gran mayoría de las pérdidas que ocurren en frutas y hortalizas son causados por la inexistencia de unas condiciones adecuadas durante los procesos de poscosecha y comercialización. Para reducir estas pérdidas, se recomiendan diferentes tratamientos y técnicas, dentro de los cuales el que mayor beneficio ofrece en cuanto a conservación de la calidad, es la refrigeración.

El uso de cuartos refrigerados exige conocer el comportamiento de los productos que allí se almacenan. Cuáles son la temperatura y la humedad ambiente ideales, cómo reaccionarán ante las bajas temperaturas, cómo serán afectados por otros productos cercanos y de qué forma influyen tanto en la naturaleza (especie y variedad) como en las condiciones de calidad en que se recibe el producto. La utilización del frío es costosa, y no resulta rentable almacenar frutas que por sus inadecuadas condiciones favorecerán el desarrollo de hongos y la descomposición de frutas vecinas; o mezclar productos que se contaminen en su sabor o aroma; y menos aún, almacenarlas a una temperatura que ocasione daños irreversibles en su estructura interna.

Adicional a la refrigeración y para prevenir algunos de estos problemas se pueden utilizar técnicas adecuadas que ayuden a prolongar la vida poscosecha de frutas y hortalizas. Es el caso del encerado y de tratamientos adicionales,

bien sea, de tipo térmico o químico. La temperatura también debe mantenerse estable durante todo el período de comercialización; este es el concepto de cadena frío tratado al final del módulo.

### 3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS AL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

Cada fruta u hortaliza tiene un comportamiento particular durante la poscosecha, y por tanto, es distinto el manejo que deben recibir. Algunas tienen una vida útil prolongada mientras que otras se deterioran en unas pocas horas. Si conocemos los factores que determinan este comportamiento y cómo ellos son afectados por las condiciones ambientales, podremos almacenar estas frutas en las condiciones adecuadas.

Igual de importante es identificar los requisitos que deben exigirse a los productos antes de introducirlos al cuarto refrigerado, estado de sanidad, grado de madurez y las recomendaciones en cuanto a cuidados en la manipulación durante la cosecha y a la importancia de bajar rápidamente la temperatura hasta la de almacenamiento.

No sobra recordar que los vegetales en poscosecha no pueden mejorar sus características que dan la calidad, solamente conservarlas; y esta conservación será mejor en la medida en que sea mayor la calidad inicial del producto.

**3.1.1 Naturaleza del producto** Los productos cosechados están formados por tejidos vegetales que continúan viviendo durante el almacenamiento; como tal, ellos:

- **Transpiran**, perdiendo agua y por tanto deteriorando su apariencia.
- **Respiran**, generando calor y concentrando dióxido de carbono.
- **Envejecen**, y en el caso de algunas frutas, acelerando el proceso de deterioro de los productos vecinos.

Procesos que involucran un intercambio permanente de gases y calor entre el producto y el medio ambiente que los rodea (*Figura 3.1*).

Estos procesos aunque algunas veces son deseados y provocados, la mayoría de las veces no favorecen al producto. Son procesos fisiológicos que no pueden pararse totalmente, porque ocasionarían la muerte del produc-

Figura 3.1

Intercambio de gases y calor entre el producto y el medio.



to, pero pueden retardarse a través de diferentes técnicas, dentro de las cuales la refrigeración es la más importante.

### *Transpiración*

La transpiración o pérdida de agua es una de las causas más importantes del deterioro de frutas y hortalizas durante su almacenamiento.

La cantidad de agua perdida por los vegetales difiere según la edad del tejido, los golpes y magulladuras, el tipo de corteza exterior y la relación área volumen: los tejidos jóvenes (habichuela, arveja verde), las hortalizas de hoja (lechugas, apio) por lo regular pierden agua con gran facilidad; en menor proporción, la pérdida de agua se da en las frutas, especialmente si son de corteza gruesa (melones, calabazas).

La transpiración es muy importante, sobre todo, si consideramos que la mayoría de las frutas y hortalizas están constituidas en más del 85% de agua; esto indica que lo que se almacena y vende es básicamente agua y su pérdida está en relación directa con la pérdida de peso y por ende del valor comercial del producto.

Pérdidas del 3 al 6 % de agua desmejoran la apariencia de la mayoría de los vegetales (Cuadro 3.1). Muy pocos pueden soportar estos niveles de deshidratación y seguir teniendo valor comercial; para prolongarlo, algunos hay que recortarlos, como en el caso de los repollos. (HARDENBURG, 1989).

**CUADRO 3.1 Sensibilidad a la pérdida de peso  
en productos almacenados**

<b>Producto</b>	<b>Días de vida en estante (aprox) a 20 °C, luego del almacenamiento</b>	<b>Máxima pérdida de peso antes de ser no comercial (%)</b>
Apio	4 a 6	10
Arveja (en vaina)	3 a 5	5
Berro	1 a 2	7
Brócoli	2 a 4	4
Cebolla	7 a 10	10
Coliflor	3 a 4	7
Espárrago	3 a 5	8
Espinaca	2 a 5	3
Fresa	2 a 3	6
Habichuela	4 a 6	6
Lechuga	2 a 3	5
Maíz dulce	2 a 4	7
Mora	2 a 3	6
Nabo (con hojas)	3 a 5	5
Papa	10 a 15	7
Pepino	4 a 7	5
Pimentón verde	3 a 5	7
Puerro	4 a 6	7
Remolacha	5 a 10	7
Repollitas de bruselas	3 a 5	8
Repollo	6 a 10	7
Ruibarbo	3 a 6	5
Tomate (1/4 de maduración)	4 a 5	7
Zanahoria	4 a 7	8

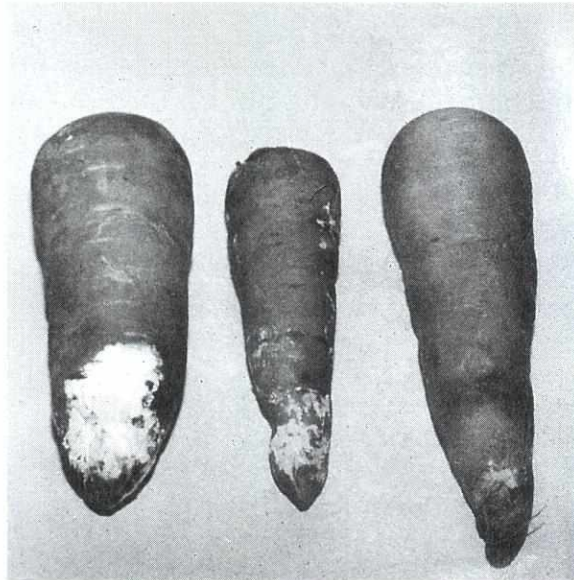
Fuente: Thompson, 1996.

Los tomates tienen una corteza aparentemente impermeable, pero pierden una cantidad importante de agua a través de la cicatriz que deja al retirarles el pedúnculo. Las zanahorias pierden agua con mucha facilidad por su delgado recubrimiento natural.

La pérdida de agua durante el almacenamiento es influenciada principalmente, por la humedad relativa presente en el aire. En condiciones de

Figura 3.2

Deshidratación de la zanahoria expuesta a diferentes niveles de humedad.



ambiente seco, puede ocurrir marchitamiento de las hortalizas en pocas horas, que se acelera con la temperatura alta, incluso si se mantiene la humedad relativa alta (como se explicó en 1.1.2). Para la mayoría de los productos vegetales esta pérdida de agua es de mayor intensidad inmediatamente se retiran de la planta; por ello, se recomienda un enfriamiento rápido en condiciones de alta humedad relativa. (Figura 3.2)

En un cuarto refrigerado, este ambiente de alta humedad relativa puede mantenerse por uno o más de los siguientes procedimientos:

1. Bajando la diferencia de temperatura entre el refrigerante y el aire en el interior del cuarto frío; esto se logra con evaporadores de “baja silueta” o con el sistema de “enchaquetado”, que es más costoso (HARDENBURG, 1989).
2. Adición de humedad (vapor, agua en spray) al aire con humidificadores, como se muestra en 4.2.3. Se requiere que el incremento en la humedad relativa que se requiera sea pequeño (p. e. pasar de 80 a 90% de HR).
3. Regulación del movimiento del aire; para algunos productos es preferible tener una cámara con HR un poco baja sin recirculación de aire, pues esta operación mal realizada puede deshidratar los productos. Sin recirculación, el intercambio de vapor de agua del aire con los productos crea un “microclima” húmedo en las zonas adyacentes a estos productos.

4. Manteniendo la oscilación de temperatura del aire del cuarto dentro de un rango menor a 2° C, para evitar la condensación del vapor de agua y reducir la humedad (kg de agua por kg de aire seco) dentro del cuarto frío (ésto se detalla en 1.1.2); lo cual se logra con un adecuado diseño del equipo de refrigeración.
5. Disponiendo barreras aislantes de humedad en las puertas (cortinas de aire frío o de termofilm) en las paredes (véase también 2.3.1). Al empacar algunos productos se pueden usar envolturas protectoras, pero teniendo cuidado de no impedir el proceso de respiración y la concentración de etileno o gas carbónico.
6. Humedeciendo el piso de los cuartos fríos. Este método puede traer efectos negativos, al generar un ambiente propicio para los microorganismos y riesgos a los operarios al crearse un piso resbaloso.
7. Adicionando hielo picado sobre los productos que no se deterioren con esta práctica (hortalizas de hoja, habichuelas, arvejas, maíz tierno, apio, coliflor). Esto se amplía en 3.4.2.
8. Preenfriando los productos antes de introducirlos al cuarto, lo que reduce el DPV (explicado en 1.1.2) y todos los procesos fisiológicos, entre ellos, la transpiración.

### *Respiración*

Las frutas luego de ser retiradas de la planta continúan su proceso respiratorio; es la respiración el proceso más importante por controlar durante la conservación de frutas y hortalizas. Por él los organismos vivos convierten materia en energía que requieren para vivir. En los vegetales es un proceso que involucra la oxidación de azúcares para transformarlos en dióxido de carbono, agua y calor.

La respiración se cuantifica midiendo la velocidad con que el oxígeno es consumido, el dióxido de carbono producido o el calor generado; se mide en calorías/tonelada/día.

La velocidad de respiración de los vegetales está en función del tipo de tejido de que se trate; en general, las hortalizas de hoja, los vegetales tiernos

**Cuadro 3.2 Clasificación de productos hortifrutícolas según la tasa de calor de respiración expedida**

CLASE	Rango a 10°C (kcal/ton/día)	PRODUCTOS
MUY BAJA BAJA	Menor de 500 500 a 1000	Frutas y vegetales secos, nueces. Manzana, cítricos, uvas, cebolla blanca, melón, papaya, piña, papa, tomate, cítricos, zanahoria.
MODERADA	1000 a 2000	Banano, fresa, repollo, cereza, pepino cohombro, Piña, higos, mango, pera, ciruela, remolacha, tomate, zanahoria.
ALTA	2000 a 2500	Aguacate, maracuyá, mora, coliflor, rábano, lechuga, puerro, frijol, tomate de árbol.
MUY ALTA	2500 a 3000	Alcachofa, uchuva, col de bruselas, brócoli, cebolla verde.
EXTREMADAMENTE ALTA	Mayor de 3000	Espárrago, champiñones, perejil, arvejas, maíz dulce, espinacas, habichuelas.

Fuente: Kader (1992), Gallo (1996) y Thompson (1996).

y las flores son productos que generan altos niveles de respiración, en comparación con los frutos y éstos aún más que los tubérculos y raíces.

En el diseño de un cuarto frío es importante tener presente la cantidad de calor que las frutas producen de manera continua, para calcular el tamaño adecuado de los equipos; esto garantizará un trabajo eficaz de los equipos y una mejor conservación de las frutas y hortalizas almacenadas.

En el Cuadro 3.2 se puede encontrar una comparación del calor de respiración de las principales frutas y hortalizas, a una misma temperatura de almacenamiento; en el anexo 6.2 hay un listado del calor generado por ellas en diferentes condiciones de temperatura. Puede observarse que la velocidad de respiración disminuye con la temperatura.

Igualmente, la vida de almacenamiento varía de manera inversa con la generación de calor. Productos que tienen altos niveles de generación de

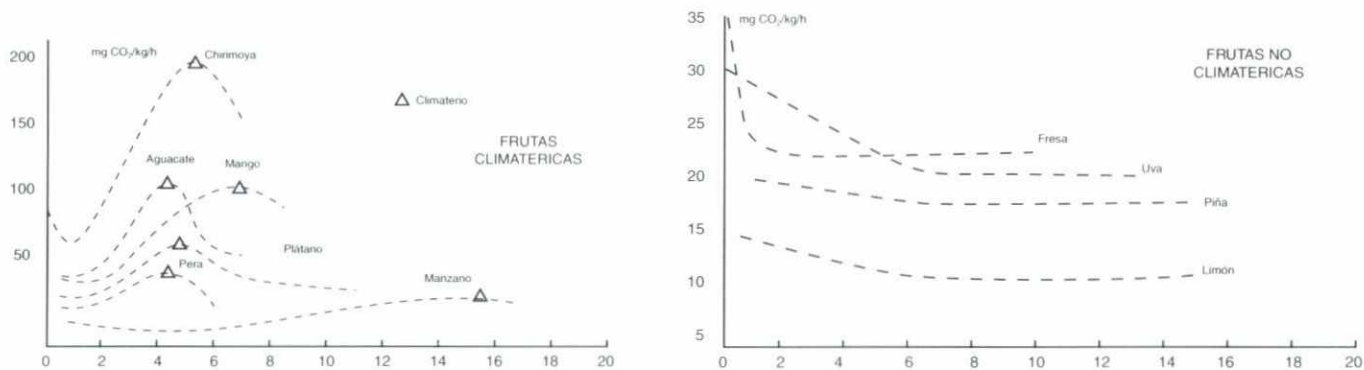


Figura 3.3

Comportamiento de la respiración en algunas frutas y hortalizas.

calor tienen una vida útil menor que aquellos que tienen niveles bajos (HARDENBURG, 1989).

La generación de calor para algunos productos es bastante elevada y por tanto, se requiere de una temperatura baja para reducirla, y así mantenerlos más tiempo. Por ejemplo, al reducir la temperatura de almacenamiento de 20° a 10°C, las arvejas y los champiñones reducen sus niveles de respiración a la mitad y las espinacas, y en general las hortalizas de hoja, a una tercera parte.

*Al reducir en 10 °C la temperatura, se reduce de 2 a 3 veces la velocidad de respiración, y por ende la cantidad de calor generado.*

La mayoría de las hortalizas y las frutas van descendiendo los niveles de respiración a medida que maduran; sin embargo, algunos frutos conocidos como **climatericos** presentan un incremento repentino de estos niveles, hasta llegar a un máximo, conocido como **pico climaterico** (Figura 3.3), luego del cual se produce nuevamente una declinación de la respiración.

Mediante pruebas de laboratorio se ha determinado el comportamiento de la respiración de muchas frutas y hortalizas (Cuadro 3.3) y el momento en el cual ocurre este incremento repentino de la respiración. Esta información es obtenida de los centros de investigación en el país, la U.N, el I.C.T.A, Corpoica y otros, algunos de cuyos resultados se encuentran resumidos en el documento elaborado por Díaz (1993).

Como este fenómeno conlleva un incremento de los niveles de calor generados, debe tenerse especial cuidado al almacenar productos climatéricos, más aún si no se tiene plena certeza de cuando presentan su pico climatérico; La arveja tierna se cosecha durante una etapa de gran actividad metabólica, con altas tasas de respiración, presentando su pico climatérico 2 días luego de la cosecha, por lo que se recomienda reducir su temperatura antes de este tiempo para que no sea excesivo el incremento del calor generado. La guayaba presenta tasas de respiración que se incrementan hasta cuatro veces durante su climaterio, el cual ocurre de 4 a 6 días luego de la cosecha, según sea su estado de madurez.

### *Envejecimiento*

Todas las frutas emiten **etileno** ( $C_2H_4$ ) durante el proceso de maduración; a este gas se le atribuye ser un acelerante de la maduración, influyendo en el ablandamiento, cambios de color, sabor, aroma. Es conocido como el gas de la maduración y puede ser producido por frutas y hortalizas o por combustión de gasolina, propano, madera y tabaco.

**Cuadro 3.3 Clasificación de frutos según el comportamiento de su respiración**

CLIMATÉRICOS		NO CLIMATÉRICOS	
Aguacate	Mango	Cereza	Pepinillo
Anón	Manzana	Fresa	Pepino Cohombro
Banano	Maracuyá	Lima	Pimentón
Breva - Higo	Melón	Limón	Piña
Ciruela	Papaya	Mandarina	Sandía - Patilla
Curuba	Pepino dulce	Marañón	Tomate de árbol
Chirimoya	Pera	Mora	Toronja
Durazno	Lulo	Naranja	Uva
Feijoa	Plátano	Okra	
Granadilla	Tomate		
Guanábana	Zapote		
Guayaba			

FUENTE: Gallo (1996).

**Cuadro 3. 4 Clasificación de frutas y hortalizas según su producción de etileno**

PRODUCTO	Producción de etileno ( $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg/h}$ )	PRODUCTO	Producción de etileno ( $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg/h}$ )
Chirimoya Mamey Maracuyá Zapote	MUY ALTA  Mayor a 100	Banano Melón Mora Mango Ocra Pepino Piña Sandía Tomate de árbol	BAJA  Entre 0.1 y 1
Ciruela Durazno Manzana Pera Uchuva	ALTA  Entre 10 y 100	Alcachofa Espárrago Fresa Granadilla Granada Lima Tahiti Mandarina Naranja Papa Pitaya Raíces Tangelo Uva Vegetales frondosos	MUY BAJA  Menor a 0.1
Aguacate Breva Guayaba Papaya Plátano Tomate	MODERADA  Entre 1 y 10		

Fuente: Gallo (1996).

Según sea fruta u hortaliza, será la generación de etileno; la producción de etileno de las hortalizas es en general, más baja (menor de  $1 \mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg/h}$ ). Dentro de una misma especie también se presentan grandes variaciones. En la guayaba las variedades de pulpa blanca presentan tasas de producción de etileno menores de  $5 \mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg/h}$ , en tanto que las de pulpa rosada, alcanzan niveles de  $15 \mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg/h}$ .

En los Cuadros 3.4 y 3.5 se encuentra una clasificación de los productos según los niveles de generación de este gas y la sensibilidad al mismo (YAHIA, 1992).

En el caso de grandes cantidades de fruta altamente generadora de etileno, que se quiera almacenar por un tiempo prolongado, es importante la venti-

**Cuadro 3.5 Sensibilidad al etileno por parte de algunas frutas y hortalizas**

<b>PRODUCTO</b>	<b>SENSIBILIDAD</b>
Aguacate	Alta
Banano	Alta
Granadilla	Alta
Flores cortadas	Alta
Hortalizas de hoja	Alta
Lima Tahití	Moderada
Mandarina	Moderada
Mango	Alta
Maracuyá	Alta
Naranja	Moderada
Papaya	Alta
Pepinillo	Alta
Pepino Cohombro	Alta
Piña	Baja
Pitaya	Moderada
Sandía	Alta
Tomate de árbol	Moderada
Tangelo	Moderada

Fuente: Gallo (1996).

lación del cuarto (como se indica en 4.2.6) para lograr reducir los niveles de concentración de etileno; esta también es una exigencia de manejo durante el almacenamiento de productos sensibles a este gas.

Como la ventilación aumenta el consumo de energía cuando se ingresan volúmenes grandes de aire exterior “caliente”, no se recomienda para productos que tengan baja sensibilidad al etileno; la periodicidad con que debe hacerse la ventilación depende entonces, del tipo y de la cantidad de producto refrigerado, pudiendo llegar a ser cada 48 horas; para agilizar el tiempo que demora esta operación se pueden utilizar ventiladores adicionales para forzar el ingreso del aire fresco. Esta operación controla además la concentración adecuada de dióxido de carbono y oxígeno dentro de niveles que no causen daños irreversibles a los productos almacenados.

Siendo el cuarto frío un lugar cerrado dentro del cual se hace recircular el aire, se debe considerar esta clasificación para no cargarlo con productos que aceleren mutuamente su maduración y produzcan otros daños; esto ocurre con frecuencia cuando en un solo cuarto de refrigeración se requieren almacenar cargas mixtas (como se indica en 4.2.4). Así mismo, evitar mezclas de hortalizas con frutas que generen cantidades altas de etileno.

*El etileno ocasiona el amarillamiento de los tejidos verdes, promueve la maduración, estimula la apertura de inflorescencias, la brotación de tubérculos y la pérdida de sabor y aromas.*

Una fuente de etileno importante la constituyen la presencia de microorganismos como el MOHO, dentro del cuarto frío. Su acumulación puede incrementar la concentración de etileno a niveles muy altos; su control se logra con una adecuada y oportuna desinfección.

### *Protección contra los efectos del etileno*

Durante el transporte y almacenamiento se pueden concentrar altos niveles de etileno que deben removerse, en especial, cuando se trata de productos sensibles. Para ello, se tienen las siguientes técnicas (THOMPSON,1997):

*Ventilación*, o intercambio entre el aire del interior del cuarto frío y el exterior (como se explica en 4.2.6).

*Absorbedores químicos*, como el permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ), el carbón activado y el silicato de aluminio tratado, entre otros. Estos absorbentes reducen su posibilidad de absorción a medida que aumenta la HR del ambiente. El  $\text{KMnO}_4$  oxida el etileno y lo transforma en  $\text{CO}_2$  y agua. Se facilita al etileno el contacto con el permanganato, al utilizarse éste en forma de gránulos finos (mayor área de contacto); se usan muchos materiales porosos para fabricar absorbentes de permanganato y se consigue en presentaciones que facilitan su colocación en el lugar apropiado. El cambio de color en el permanganato de púrpura a café es indicio de que los gránulos deben cambiarse. Es importante evitar que el permanganato entre en contacto con los productos.

*Convertidores catalíticos:* operan haciendo pasar el aire del almacenamiento por una placa, la cual es calentada a más de 200 °C en presencia de un catalizador apropiado (asbesto platinizado); se requiere una entrada de energía de 30 a 80 watios/m<sup>3</sup>, y aunque es de un alto consumo de energía, los beneficios bien pueden pagar los costos.

*Removedores de ozono:* consisten en cámaras por donde se hace recircular el aire, dentro de las cuales hay una lámpara ultravioleta; como el ozono puede ser tóxico para los productos y las personas, se pone una malla retenedora a la salida de la cámara.

*Eliminación de las fuentes de etileno:* los vehículos de combustión interna que operan dentro del área de almacenamiento, deben cambiarse a sistemas eléctricos.

### 3.2 CONSIDERACIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO

El objetivo del almacenamiento es proporcionar un ambiente adecuado para reducir al mínimo, las pérdidas por deterioro de las frutas y hortalizas durante el proceso de mercadeo. Cada producto debe mantenerse en unas condiciones de almacenamiento ideales, si se quiere garantizar su conservación por largos períodos de tiempo; identificar cuál es la temperatura adecuada, cuáles son los inconvenientes que tienen los productos para ser almacenados junto con otros y cuál será el tiempo de conservación a una temperatura dada, y además de esto, el conocer qué daños pueden sufrir durante el almacenamiento refrigerado, son aspectos de gran importancia en la conservación de estos productos.

Es recomendable tener presente las tres condiciones fundamentales de la refrigeración:

- Usar un producto sano y de buena calidad.
- Aplicar el frío lo más pronto posible.
- Mantener la acción de frío de modo constante y en condiciones ideales hasta la utilización del producto (consumo o procesamiento).

**3.2.1** Las condiciones de calidad a la entrada de los productos al cuarto frío influyen en su conservación durante el período de almacenamiento. No se justifica refrigerar productos en mal estado o que no cumplan con las condiciones mínimas de calidad.

**Calidad de las frutas y hortalizas**

El **estado de sanidad** inicial es determinante en la conveniencia o no, de refrigerar una fruta u hortaliza. Los productos deben hallarse en excelentes condiciones de calidad, íntegros, libres de magulladuras, heridas, síntomas de descomposición y cualquier otro indicio de deterioro. Los volúmenes que se manejan en cuartos fríos (varias toneladas) son un indicio del monto o valor de lo que se guarda; entonces, conviene analizar el riesgo que se corre con los productos sanos, al almacenarlos con productos deteriorados.

Las magulladuras y heridas son la entrada a los microorganismos; y aunque algunos hongos se inhiben con el frío (*Alternaria* en Aguacate Hass, *Penicillium* en Manzana y en Piña, *Botryodiplodia* en Guanábana (YAHIA, 1992), otros encuentran las condiciones ideales de desarrollo a bajas temperaturas. Los daños físicos también facilitan la pérdida de agua; ésta puede incrementarse hasta en un 400% a causa de una sola gran magulladura en una manzana (HARDENBURG, 1989).

Según el producto por almacenar existirán consideraciones adicionales: el mantener el pedúnculo permite aumentar la vida poscosecha de algunas frutas como es el caso del lulo y del tomate de árbol; la uchuva se deteriora con mayor rapidez si se almacena el fruto desnudo (DÍAZ, 1993).

El **grado de madurez** es necesario para decidir la temperatura a la cual se almacenarán algunos productos. En el caso de tomates pintones, logran una mejor maduración si se conservan de 13° a 15° C, mientras alcanzan niveles de maduración que les permita soportar temperaturas más bajas. El plátano, la papaya son más sensibles a daños por frío (como se indica en 3.3.1) al inicio de la maduración; igual sucede con algunos aguacates antes y durante el incremento de su respiración (YAHIA, 1992).

*En general, a mayor grado de madurez, las frutas soportan temperaturas de almacenamiento más bajas.*

El **manejo precosecha** influye en la calidad final de las frutas y el comportamiento de éstas a su manejo en frío. La fertilización adecuada y oportuna como es el caso del calcio, mineral cuya deficiencia causa problemas durante el manejo poscosecha de algunos frutales: mancha amarga o “Bitter Pit” en manzana, pudrición apical en tomates y pimientos y descomposición interna de la zanahoria (GALLO, 1996).

En cuanto al **tiempo entre cosecha y almacenamiento refrigerado** debe procurarse que este sea mínimo, pues en las horas inmediatas a la recolección la mayoría de las frutas presenta sus máximos niveles de respiración; como alternativa se utiliza el preenfriamiento (que se trata en el inciso 3.4.1.), pero en algunas frutas y hortalizas de fácil deterioro esta operación pierde su efecto si no se refrigeran rápidamente. En el caso de la mora si pasa mucho tiempo sin que la fruta haya sido refrigerada, se pueden iniciar procesos de fermentación e incluso de desarrollo de hongos y será inútil el almacenamiento refrigerado para conservarlas. El pico climatérico de la arveja ocurre dentro de los tres días siguientes a la cosecha; los niveles de respiración que tiene en este momento este producto se reducen hasta en una quinta parte si se baja la temperatura de 15 a 0 °C. (DÍAZ, 1993).

El almacenamiento refrigerado extiende el período de mercadeo de la mayoría de los productos, pero deben tenerse en cuenta los anteriores aspectos para lograr el máximo de conservación.

**3.2.2 Condiciones Ambientales Ideales** La temperatura y la humedad relativa (que se trataron en 1.1.2), son los dos factores más importantes por considerar cuando se piensa en prolongar la vida útil de los productos hortifrutícolas.

Cada fruta y hortaliza tiene unas condiciones ideales de **temperatura**, que deben mantenerse lo más estables posible, para evitar daños fisiológicos, condensación de agua sobre los productos y el consecuente desarrollo de patógenos. Así mismo, existe una temperatura crítica, abajo de la cual los productos presentarán daños irreversibles (como se indica en 3.2.3). Para el almacenamiento a corto plazo podrían tenerse condiciones de temperatura un poco por encima de la ideal, recordando siempre que la reducción en 10°C de la temperatura de almacenamiento puede dar como resultado el prolongar de 2 a 3 veces la vida poscosecha de algunas frutas.

Una *humedad relativa* demasiado alta puede ocasionar problemas de condensación de agua sobre los productos, favoreciendo el desarrollo de patógenos, y demasiado baja, ocasiona deshidratación y marchitez en la mayoría de frutas y hortalizas. En un cuarto frío con frecuencia es difícil mantener una alta humedad en el aire. La humedad adecuada se encuentra, para frutas entre 85 y 95% y para hortalizas entre 90 y 98%.

En el módulo 4 de este manual se presentan recomendaciones referentes a temperatura y humedad relativa ideales, junto con tiempos esperados de conservación a esas condiciones. Para quien esté interesado en profundizar sobre el tema, THOMPSON (1998), realizó una investigación de las condiciones de almacenamiento de diferentes productos y para cada uno presenta varias alternativas de almacenamiento recomendadas por diversos investigadores. Igualmente, DÍAZ (1993) resume investigaciones realizadas en los últimos años en el país sobre condiciones de almacenamiento de algunas frutas y hortalizas.

Las condiciones ideales con frecuencia se refieren a la temperatura y a la humedad relativa, y en algunos casos a la concentración de oxígeno, gas carbónico y etileno. Aunque la modificación de la concentración de estos gases puede también aumentar la vida poscosecha de las frutas y hortalizas, esto hace parte del tema atmósferas controladas y modificadas que no se tratará aquí. Remitimos al lector interesado a la bibliografía, donde encontrará documentos referentes al tema.

**3.2.3 Mezclas de productos** En muchos lugares, los cuartos fríos deben almacenar diferentes productos a la vez, bien sea para aprovechar completamente la capacidad de refrigeración cuando se tienen bajos volúmenes de cada producto (como puede ocurrir en un centro de comercialización) o bien porque se trata de almacenar frutas y hortalizas por muy corto tiempo, mientras se justifica un volumen para transportarlo a otra ciudad (como es el caso de cuartos fríos rurales) o bien, cuando se tiene como bodega temporal del producto mientras se requiere, para ponerlo en una góndola de exhibición (lo que sucede en un supermercado) o para procesamiento o consumo (en los servicios de alimentos).

Pero estas mezclas deben considerar tanto los requerimientos de temperatura y humedad relativa óptimos para cada producto, como los niveles de

**Cuadro 3.6 Frutas y hortalizas que producen y absorben aromas**

<b>El Olor producido por:</b>	<b>Es absorbido por:</b>
Aguacates	Piña
Cebollas secas	Manzana, apio, pera.
Cebollas verdes	Maíz, uva, champiñones
Frutas cítricas	Carne, huevo, productos lácteos
Gengibre	Berenjena
Manzana	Apio, cebolla, brevas, repollo, zanahoria
	Carne, huevo, productos lácteos.
Papa	Manzanas, peras
Pera	Repollo, zanahoria, apio, cebolla, papa.
Pimentón	Piña
Puerro	Brevas, uvas
Uvas con dióxido de azufre	Otras frutas y verduras
Verdura con olor fuerte	Cítricos
Zanahoria	Apio.

Fuente: FRUPEX (1994), p. 150.

producción de etileno y la sensibilidad al mismo, la producción de aromas y su facilidad de absorción.

En este sentido, se han establecido algunas recomendaciones para agrupar productos, las cuales recogemos en el Cuadro 3.6; en el anexo 6.2 se presenta una guía de compatibilidad de diferentes productos que pueden almacenarse juntos.

### 3.3 DAÑOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

Se pueden presentar daños durante el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas, los podemos agrupar en dos:

- Daños fisiológicos.
- Daños por microorganismos.

**3.3.1 Daños fisiológicos** Las alteraciones fisiológicas durante el almacenamiento, pueden ser causadas bien, por los problemas de precosecha que se mencionaron en el inciso anterior, o bien por:

- Cambios en la atmósfera de almacenamiento
- Daño por frío
- Daño por congelación
- Escapes de refrigerante

Por *cambios en la composición de la atmósfera* del cuarto frío durante el almacenamiento, resultado de una deficiente ventilación, en términos generales en:

Reducción del oxígeno a menos del 1%.

Incremento del dióxido de carbono a más del 5%.

Incremento de los niveles de etileno a más de 1 ppm pueden causar daños en algunos productos.

Niveles altos y no controlados de  $\text{CO}_2$  producen el corazón café en la manzanas, pérdida de sabor en kiwis, espinaca y fresa, manchas cafés en la lechuga, maduración desigual en el tomate, decoloración en los champiñones e inhibición del proceso de curación de la papa (THOMPSON, 1998).

El **daño por frío** se produce cuando algunas frutas se almacenan abajo de su temperatura crítica y ocurren con frecuencia en cuartos fríos que almacenan frutas de diferentes especies, y que requieren de diferente temperatura para su almacenamiento. En general, la presencia de etileno aumenta la sensibilidad al daño por frío.

Está también en función del grado de madurez y el tiempo de almacenamiento; en algunas frutas (tomate, papaya) se disminuye la temperatura a la cual ocurre el daño por frío a medida que maduran (YAHIA, 1992).

Las temperaturas a las que se produce el daño por frío (Cuadro 3.7 - Figura 3.4) en frutas de latitudes medias (manzanas, duraznos, ciruelas) es en general más baja que para las frutas originarias de la zona tórrida o subtropical (plátano, tomate, toronja, aguacates, mangos). El plátano verde pierde parcialmente su calidad, si se almacena a una temperatura inferior a  $10^\circ \text{C}$  por unas horas.

**Cuadro 3.7 Algunos productos que sufren daños por frío**

Aguacate	Feijoa	Okra
Arándano	Ginger	Papa
Árbol del Pan	Granada	Papaya
Banano	Granadilla	Patilla
Batata	Guayaba	Pepino
Berenjena	Habichuela	Pimentón
Calabaza	Higo	Piña
Carambola	Mango	Plátano
Ciruela*	Mangostino	Tomate
Cítricos	Manzanas*	Tomate de árbol
Chirimoya	Melón	Yuca
Duraznos*	Nectarinas*	Zapote

FUENTE: Kader.

\*Algunas son resistentes.

Las consecuencias de este tipo de daños durante su almacenamiento son diversas:

- Cambios en sabor, coloración (interna y superficial), aparición de manchas café, áreas de la pulpa saturadas de agua, picaduras o ahuecamientos, ablandamiento acelerado. Ejemplos: piña, cítricos, papaya, aguacate, mango.
- Cambios en maduración (ausencia de maduración o maduración no uniforme). Ejemplos: tomates, aguacate, papaya.
- Cambios en resistencia a patógenos y desarrollo de enfermedades fungosas.

*Ejemplos:* en el tomate se aumenta la susceptibilidad a la *Alternaria*, en manzana se produce pardeamiento de la porción superficial (WILLS, 1992).

Estos síntomas pueden aparecer durante el almacenamiento o cuando el producto sale y se sitúa en unas condiciones de temperatura mayores. Se han logrado controlar con:

- Reducción gradual de temperatura (en el caso de las manzanas), sostenimiento de una alta humedad relativa o con el uso de atmósferas controladas. (WILLS, 1992).

Además, entre más baja la temperatura y mayor el tiempo de exposición, mayores serán los daños ocasionados; además, los daños por frío son acumulativos, por lo que aún las exposiciones cortas a bajas temperaturas afectan los productos.

### Técnicas para reducir el daño por frío

*Preacondicionamiento de la temperatura:* las berenjenas presentan menos problemas de frío si se ponen primero a 15 °C por dos días, luego a 10 °C por un día y finalmente se almacenan a 6.5 °C.

*Calentamiento intermitente,* con el cual se interrumpe temporalmente el almacenamiento a baja temperatura, teniendo la precaución de no exceder el tiempo inicial de exposición a temperaturas bajas. Los limones luego de almacenados a 2 °C por 21 días, se ponen a 13 °C por 7 días y pueden mantener su calidad hasta por seis meses.

*Atmósferas controlada,* que aunque funciona con éxito en algunos productos (aguacates, toronjas, oca y piña), en otros no actúa (limones, papayas, tomate) y en otros acentúa los daños (pepinos, lima y ají).

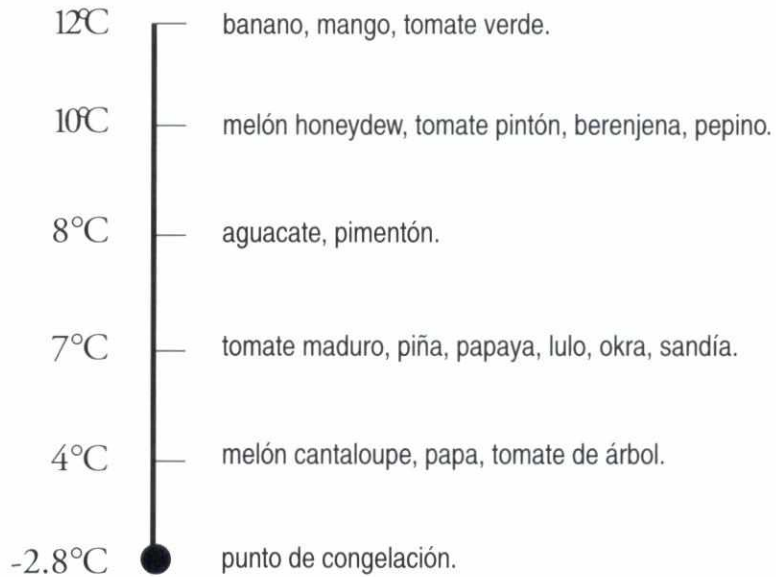
*Tratamientos químicos,* como el benzoato de sodio (en pepino y ají), el calcio (en aguacate, oca y tomates), aceites minerales y vegetales (en bananos y toronja) (CASTRO, 1995).

El *daño por congelación,* se da cuando las frutas y hortalizas se mantienen a temperaturas por debajo de su punto de congelación, que para la mayoría de los vegetales está ligeramente por abajo de 0°C. El daño ocurre cuando el enfriamiento del producto es lento y permite la formación de cristales grandes de hielo dentro de los tejidos, rompiendo y destruyendo las células, y haciendo que el producto pierda su textura y se vuelva blando y sin consistencia (como se explica en 1.4).

Si los productos son expuestos a temperaturas muy bajas de tal manera que el contenido de sus células se congela, usualmente, ocurren daños irreversibles. Si es congelamiento a temperaturas superiores a -5 °C, algunos productos pueden recuperarse de este daño.

Figura 3.4

Temperaturas mínimas para algunos productos.



Los *escapes de refrigerante* están relacionados con los cuartos fríos que utilizan amoníaco. Los daños pueden ser leves o severos, dependiendo de la exposición del producto al amoníaco. Si es por corto tiempo, sólo produce decoloración en la cáscara y los tejidos más externos; una exposición más larga y en grandes concentraciones puede ocasionar no sólo decoloración, sino ablandamiento del producto en general, haciendo que pierdan todo valor comercial. Concentraciones de 0.8% de amoníaco pueden ocasionar daños severos en peras, manzanas, bananos, duraznos y cebollas y en general, en la mayoría de los vegetales. Este tipo de daños se reduce con un control adecuado de los equipos y de las instalaciones, o mejor aún utilizando refrigerantes menos contaminantes, aunque un poco menos eficientes como los freones (PLANELLA, 1989).

### 3.3.2 Daños por microorganismos

Durante el almacenamiento refrigerado, los daños por patógenos son causados especialmente por **hongos y bacterias**. Los principales hongos que afectan frutas y hortalizas son: *Rhizopus*, *Monilia*, *Glomerella*, *Phomosis*, *Diplodia*, *Septoria*, *Colletotrichum*, *Gloesporium*, *Geotrichum*, *Botrytis*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* y *Fusarium*; las bacterias más comunes en poscosecha son dos: *Erwinia* y *Pseudomonas*. Aunque el daño principal ocurre cuando la fruta u hortaliza está en el almacenamiento, la mayoría de estos daños se originan desde el cultivo y requieren para su desarrollo un producto con daño mecánico (golpes, magulladuras).

### ¿Cómo actúan los patógenos?

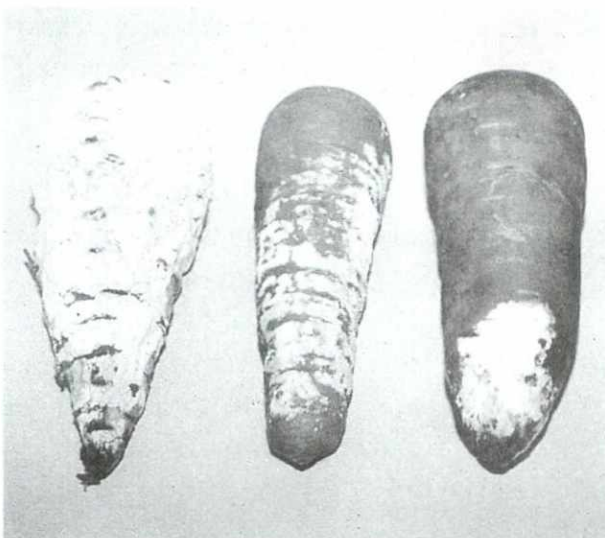
La primera etapa de la infección ocurre cuando las esporas del hongo se depositan sobre las frutas y hortalizas en espera de las condiciones ambientales favorables para su desarrollo o germinación; en este momento, el patógeno es muy susceptible a cambios de temperatura, reducción de oxígeno o agentes químicos, pudiendo suspenderse la germinación o inhibirse el proceso normal de desarrollo. Posteriormente, viene la penetración dentro del producto que depende de la habilidad que tenga el patógeno:

La mayoría de estos patógenos son parásitos débiles que sólo infectan tejidos con heridas o magulladuras (causados por una deficiente cosecha), o que se introducen a través de las aperturas naturales de los vegetales (estomas y lenticelos) cuando hay presencia de agua libre sobre el producto. (Ejemplos: *Diplodia* en aguacate y mango, *Botryodiplodia* en plátano y piña y *Alternaria* en cítricos).

Otros patógenos son más fuertes y penetran la epidermis de frutos sanos; para lograrlo, ellos se depositan sobre el fruto cuando éste se encuentra en estado de desarrollo y esperan a que madure para producir enzimas con la que debilitan la piel del fruto y logran penetrar. Este es el caso del *Colletotrichum gloeosporoides* que causa la antracnosis en aguacate, mango, papaya, plátano y otros (YAHIA, 1992).

Figura 3.5

Daño por  
Gloesporium en  
zanahoria.



Algunas veces ocurre una infestación inicial por uno de estos hongos, debilitando la resistencia del tejido y permitiendo la entrada de otros patógenos más débiles al producto.

Una vez dentro del producto, los patógenos producen toxinas que alteran la composición de las células y deterioran la estructura celular. Las frutas pueden responder formando barreras o toxinas, deteriorando aún más la calidad. (Figura 3.5).

La mayor parte de estos parásitos afecta especies afines: el *Penicillium digitatum* causa el moho verde en cítricos maduros, pero no afecta las manzanas o peras, mientras que el *Penicillium expansum* produce el moho azul en estas frutas, pero no afecta a los cítricos (WILLS, 1992).

### *Factores que favorecen el desarrollo de los microorganismos*

Las condiciones ambientales son determinantes en el avance de los daños por microorganismos; una alta humedad relativa acompañada de una temperatura estable (que son las que se presentan en un cuarto frío para frutas y hortalizas) pueden aumentar la sensibilidad del producto a los microorganismos o presentar condiciones favorables para que se desarrolle el patógeno.

En cuanto a los productos, frutas de cutículas delgadas o que han perdido las ceras naturales por los procesos de acondicionamiento (selección, clasificación, lavado), son más propensas; igualmente, el daño por frío puede debilitar la epidermis de las frutas facilitando la infección. Con algunas excepciones, se puede decir que el pH del producto determina el tipo de ataque. Las frutas son más atacadas por hongos, pues estos prefieren condiciones de acidez (pH menor de 4.5) para su desarrollo; el pH neutro de las hortalizas es preferido por las bacterias. Los cambios químicos producidos en las frutas golpeadas, favorecen el desarrollo de las levaduras (GALLO, 1996).

En el Cuadro 3.8 se pueden encontrar algunas enfermedades en poscosecha de frutas y hortalizas.

### *Control a través de la refrigeración*

El uso del frío puede inhibir el desarrollo de algunos de estos microorganismos. Pero en otros casos, estas temperaturas favorecen su crecimiento, por lo que se recomienda la desinfección de los cuartos y el uso de fungicidas como el benomyl y el TBZ, o tratamientos con agua caliente, como se verá en el próximo inciso.

El moho gris, causado por la *Botrytis cinerea* en la uva, que puede invadir la fruta durante su desarrollo y permanecer latente hasta la maduración, se puede prevenir además de la aplicación de fungicidas, con el enfriamiento

Cuadro 3.8 Algunos problemas por microorganismos en Poscosecha

VEGETAL	ALTERACIÓN	AGENTE PATÓGENO	VEGETAL	ALTERACIÓN	AGENTE PATÓGENO
Apio	Pudredumbre blanda	<i>Sclerotinia</i>	Banano		<i>Pseudomonas solanacearum</i>
Berenjena		<i>Phomosis</i>	Breva		<i>Botrytis</i>
Cebolla	Pudredumbre Moho negro Antracnosis	<i>Aspergillus</i> <i>Colletotrichum</i>	Curuba de castilla	Pudredumbre gris Tizón Antracnosis	<i>Botrytis</i> <i>Alternaria</i> <i>Colletotrichum</i>
Coliflor	Pudredumbre negra	<i>Alternaria</i>	Espárrago	Pudredumbre seca	<i>Fusarium</i>
Espinaca	Tizón veloso	<i>Phytophthora</i>	Fresa	Pudredumbre parada Pudredumbre gris	<i>Rizopus stolonifer</i> <i>Botrytis cinerea</i>
Lulo	Pudredumbre gris Antracnosis	<i>Botrytis</i> <i>Colletotrichum</i>	Lechuga	Tizón veloso	<i>Bremia</i> , <i>Phytophthora</i>
Manzana	Pudredumbre lenticelar Moho azul Pudredumbre gris  Pudredumbre negra	<i>Gloesporium album</i> <i>Penicillium expansum</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Gloesporium</i> <i>Rhizopus</i> <i>Alternaria</i> <i>Phialospora</i>	Mango Tommy Atkins	Antracnosis  Otras lesiones	<i>Cladosporium</i> <i>Cytosphaera mangifera</i> <i>Rhodotorula</i> <i>Enterobacter agglomerans</i> <i>Fusarium lateritium</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Penicillium spp</i>
Maracuyá		<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Melocotón	Pudredumbre parada	<i>Rizopus stolonifer</i>
Naranja	Pudredumbres azul verde, del moho gris y apical	<i>Penicillium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Fusarium</i>	Papaya	Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>
Papa	Pudredumbre seca Pudredumbre bacteriana	<i>Pseudomonas</i> <i>Fusarium</i>	Peras	Pudredumbre gris Pudredumbre negra, azul, parada y tizón pulvurento.	<i>Botrytis cinerea</i> <i>Rhizopus</i> <i>Podosphaera</i> <i>Penicillium</i> , <i>Alternaria</i>
Pimentón	Antracnosis Bacteriosis	<i>Gloesporium spp</i> <i>Pseudomonas spp</i>	Piña manzana	Pudredumbre negra	<i>Penicillium spp</i> <i>Fusarium spp</i> <i>Ceratocytis paradoxa</i>
Piña perolera		<i>Penicillium spp</i> <i>Rhizopus spp</i> <i>Ceratocytis paradoxa</i>	Repollo		<i>Erwinia</i> <i>Carotovora</i>
Plátano	Pudredumbre negra  Pudredumbre en corona  Antracnosis	<i>Colletotrichum musae</i> <i>Fusarium roseum</i> <i>Verticillum theobromae</i> <i>Ceratocytis paradoxa</i> <i>Colletotrichum musae</i>	Tangelo	Moho verde Moho azul	<i>Penicillium spp</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Cladosporium spp</i> <i>Fusarium</i> <i>Pestalotia</i> <i>Alternaria</i>
Tomate	Antracnosis Pudredumbres por phoma y acuosa	<i>Phoma</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Pseudomonas solanacearum</i>	Tomate chonto	Tizón Antracnosis Bacteriosis	<i>Alternaria spp</i> <i>Cladosporium spp</i> <i>Erwinia spp</i>
Tomate árbol	Antracnosis	<i>Colletotrichum spp</i>	Uvas	Pudredumbre gris	<i>Botrytis cinerea</i>
Zanahoria	Pudredumbre blanda y húmeda Pudredumbre negra	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Erwinia carotovora</i> <i>Alternaria</i>	Hortalizas de hoja	Pudredumbre blanda Pudredumbre bacteriana Pudredumbre seca Pudredumbre gris	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> <i>Erwinia carotovora</i> <i>Fusarium</i> <i>Botrytis cinerea</i>

Fuente: Gallo (1996).

rápido a una temperatura muy baja. Este moho puede seguir creciendo a temperaturas de 0°C, pero a una velocidad más lenta. (YAHIA, 1992).

La pudrición del pedúnculo por *Diplodia* en aguacate se puede controlar si éste se almacena a una temperatura por debajo de 10°C; y la antracnosis a temperaturas por debajo de 6°C. No sobra recordar que el aguacate, según la variedad que se trate es sensible al daño por frío, pero esta sensibilidad disminuye a medida que el fruto madura.

La pudrición negra en la piña, causada por *Thielaviopsis paradoxa*, que ataca el tallo y el corazón de la fruta, puede controlarse en almacenamiento a 7°C; la piña también es sensible al frío (temperaturas abajo de 10°C, cuando la fruta aún tiene visos verdes), pero esta sensibilidad disminuye a medida que madura. (THOMPSON, 1998).

El *Geotrichum* y la *Erwinia* se pueden inhibirse indefinidamente con almacenamiento a 0°C, pero se reactivan cuando los frutos se ponen a temperaturas más altas.

### 3.3.3 Tratamientos complementarios a la refrigeración

Para reducir la tasa respiratoria y la pérdida de agua y aumentar la resistencia de la fruta a los golpes y a la incidencia de microorganismos, se han utilizado diferentes tratamientos según la especie que se almacene. Estos tratamientos que se mencionan complementan la refrigeración, pero en ningún caso la sustituyen como un buen mecanismo para prolongar la vida poscosecha de las frutas y hortalizas, en fresco.

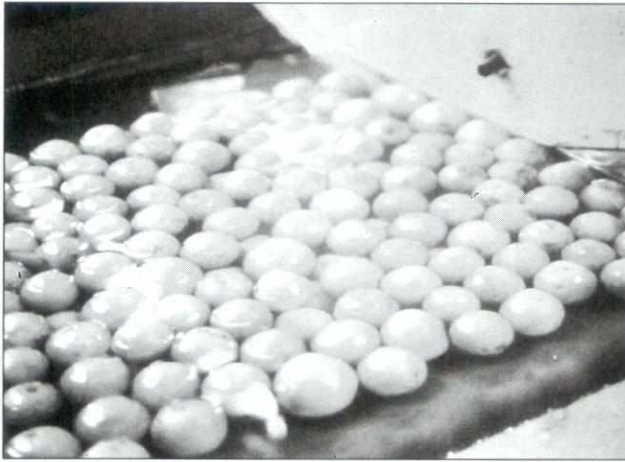
#### *Encerado*

Con las operaciones de selección y lavado de las frutas se remueven las ceras naturales que las recubren, exponiéndolas al ataque de patógenos; para reducir este problema se utilizan ceras naturales que además mejoran la apariencia al dar brillo. Se utilizan ceras naturales como cera de abejas, de caña de azúcar, carnauba y shellac y algunas sintéticas, solventes en agua.

Cuando se aplica, la cera forma una película invisible alrededor de cada fruta y crea una obstrucción que es diferencialmente permeable a los gases (permite una menor entrada de O<sub>2</sub> y facilita la salida de CO<sub>2</sub>). Se produce

Figura 3.6

Encerado de naranjas.



así una atmósfera modificada que reduce la respiración y retrasa el proceso de envejecimiento. Es necesario tener especial cuidado con la dosis, pues en exceso puede impedir el proceso respiratorio y producir fermentación.

El uso de las ceras está muy difundido en cítricos, mangos, manzanas, peras, piñas. Sin embargo, debe realizarse una prueba preliminar a una muestra antes de aplicar cera a todo un lote, pues algunos productos presentan problemás. También se usa parafina para proteger la yuca durante su comercialización.

El producto para encerar debe estar sano, limpio y libre de sales naturales que impidan la adhesión de la cera a su piel. Luego de aplicada la cera, los productos deben secarse para remover el exceso de humedad de la superficie. Las ceras se aplican con un emulsificante que en algunos casos, puede ser agua, lo que evita secar las frutas antes de encerarlas.

El producto para encerar debe estar sano, limpio y libre de sales naturales que impidan la adhesión de la cera a su piel. Luego de aplicada la cera, los productos deben secarse para remover el exceso de humedad de la superficie. Las ceras se aplican con un emulsificante que en algunos casos, puede ser agua, lo que evita secar las frutas antes de encerarlas.

En el comercio se encuentran ceras de diferentes tipos, (Primafresh, Semperfresh, Fructifera, Prolong), que por lo general se aplican mediante aspersión o inmersión en una solución con cera o con la utilización de espumas impregnadas. También se utilizan cepillos montados en la parte superior de un transportador de rodillos que reciben la emulsión cera-agua y la distribuyen sobre el producto con movimientos rotatorios lentos. (Figura 3.6).

El **Semperfresh F** es un producto en polvo que se utiliza para diferentes productos, en concentraciones que están entre 0.6 y 1.5% de volumen. Para lograr estas concentraciones se disuelven 200 g en 10 litros de agua, agitando para formar una solución homogénea al 2%. En el cuadro 3.9 se muestra un ejemplo para lograr la concentración requerida partiendo de esta solución.

**Cuadro 3.9 Preparación de 2 litros de Semperfresh,  
a partir de una solución al 2%**

Concentración requerida	Volumen de solución al 2%	Volumen de agua requerida
0.6%	600 ml	1400 ml
0.8%	800 ml	1200 ml
1.0%	1000 ml	1000 ml

Cualquier fungicida para usar, debe ser adicionado en la cantidad recomendada, al final de la dilución.

Fuente: Surface Systems International, 1996.

### *Tratamientos Químicos*

Aunque algunos microorganismos se controlan con la reducción de temperatura, en la mayoría de los casos no es suficiente y se requiere del uso de químicos. Con su aplicación, lo que se logra es detener el avance de los microorganismos, antes de que su eliminación sea completa.

El grado de efectividad en la aplicación de químicos depende del grado de infestación y la penetración en los productos, de su velocidad de crecimiento, de las condiciones ambientales, de la capacidad del químico de llegar al patógeno y de la sensibilidad de éste al tratamiento.

Igualmente, se consideran los posibles daños que cause el químico al producto, y el grado de toxicidad del mismo considerando las normas legales, sobre todo, si se tiene en cuenta que se aplicarán sobre productos para consumo directo.

Para su aplicación conviene considerar que la mayoría de los fungicidas se presentan en forma de polvo mojable o soluciones emulsificables que deben ser continuamente agitadas para que no se reduzca la concentración del fungicida y se pierda su eficacia. El fungicida también puede ser aplicado por inmersión o por aspersión.

Este tipo de productos lo podemos clasificar en dos:

Fungicidas **de contacto** (o fungistáticos) dentro de los cuales está el bifenil, el ortofenilato de sodio, el tetraborato de sodio y el carbonato de sodio.

Fungicidas **sistémicos**, como el benomil, el carbendazim, el imazalil y el tiabendazol.

Cuando se aplican fungicidas en poscosecha, deben establecerse los registros requeridos por las autoridades. Para productos de exportación, quien maneja el cuarto debe garantizar que estos registros de aplicaciones sean revisados por una persona competente, que confirme que se haya aplicado el producto correcto y que sean adecuadas las concentraciones de aplicación y los intervalos entre ellas. Esta información es útil para el caso de que el importador quiera revisar la calidad de la operación o si sospecha de algún problema relacionado con pesticidas.

Se puede solicitar información referente a la lista de productos a los cuales se aplican Niveles Máximos de Residuos, y que son sometidos a análisis, escribiendo a la Sección de Distribución y ventas de:

*Comisión del Codex Alimentarius.  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura  
y la Alimentación (FAO).  
Via delle Terme di Caracalla.  
00100 Rome.  
Italy.  
Tel: (39-6) 57971.  
Fax: (39-6)57973152/57974593.  
Telex: 610181 FAO Y.*

En la actualidad está en vigencia la resolución 00544/95 del Ministerio de Agricultura de Colombia, mediante la cual se reglamenta lo referente a la utilización de productos ecológicos (Cuadro 3.10).

### *Tratamientos térmicos*

Los tratamientos térmicos se utilizan para prevenir la infestación por parte de los microorganismos que se encuentran latentes en la fruta, en espera de las condiciones adecuadas para su desarrollo; aunque el tratamiento puede resultar algo costoso tiene como ventaja que no deja residuos químicos en la fruta. Se puede realizar de dos maneras:

**Cuadro 3.10 Productos ecológicos para el control de plagas y enfermedades**

Preparados con base en: <i>Derris alliptica</i> <i>Quasia amara</i> <i>Ryania speciosa</i> <i>Melia azedarch</i> <i>Azadirachta indica</i> <i>Schoenocaulon officinalis</i> <i>Bacilus thuringiensis</i> <i>Beauveria basiana</i>	Preparados vegetales en general. Propoleos Tierra de diatomeas Polvo de roca Azufre Caldo bordelés Caldo borgoñón Silicato de sodio Oxicloruro de cobre	Permanganato de potasio Polisulfuro de calcio Bicarbonato de sodio Jabón potásico Preparados a partir de feromonas Preparados a partir de virus grafuloso Preparados a partir de Baculovirus Aceites vegetales y animales Aceites de parafina
Aceites minerales sin agregados de pesticidas sintéticos		Tratamientos térmicos
Preparados con base en pyretrinas (pelitre) extraídas del <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i> que contengan eventualmente sinérgicos naturales.	Preparados con base en metaldehidos que contengan un prepulsivo contra las especies animales superiores utilizados en las trampas.	Atmósfera controlada con dióxido de carbono, nitrógeno vacío, gases inertes y tratamientos con frío o vapor de agua.

Fuente: Resolución 544/95, Minagricultura.

- Mediante inmersión o lavado, muy utilizado para el control de *Colletotrichum*.
- Tratamiento con vapor caliente (VHT).

Para su aplicación se requiere de que la temperatura a la cual se hace el tratamiento y el tiempo de exposición al mismo, se mantengan lo más constantes que se pueda. Si esto no se tiene en cuenta, se pueden presentar daños irreversibles en las frutas (Cuadro 3.11).

Como son tratamientos que actúan durante un período corto de tiempo, para su total eficacia requieren un exigente control en la higiene del cuarto frío donde se almacenará la fruta, para evitar la recontaminación del producto.

### 3.4 LA CADENA DE FRÍO

Las frutas y las hortalizas sufren un alto nivel de stress al momento de la cosecha; su retiro de la planta que les suministraba alimento se hace por lo

general en las horas cuando la temperatura es alta, causando un incremento de la respiración; debe entonces reducirse la temperatura del producto inmediatamente, luego de cosechar para impedir su rápido deterioro; esto es aún más cierto para productos de corta vida útil (como la mora, las hortalizas de hoja, etc).

Por otra parte, el hecho de reducir la temperatura puede ser muy importante, pero lo será aún más si prevemos que esta temperatura se mantenga constante mientras el producto llega al consumidor. Este es el concepto de **cadena de frío** que debe tenerse presente cuando se piense en utilizar la refrigeración como sistema de conservación de la calidad. De nada vale refrigerar la fruta si cuando la vendemos, quien la compra la traslada en un camión sin refrigeración, permitiendo que la temperatura de la fruta se ele-

**Cuadro 3.11 Tratamientos térmicos recomendados para algunas frutas**

Tratamiento	Producto	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Agua caliente	<b>Cítricos</b>	48	2 - 4
	<b>Papaya</b>		
	1ª etapa	40	40
	2ª etapa	50	20
	<b>Guayaba *</b>	48	5
	<b>Mango *</b>	53	5
	<b>Cantaloupe</b>	60	1
Vapor caliente (VHT)	<b>Cítricos</b>		
	1ª etapa (HR = 100%)	43	8 horas
	2ª etapa (HR = 100%)	43	6 horas
	<b>Papaya</b>		
	1ª etapa (HR = 40%)	43	11 horas
	2ª etapa (HR = 100%)	43	9 horas
	<b>Mango Carabao</b> (HR = 95%)	46	10 min
	<b>Toronja, papaya, mango</b> (aire forzado a 0.4 m <sup>3</sup> /s)	52	2 horas

\* preferiblemente mezclados con el fungicida apropiado.

Fuentes: Thompson (1997), Carraro (1994), Yahia (1992) y Medicott (1993).

ve, con la consiguiente condensación de humedad sobre el producto. Estas condiciones facilitarán el desarrollo de hongos y bacterias.

### 3.4.1 El preenfria- miento

También conocida como prerrefrigeración, es la operación mediante la cual se retira el calor de campo a las frutas y hortalizas inmediatamente después de la cosecha, buscando alcanzar rápidamente una temperatura próxima a la que tendrá en el almacenamiento.

Esta operación incide directamente en la vida poscosecha del producto, pues con la rapidez que se reduce la temperatura, se detiene el proceso de maduración y el producto estará en mejores condiciones para soportar el transporte y los cargues y descargues que continúan luego de la cosecha. El plátano para exportación por ejemplo, se preenfriaba con aire forzado para reducir la temperatura de la pulpa a 15 °C en 4 horas; esto garantiza que la fruta no se madure durante el transporte (MEDLICOTT, 1993).

Como complemento, se recomienda recolectar en los momentos frescos para iniciar el proceso con una baja temperatura (menor calor de campo, implica menor consumo de energía en el proceso). Los productos deben protegerse del sol con una cubierta hasta que sean llevados al lugar de preenfriamiento.

Podemos resumir las ventajas que trae realizar el preenfriamiento a las frutas y hortalizas:

- Se reduce rápidamente la actividad fisiológica del producto (respiración, transpiración y producción de etileno) reduciéndose el ritmo de maduración y de marchitamiento.
- Se conserva por mayor tiempo la calidad y el peso.
- Se disminuye el peligro de ataque de microorganismos.
- Permite realizar transporte a largas distancias, especialmente útil en el caso de frutas y hortalizas muy perecederas.
- Permite recolectar la fruta más tarde, con una madurez más avanzada, lo que incide en la mejor calidad del producto.

- Económicamente hablando, se justifica más a medida que se manejan mayores volúmenes del producto.
- En el caso de cargues continuos en un cuarto frío, se evita la oscilación de temperaturas dentro del mismo, porque el producto entra con una temperatura similar a la que se encuentra en la cámara ya cargada. Esto trae un doble beneficio: se ahorra energía y se evita la disminución de la HR dentro del cuarto de almacenamiento (VARGAS, 1997).

En el proceso de preenfriamiento el calor se retira principalmente por conducción, contacto directo con el medio a enfriar, y en menor medida por convección (explicado en 1.1). La velocidad de enfriamiento no es uniforme, sino que decrece a medida que avanza el proceso; en las primeras etapas del preenfriamiento se logra una fuerte reducción de temperatura, mientras que a medida que la temperatura del producto se acerca a la del medio refrigerante, el enfriamiento es cada vez más lento. Este comportamiento sirve para predecir el tiempo de la operación y comparar los métodos entre sí, a través de la utilización del **tiempo medio de enfriamiento**:

*El tiempo medio de enfriamiento se define como el tiempo durante el cual la diferencia de temperatura entre el producto y el medio de enfriamiento se reduce a la mitad.*

Mediante el registro continuo de la temperatura tanto del medio refrigerante como del producto, se puede elaborar una gráfica que muestra la velocidad de enfriamiento y a través de ella, determinar el tiempo que se demorará la operación de preenfriamiento.

### 3.4.2 Sistemas de preenfriamiento

Varios son los métodos de preenfriamiento que pueden usarse para bajar el calor de campo de frutas y hortalizas: el enfriamiento en el cuarto frío, el enfriamiento con aire forzado, el hidrogenamiento, la aplicación de hielo en los empaques y el enfriamiento al vacío. Pocos son los que se usan en una amplia gama de productos y la mayoría son sólo aptos para una gama limitada de productos. Un ejemplo de la velocidad comparativa de enfriamiento de estos métodos se muestra en el cuadro 3.12.

**Cuadro 3.12 Efectos de los métodos de preenfriamiento en el tiempo medio de enfriamiento para manzanas empacadas en cajas de 18 kilos.**

Método de preenfriamiento	Tiempo medio de enfriamiento (h)
Cuarto frío convencional	12
Túnel con aire a 200 - 400 m/min	4
Túnel con aire a 740 m/in	0.75
Hidrogenfriamiento (fruta suelta)	0.33

Fuente: Thompson (1996).

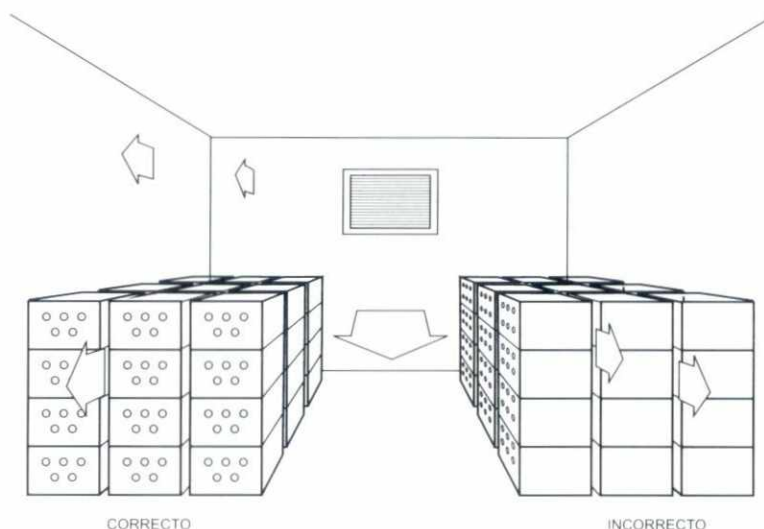
En general, la temperatura final esperada se alcanza entre 30 minutos y 24 horas luego de iniciado el proceso; la rapidez con que el preenfriamiento ocurre está en función de cinco factores a saber:

- El tipo de contacto entre el producto y el medio refrigerante (directo sobre el producto o indirecto, a través de los empaques).
- La diferencia de temperatura que existe entre el producto y el refrigerante. A mayor diferencia, más rápido el proceso.
- La capacidad de absorber calor por el medio refrigerante y de cederla por parte del producto (calor específico, conductividad y difusividad térmica).
- El área superficial del producto en contacto con el medio refrigerante (las hojas se enfrían con más facilidad que los productos macizos).
- La velocidad de recirculación alta y la renovación frecuente del medio refrigerante, aceleran el proceso.

*El preenfriamiento usando el cuarto frío:* es el sistema más utilizado y consiste en poner los productos empacados directamente en el cuarto donde serán almacenados; aunque se acostumbra introducir la fruta en el cuarto con la unidad de refrigeración apagada para encenderla luego de ser cargado el cuarto frío en su totalidad, esta operación produce una mayor deshidratación de las frutas. Se aconseja introducir las frutas con el cuarto frío previamente enfriado.

Figura 3.7

Forma de acomodar los productos para facilitar su enfriamiento.



Para mejores resultados, debe considerarse la forma como recircula el aire frío que se produce cerca del evaporador, acomodando los empaques de manera que todas las partes del producto entren en contacto directo con este aire recirculado (*Figura 3.7*).

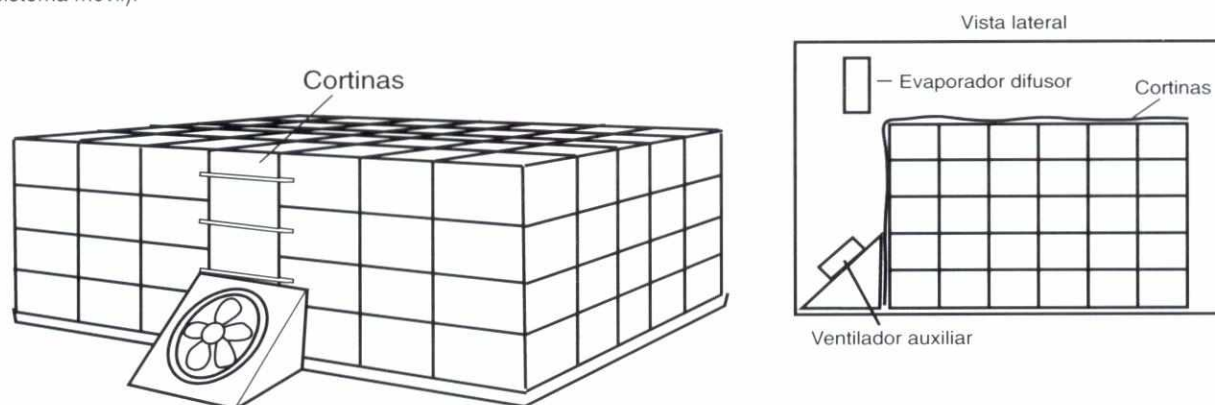
La ventaja principal de este método es el bajo costo, pues no se requiere de equipo adicional para realizar la operación de preenfriamiento; además porque el producto al ser guardado en la misma cámara, tiene menos manipulación.

Sin embargo, es el sistema más lento para remover el calor de campo y no se recomienda para productos que requieren un preenfriamiento rápido, pues se necesitaría una mayor velocidad de recirculación del aire, lo que terminaría por deshidratar los productos. Tampoco se recomienda para productos que son empacados a granel o ensacados, pues es difícil poner en contacto el aire frío con todos los productos. Este sistema es solo adecuado cuando se trata de volúmenes pequeños que no justifiquen la inversión en infraestructura adicional. (CARRARO, 1994).

Para mejorar la eficacia de este método, se pueden construir cuartos especiales para prerrefrigeración, de dimensiones adecuadas al flujo del producto por preenfriar, con ventilación horizontal para aumentar la eficiencia de ventilación, con gran capacidad de enfriamiento (más de 50 Btu/h/m<sup>3</sup>), altos niveles de recirculación de aire (entre 80 y 100 m<sup>3</sup>/min/ton) y baja densidad de almacenamiento (menor a 200 kg/m<sup>3</sup>).

Figura 3.8

Preenfriamiento con aire forzado (sistema móvil).



Diapositiva  
C.F  
3.1-3.4

*El preenfriamiento por aire forzado:* este sistema es una complementación del anterior; es adaptable a muchos productos y facilita la entrada del aire dentro de los empaques. El sistema, que se basa en crear un leve gradiente de presión para hacer que el aire fluya a través de los orificios de los empaques, produce muy buenos resultados pues mantiene en contacto directo el aire frío con el producto caliente, a una velocidad de enfriamiento más uniforme; disponiendo de manera adecuada los embalajes y estibas, se logra una mayor eficiencia del sistema.

El aire impulsado debe mantenerse con una HR alta para evitar la deshidratación de los productos, porque el flujo de aire introducido en las cajas es bastante grande (superiores a  $150\text{m}^3/\text{min}/\text{ton}$ ). Se pueden asperjar los productos con agua, previamente al montaje.

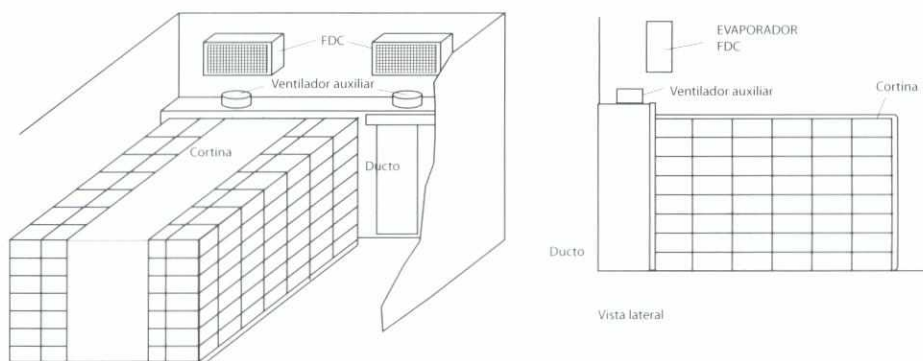
El tiempo de preenfriamiento varía desde 1 hora para flores, hasta 24 horas para frutos empacados individualmente. Es el método más adecuado para operaciones en pequeña escala. Para enfriar mango se requiere de 4-6 horas, con flujo de aire entre 90 y  $120\text{m}^3/\text{min}/\text{ton}$  y diferencias de presión entre 30 y 60 mm de agua (AVENA, 1997).

Diapositiva  
C.F  
3.5

Este sistema se puede utilizar con el cuarto frío, siempre y cuando se llene hasta un máximo del 10% de su capacidad y se instalen ventiladores adicionales que aceleren significativamente los tiempos de enfriamiento.

Figura 3.9

Preenfriamiento con aire forzado (sistema estacionario).



(GALLO, 1996). El sistema de preenfriamiento puede ser móvil o estacionario (Figura 3.8 - 3.9).

Dispositiva  
C.F  
3.6

**El hidrogenfriamiento:** este sistema utiliza agua fría (normalmente entre 1 y 2 °C) que se pone en contacto directo con el producto por preenfriar. Esto puede hacerse bien sea, por inmersión o por aspersión; igualmente puede hacerse a un flujo continuo de producto o por lotes sobre una banda transportadora, al final de la cual, recibe una aspersión de agua helada (Figura 3.10). Los períodos de enfriamiento van desde 5 minutos hasta 1 hora, de acuerdo con las dimensiones del producto.

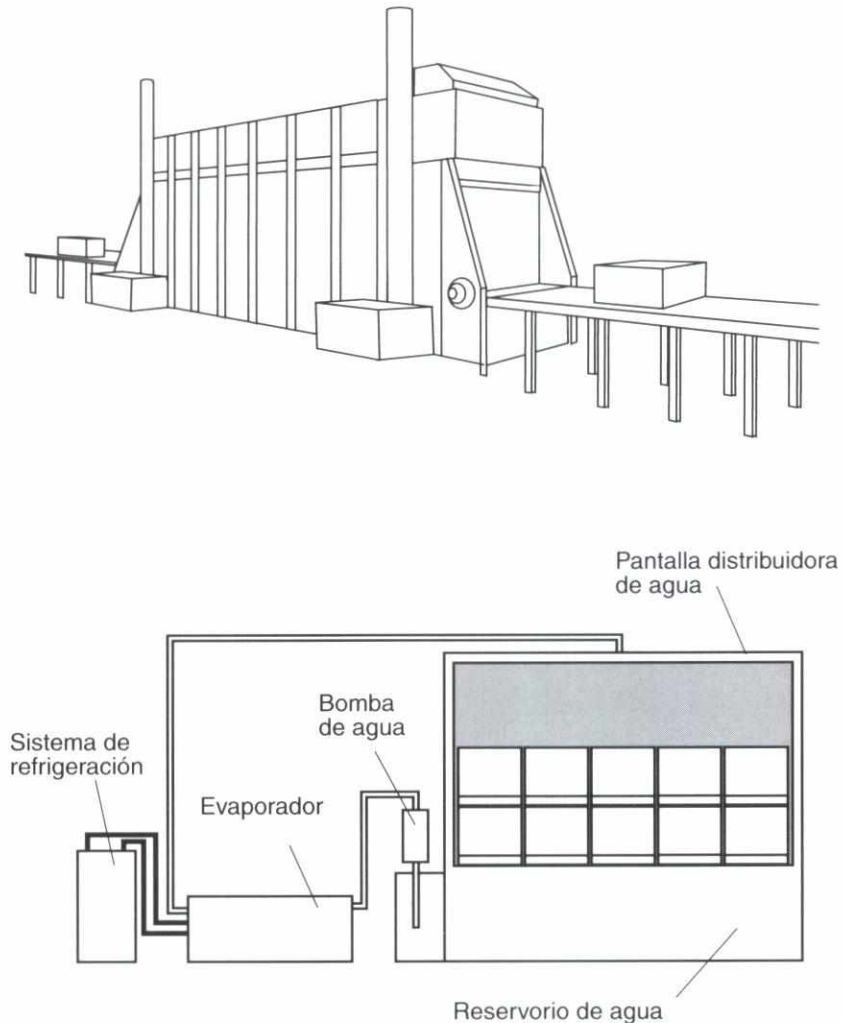
Se recomienda que este proceso se realice en un cuarto aislado del exterior para mantener el poder refrigerante del agua el mayor tiempo posible. Además, se debe trabajar continuamente a su capacidad máxima, pues la eficiencia de este sistema es muy baja comparada con los otros sistemas. Para facilitar el rápido enfriamiento debe tenerse especial consideración con el modo de empaque y disposición de éstos sobre la banda transportadora.

Es posible también ayudarse con hielo que se pone en un tanque con agua para mantener una reserva de agua fría.

El agua fría se puede recircular inclusive durante varios días sin cambiarla; pero es conveniente desinfectarla con hipoclorito de sodio o con cloruro de calcio (concentración de cloro entre 50 y 70 ppm) controlando permanentemente esta concentración. El tamaño de los equipos varía, llegándose a tener equipos que arrojan 500 litros/min/m<sup>2</sup>.

Figura 3.10

Hidrogenfriamiento.



Diapositiva  
C.F  
3.7-3.9

***El uso de hielo picado:*** su uso es común en hortalizas de hoja. Se puede utilizar en los productos estibados, poniendo el hielo sobre los empaques superiores para que se derrita y se introduzca el agua fría dentro de las cajas; también puede depositarse directamente sobre los productos mediante un sistema a presión. Los empaques deben ser resistentes a la humedad.

Otra manera es la de ubicar por capas intercaladas del producto y del hielo triturado; el agua se derrite y corre sobre el producto manteniéndolo frío. En algunas ocasiones se utiliza una suspensión de 60% de hielo triturado, 40% de agua y 0.1% de cloruro de sodio para mantener la temperatura por abajo de 0 °C. Este sistema se utiliza ante todo para el transporte terrestre de hortalizas y se recomienda usar cloro como desinfectante a con una concentración de 55 a 70 ppm.

Puede utilizarse hielo en escamas siempre y cuando no sea de menos de 7 °C. Este producto tiene un alto potencial de refrigeración que da una mayor velocidad de enfriamiento, presenta mayor superficie de intercambio térmico, tiene un 20% de más capacidad y se derrite a una temperatura de 0°C lo que evita congelar los productos que entran en contacto con él. Además, fluye libremente sin compactarse, haciéndolo fácil de manipular sin dañar el producto que protege.

Para establecer la cantidad de hielo requerida, considere que 1 lb de hielo absorbe 144 Btu de calor. Se ha demostrado que en la aplicación comercial de hielo solo se utiliza entre el 25 y el 50% del hielo para enfriar el producto; el resto se derrite por el calor que pasa por fuera de los empaques. El siguiente es un ejemplo de cómo calcular la cantidad de hielo requerida para preenfriar una cantidad de producto:

El Brócoli es un producto que permite el uso del hielo como enfriamiento durante el transporte refrigerado. Si consideramos un empaque de brócoli de 20 libras, para su enfriamiento de 30 °C a 7 °C se requiere remover aproximadamente 800 Btu de calor. Asumiendo que durante la manipulación y el transporte otros 1000 Btu pueden entrar al contenedor, la carga total de calor será de 1800 Btu. Así, la mínima cantidad de hielo requerida será:

$$\frac{1800 \text{ Btu/caja}}{144 \text{ Btu/libra de hielo}} = 12.5 \text{ libras de hielo/caja}$$

En la actualidad se utilizan aproximadamente 16 libras por cada caja de brócoli. (NORTH CAROLINE, 1992).

C.F  
3.10

**El preenfriamiento al vacío:** este sistema reduce la presión atmosférica ambiente de cerca de 760 mm de mercurio hasta una presión de 4.6 mm de mercurio. Al reducirse la presión atmosférica, se reduce la temperatura de ebullición del agua de 100 °C a 0 °C. La velocidad y la efectividad del preenfriamiento están relacionadas con las características del producto; el sistema es más eficiente para productos de gran área por volumen, como las hortalizas de hoja. Se tarda entre 25 y 35 minutos para reducir la temperatura de 20 °C a cerca de 0 °C (THOMPSON, 1998).

**Cuadro 3.13 Técnicas de preenfriamiento**

<b>Agente de preenfriamiento</b>	<b>Técnica de enfriamiento</b>	<b>Nombre del equipo de prerrefrigeración</b>
Aire frío	En Cámara En túnel Por Chorro de aire frío	Cámara convencional Cámara de prerrefrigeración Túnel continuo Túnel discontinuo Túnel de aire forzado
Agua fría	Inundación	Transporte de bandas: • Continuo • Discontinuo
Agua vaporizada por vacío Hielo	Enfriamiento por vaporización Hielo recubriendo los envases.	Bombeo mecánico Bombeo térmico
	Hielo en trozos mezclado con el producto.	

En los cuadros 3.13 y 3.14, podemos encontrar características comparativas entre los sistemas de preenfriamiento y su aplicación a los diferentes productos hortifrutícolas.

**3.4.3 Aspectos adicionales** Se recomienda realizar el preenfriamiento antes de empacar el producto, pero luego de haber realizado la selección, para evitar refrigerar productos deteriorados o residuos de cosecha. Debe recordarse en todo momento el costo que implica el preenfriamiento y que cada kilo de producto preenfriado debe incrementar su valor de manera que pague la operación realizada.

Igualmente, luego del preenfriamiento debe aislarse del medio exterior; si esto no se hace, en poco tiempo los productos alcanzarán una temperatura cercana al ambiente y se perderá el esfuerzo y el dinero invertidos. Esto se facilita realizando la operación cerca del cuarto frío y en un lugar donde se eviten las corrientes de aire del exterior.

La selección de un método determinado de preenfriamiento está en función de los costos, la disponibilidad de las instalaciones apropiadas, la proximidad al lugar de almacenamiento y del mercadeo y las características del producto. Algunos métodos como el hidroenfriamiento y el enfriamiento al vacío requieren inversiones iniciales bastante altas. En general, deben considerarse los siguientes factores:

Cuadro 3.14 Selección de la técnica de preenfriamiento

PRODUCTO	Aire	Agua	Hielo	Vacío	PRODUCTO	Aire	Agua	Hielo	Vacío
Arvejas		x	x		Maíz tierno		x	x	
Apio		x	x	x	Mango	x			
Batata	x				Manzana	x	x		
Berenjena	x				Okra	x			
Broccoli			x		Papas	x			
Calabaza	x				Pepino	x	x		
Cebolla de hoja		x	x		Pera	x	x		
Champiñón	x		x	x	Pimentón	x			x
Duraznos		x	x		Remolacha	x	x		
Espárragos		x	x		Repollo	x			
Fresa	x				Sandía	x			
Habichuela	x	x		x	Tomates	x			
Lechuga		x	x	x	Uva	x	x		
M. Cantaloupe		x	x		Zanahoria	x	x		

Fuente: Kader (1992), Thompson (1996), Carraro (1994).

- Tolerancia del producto al método de enfriamiento. Las hortalizas de hoja se preenfían bien con hielo pues con aire forzado se deshidratarían, en tanto que la mora se deteriora con el hidrogenamiento y tolera mejor el aire forzado.
- Mezcla de diferentes productos. Esto debe considerarse en el momento de pensar en invertir en un sistema de preenfriamiento que sirva para varios productos.

- Temperatura inicial y final del producto. A mayor diferencia mayor será el costo.
- Temperaturas recomendadas para cada producto. Sin descender mucho al punto de causar daños por frío.
- Cantidad del producto por preenfriar. El hidrogenfriamiento o el preenfriamiento al vacío, por su costo no son adecuados para pequeñas cantidades de producto.
- El tiempo que demore el preenfriamiento. En los sistemas que usan agua, el proceso debe ser rápido no sólo para reducir los procesos fisiológicos, sino para evitar la excesiva absorción de agua por parte del producto; ésta favorece las podredumbres durante el almacenamiento y produce pérdida de sabor por lixiviación de azúcares. En los sistemas que usan aire, la rapidez reduce la deshidratación.
- Materiales de empaque. El cartón pierde la resistencia a la compresión si es humedecido, por lo que los empaques deben estar impregnados de cera o de un material que los proteja de la humedad. Por otra parte, el empaque en sí es un impedimento para poner en contacto el refrigerante con el producto.
- Disposición de las estibas. En el caso del hidrogenfriamiento y del preenfriamiento con aire forzado, la disposición adecuada permitirá la circulación fácil del medio refrigerante dentro de los productos.
- Adaptabilidad de los sistemas de preenfriamiento a las instalaciones actuales. Un cuarto frío puede adaptarse para ser usado como sistema de preenfriamiento con aire forzado; el hidrogenfriamiento requiere de una fuente de agua limpia y suficiente y de un buen sistema de disposición de aguas servidas. Algunos sistemas de aire forzado y de vacío, son portátiles y no dependen de las condiciones externas.
- Duración de la temporada de cosecha. Las instalaciones fijas se adaptan mejor a productos que están en cosecha todo el año. Para productos de cosechas concentradas en el tiempo (manzanas, mangos, aguacates) puede ser recomendable el uso de instalaciones de preenfriamiento portátiles. Este hecho permite que varios agricultores de una misma región usen

el mismo equipo, lo que hace más económico invertir en el sistema de preenfriamiento. (CARRARO, 1994).

### 3.4.4 Parámetros para estimar la capacidad de preenfriamiento

Luego de decidir el sistema de preenfriamiento que se utilizará, es conveniente estimar la capacidad de refrigeración exigida. Ésta puede determinarse considerando que una tonelada de refrigeración puede exigir un compresor con capacidad de 1 hp. Se deben tener presentes los siguientes aspectos:

- El flujo del producto, es decir la cantidad máxima de producto a preenfriar por día (ton/día) y la tasa a la que será preenfriado el producto (ton/hora).
- La temperatura media que tendrá el producto antes de preenfriar.
- La temperatura final que tendrá el producto.

*Por ejemplo:*

Se preenfriarán 2.000 cajas de 30 libras (60.000 lbs) de producto en 6 horas/día. La temperatura media es de 21 °C antes del preenfriamiento. Se desea alcanzar una temperatura de 4,5 °C después del preenfriamiento. Si se usara un sistema de refrigeración mecánica, entonces:

$$\text{Temperatura por retirar: } 21 \text{ }^{\circ}\text{C} - 4,5 \text{ }^{\circ}\text{C} = 16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de producto que entra al preenfriador} &= 60.000 \text{ lbs} / 6 \text{ horas} \\ &= 10.000 \text{ lbs} / \text{hora} \end{aligned}$$

### PRÁCTICA 3.1 EVALUACIÓN DE PÉRDIDA DE PESO EN FRUTAS Y HORTALIZAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

**Introducción** Las frutas y hortalizas sufren cambios en su composición interna cuando se almacenan. Uno de ellos es ocasionado por la exposición a ambientes secos que deshidratan el producto. La pérdida de peso durante la refrigeración puede llegar a ser de tal magnitud, que el peso perdido sea significativamente alto y por consiguiente la pérdida económica directa, sea alta. Si esta pérdida se hace extrema, ocasiona marchitamiento y disminución del valor económico del producto. Es importante conocer con qué velocidad y de qué magnitud puede ser la pérdida de peso en los diferentes productos refrigerados.

- Objetivos**
- Calcular la pérdida de peso de diferentes frutas y hortalizas, sometidas a diferentes condiciones de almacenamiento.
  - Identificar los efectos que puede producir el uso de empaques de diferente tipo, sobre esta pérdida.

**Orientaciones para el instructor** Esta práctica debe realizarse al inicio de la capacitación para confrontar los resultados el último día. Si esta capacitación cubre toda la semana, se sugiere que se realice el lunes, en horas de la mañana para discutir los resultados el día viernes, en la tarde.

Los participantes se dividen en grupos para asignarle a cada uno una parte de la práctica. El instructor entregará a los participantes la ayuda completa correspondiente a cada uno de los grupos que participarán en el ejercicio.

Cada grupo trabajará independientemente y al final se compartirán las experiencias. Todos los vegetales deben estar limpios y libres de humedad exterior. Los datos serán consignados en la tabla adjunta.

Recursos para la práctica

Naranjas, 4 kg.

Papa común, 2 kg.

Papa criolla, 1 kg.

Tomate, 1kg.  
Lechuga, espinaca o acelga, 5 kg.  
4 canastillas plásticas.  
1 balanza de 5 kg, 0.1 g.  
4 Termómetros -10 a 50 °C.  
2 Higrómetros.  
2 Recipientes plásticos de 25x25x10 cms, con tapa.  
Fotocopias, tabla adjunta.  
1 Lienzo de 1.0 x 1.0 m.  
Cuarto frío.

*Tiempo estimado:* 1 hora.

### PRÁCTICA 3.1 EVALUACIÓN DE PÉRDIDA DE PESO EN FRUTAS Y HORTALIZAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

- Instrucciones para los participantes** Los participantes se reúnen en grupos y proceden a realizar la práctica según el procedimiento indicado:
1. El registro de datos debe realizarse diariamente, a la misma hora. Al finalizar cada uno de éstos, deje el lugar en orden.
  2. Al final de la semana se presentará un informe con el análisis de las observaciones realizadas y se dedicará 1 hora para compartir este trabajo con los diferentes grupos.
- Guías para los grupos**
- Grupo 1. Mide la transpiración de diferentes tejidos vegetales**
- Pesar 5 naranjas, 5 papas, 5 tomates, 5 papas criollas, 1 kg de espinaca o lechugas o acelgas. Ponerlos en una canastilla plástica, suficientemente separados entre sí. Tomar el peso cada 24 horas, por 5 días. Controlar diariamente temperatura y humedad relativa. Los datos se consignan en la tabla, junto con la descripción diaria de los síntomas de deshidratación.
- Grupo 2. Mide la transpiración a diferentes temperaturas y diferente humedad relativa**
- Pesar 4 grupos de lechugas de 500 gr cada uno. Dejar un grupo de lechugas a temperatura ambiente. Empacar otro grupo en un recipiente plástico con tapa y dejar a temperatura ambiente. Dejar otro grupo de lechugas dentro del cuarto frío, a temperatura de 5 a 8 °C, sin empaque. Empacar el último grupo en un recipiente plástico con tapa y dejar a temperatura de 5 a 8°C. Tomar el peso cada 24 horas, por 5 días. Controlar diariamente temperatura y humedad relativa. Los datos se consignan en la tabla, junto con la descripción de los síntomas de deshidratación.

### **Grupo 3. Mide la transpiración con aire quieto y con aire en movimiento**

Pesar dos grupos de lechugas de 500 gr cada uno.

Poner las lechugas de un grupo en una canastilla plástica, cubriéndolas con un lienzo limpio y dejarlas dentro del cuarto frío lejos de los ventiladores del evaporador.

Poner las lechugas del otro grupo en una canastilla plástica y someterlas a la corriente de aire provocada por el ventilador del evaporador dentro del cuarto frío.

Tomar el peso cada 24 horas, por 5 días.

Controlar diariamente temperatura y humedad relativa.

Los datos se consignan en la tabla, junto con la descripción de los síntomas de deshidratación.

### **Grupo 4. Medir la transpiración para productos de diferente tamaño**

Pesar dos grupos de 2 kilos de naranja: con un diámetro entre 8 y 9 cms y otro con un diámetro entre 5 y 6 cms.

Lavar con detergente cada grupo de frutas para eliminar ceras y exponer completamente los poros de cada una.

Dejar en canastillas plásticas inmediatamente frente al evaporador, dentro del cuarto frío.

Tomar el peso cada 24 horas, por 5 días.

Controlar diariamente temperatura y humedad relativa.

Los datos se consignan en la tabla, junto con la descripción de los síntomas de deshidratación.

**PRÁCTICA 3.1 EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE PESO EN FRUTAS Y HORTALIZAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO**

Hoja de trabajo

Temp °C	HR (%)		Día (n)	Fecha	Hora	Peso actual (gr)	Peso anterior (gr)	Diferencia (gr) (D)	Índice de transpiración D/n	Observaciones
	ext	int								
			1							
			2							
			3							
			4							
			5							
			6							
Notas adicionales:										

## **PRÁCTICA 3.1 EVALUACIÓN DE PERDIDA DE PESO EN FRUTAS Y HORTALIZAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO**

### **RETROINFORMACIÓN**

#### **Para el grupo 1**

La pérdida de peso se producirá en el siguiente orden, de menor a mayor: papa, tomate, naranja, papa criolla, lechuga. Si la temperatura es alta y la humedad relativa es baja, será más notoria esta diferencia.

#### **Para el grupo 2**

La pérdida de peso en las hortalizas de hoja se producirá en el siguiente orden, de menor a mayor: empacadas y refrigeradas, empacadas y al medio exterior, sin empaque y refrigeradas, sin empaque y en el exterior; es posible que las que se encuentren sin refrigerar presenten un deterioro por microorganismos.

Debe observarse que la baja humedad relativa presente dentro del cuarto frío es la causante de la rápida deshidratación de los productos sin protección.

#### **Para el grupo 3**

La pérdida de peso será mayor en los productos que se exponen de manera directa a una corriente de aire.

#### **Para el grupo 4**

A menor diámetro, mayor será la pérdida de agua, pues mayor área superficial es más expuesta a deshidratación.

## PRÁCTICA 3.2 PREENFRIAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

**Introducción** El preenfriamiento es una operación de gran importancia para frutas y hortalizas que van a ser almacenadas en un ambiente refrigerado. Se busca con este tratamiento reducir rápidamente el calor de campo de los productos hasta la temperatura más cercana a la de almacenamiento. Con esto se disminuyen los niveles de respiración que aceleran el deterioro de los productos y el calor que debe retirar el cuarto frío. Así se prolonga la vida útil de los productos y se reducen los costos de energía en la operación del cuarto frío.

De otro lado, el conocer el tiempo que demora el producto en reducir a la mitad la diferencia entre la temperatura que tiene en el campo y la que tendrá durante el almacenamiento, es de gran utilidad en el diseño del tamaño del sistema de preenfriamiento.

- Objetivos**
- Identificar las operaciones que deben realizarse durante el preenfriamiento de frutas y hortalizas, mediante el sistema del hidrogenfriamiento.
  - Determinar el tiempo medio de enfriamiento.

### Materiales

- 3 kg de tomates de 35 a 65 mm de diámetro.
- Cerca de 10 kg de cubos de hielo.
- Tazas plásticas para lavado.
- Refrigeradores domésticos.
- Ventilador doméstico pequeño que se fijará dentro del refrigerador.
- Termómetros de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Papel blanco, marcadores, reglas.

- Orientaciones para el instructor**
- Organice 3 grupos.
  - Entregue a cada grupo el material necesario. Procure que cada grupo reciba 4 tomates de tamaño similar.
  - Realice una simulación de cómo se debe hacer la práctica.
  - Al finalizar, solicite los resultados a cada uno de los grupos y preséntelos analizando el comportamiento de la gráfica.

## PRÁCTICA 3.2 PREENFRIAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

### Instrucciones para los participantes

1. Mezcle agua y hielo en un recipiente plástico. Divida esta mezcla en dos tazas.
2. Tómele la temperatura a la mezcla.
3. Tome la temperatura interna de los 4 tomates a una profundidad de 2 cms.
4. Ponga un tomate en la taza de agua con hielo.
5. Ponga otro tomate en una taza de agua con hielo y constantemente revuelva el agua.
6. Ponga el tercer tomate en el refrigerador, en un lugar alejado del ventilador. Tome la lectura del ambiente.
7. Ponga el cuarto tomate en el refrigerador, directamente frente al ventilador.
8. Asigne un método a cada uno de los integrantes del grupo para que haga la lectura de la temperatura interna del tomate, cada minuto durante media hora, consignándola por escrito.
9. Lleve las frutas al mesón después de 30 minutos, y continúe la lectura de la temperatura cada minuto, durante 10 minutos más.
10. Ponga los datos sobre un gráfico XY donde el eje horizontal represente el tiempo en minutos y el eje vertical representa la temperatura en °C. Una los puntos correspondientes a cada método con un color diferente.
11. Escriba las conclusiones de los resultados del experimento.

Discuta las implicaciones del experimento en términos de eficiencia para cada uno de los métodos de preenfriamiento.

## PRÁCTICA 3.2 PREENFRIAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

### INFORMACIÓN DE RETORNO

Cada uno de los métodos que se ejercitaron presentan diferentes velocidades que se pueden observar mediante el descenso de la curva.

Se toma el promedio entre la temperatura inicial del producto y la temperatura del refrigerante y se divide por dos. Para establecer el tiempo medio de enfriamiento de cada método, leemos en cada una de las curvas el tiempo que se demoró para alcanzar esta temperatura.

Compare los tiempos medios para cada uno de los grupos con el tamaño promedio de los tomates que les correspondió.

Realice un análisis frente al comportamiento de la curva, como si la diferencia inicial entre la temperatura del medio refrigerante y del producto hubiese sido menor.

## MATRIZ DE IMPACTO

### Ejemplo

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS
El 60% de los cítricos almacenados en el cuarto frío, sufren problemas de contaminación con penicillium.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de selección y desinfección de los cítricos antes de ingresar al cuarto frío.</li> <li>Falta de higiene en el cuarto frío.</li> <li>Elevaciones continuas de temperatura y alta humedad relativa en el cuarto frío.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar manejo poscosecha a los cítricos.</li> <li>Definir un plan de manejo y desinfección del cuarto frío.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de cítricos con problemas de penicillium, almacenados en el cuarto frío.</li> </ul>	Erradicar en su totalidad los problemas de ataque por penicillium en los cítricos almacenados en el cuarto frío en 1 mes.

Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

### Ejemplo

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	RESULTADOS ESPERADOS	LOGROS ALCANZADOS	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR OBJETIVOS
El 60% de los cítricos almacenados en el cuarto frío, sufren problemas de contaminación con penicillium.	Eradicar en su totalidad los problemas de ataque por penicillium en los cítricos almacenados en el cuarto frío en 1 mes.	Se redujeron en su totalidad los problemas de ataque de penicillium a los cítricos en el cuarto frío	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguir aplicando el plan de manejo y desinfección del cuarto frío.</li> </ul>

Nota: La columna de resultados logrados se va llenando a medida que se reportan dichos resultados.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## MATRIZ DE IMPACTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS

Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	RESULTADOS ESPERADOS	LOGROS ALCANZADOS	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR OBJETIVOS

Nota: La columna de resultados logrados se va llenando a medida que se reportan dichos resultados.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## RESUMEN

### MÓDULO 3

En el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas es importante considerar las características particulares del producto que se trate, antes de su refrigeración en lo referente a su sensibilidad a la pérdida de agua, generación de calor y producción de etileno.

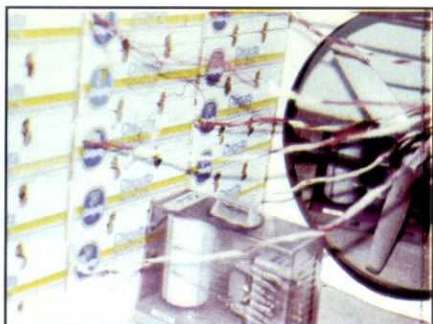
Así mismo, las condiciones de calidad antes de que ingresen las frutas al cuarto frío determinan su vida útil. No es conveniente refrigerar productos contaminados por hongos y bacterias con productos sanos. Los golpes y magulladuras también pueden acelerar la maduración y acortar la vida útil. Es necesario tener presente el grado de madurez del fruto, el tiempo que demoró entre la cosecha y preenfriamiento y las condiciones de manejo durante el cultivo.

Además de lo anterior y en lo referente al producto durante el almacenamiento, se deben revisar las condiciones ambientales ideales tanto en temperatura, humedad relativa como de concentración de etileno generado por el mismo producto o por otros, que se encuentran almacenados en el mismo cuarto.

Durante este almacenamiento ocurren daños en el producto ocasionados por diferentes factores, siendo ellos de carácter fisiológico o daños por microorganismos; dentro de los primeros tenemos los causados por cambios en la concentración de oxígeno, dióxido de carbono o etileno, por presentarse temperaturas por debajo de las recomendadas o por fugas de refrigerante. Los daños por microorganismos son causados por hongos o bacterias que son resistentes a las bajas temperaturas y que se ven favorecidos por los altos niveles de humedad que se requieren para evitar la pérdida de agua.

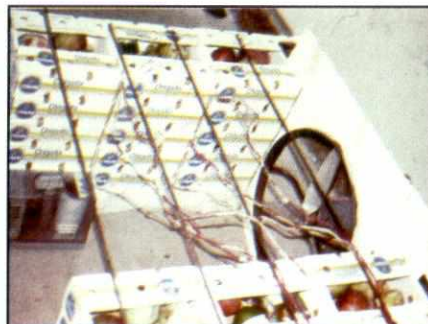
Se presentan los principales tratamientos que complementan la refrigeración como mecanismo que prolonga la vida poscosecha de las frutas y hortalizas. El encerado como protector que reduce la transpiración y la respiración, los tratamientos químicos que inhiben el desarrollo de microorganismos y finalmente, los tratamientos térmicos como medida eficaz que no dejan residuos que contaminen el producto.

Finalmente, se explica el proceso de preenfriamiento, los objetivos de su utilización y se hace una breve descripción de los sistemas más utilizados en frutas y hortalizas.



**Diap. C.F. 3.1**

Preenfriamiento con aire forzado:  
disposición del producto



**Diap. C.F. 3.2**

Preenfriamiento con aire forzado: control  
de temperatura y humedad relativa



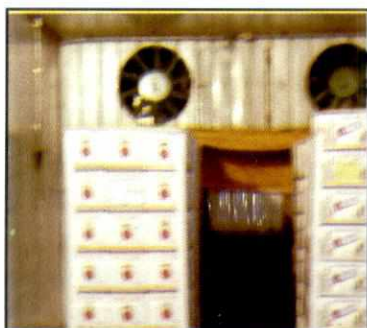
**Diap. C.F. 3.3**

Preenfriamiento con aire forzado:  
armado, vista posterior



**Diap. C.F. 3.4**

Preenfriamiento con aire forzado:  
toma continua y análisis de datos



**Diap. C.F. 3.5**

Preenfriamiento con aire forzado:  
sistema fijo



**Diap. C.F. 3.6**

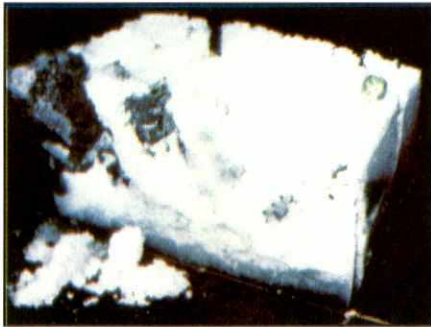
Hidroenfriamiento



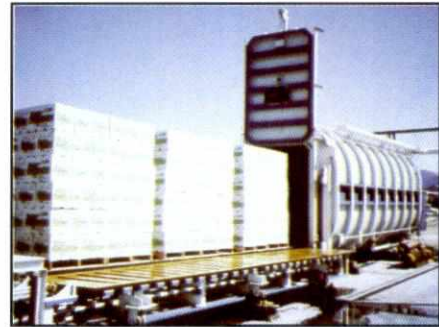
**Diap. C.F. 3.7**  
Preenfriamiento con hielo en la parte superior de estibado



**Diap. C.F. 3.8**  
Aplicación de hielo dentro de los empaques



**Diap. C.F. 3.9**  
Brócoli enfriado con hielo



**Diap. C.F. 3.10**  
Equipo para enfriamiento al vacío



## MÓDULO 4 MANEJO DEL CUARTO FRÍO





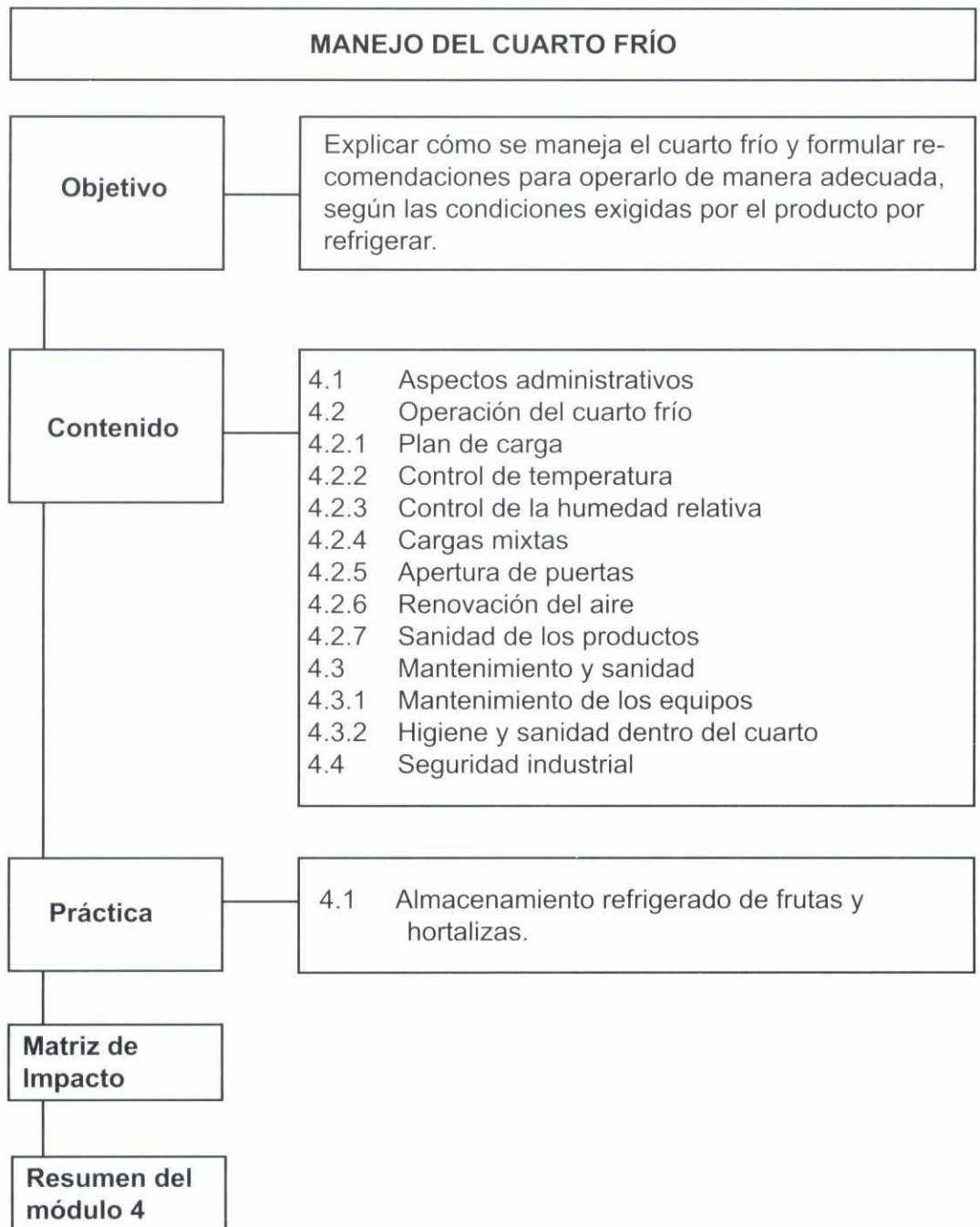
## MÓDULO 4

### MANEJO DEL CUARTO FRÍO

---

Flujograma para el estudio del módulo	4-4
Objetivos	4-5
Introducción	4-5
4.1 Aspectos administrativos	4-6
4.2 Operación del cuarto frío	4-10
4.2.1 Plan de carga	4-10
4.2.2 Control de temperatura	4-14
4.2.3 Control de humedad relativa	4-16
4.2.4 Cargas mixtas	4-17
4.2.5 Aperturas de puertas	4-20
4.2.6 Renovación del aire	4-21
4.2.7 Salida de los productos	4-22
4.3 Mantenimiento y sanidad	4-22
4.3.1 Mantenimiento de los equipos	4-22
4.3.2 Higiene y sanidad dentro del cuarto	4-27
4.4 Seguridad industrial	4-31
Práctica 4.1 Almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas	4-34
Matriz de Impacto	4-38
Resumen módulo 4	4-42
Diapositivas módulo 4	4-43

## FLUJOGRAMA PARA EL ESTUDIO DEL MÓDULO 4



## OBJETIVOS

- General** Explicar cómo se maneja el cuarto frío y formular recomendaciones para operarlo de manera adecuada, según las condiciones exigidas por el producto por refrigerar.
- Específicos**
- Planear las diferentes actividades que se realizan en un cuarto frío para almacenar frutas y hortalizas.
  - Formular recomendaciones para operar el cuarto frío de manera adecuada buscando que el producto se conserve en condiciones óptimas y por el mayor tiempo posible.
  - Identificar los problemas que pueden presentarse durante la operación, y dar las soluciones adecuadas y oportunas.
  - Enumerar los diferentes aspectos que se tienen que considerar en cuanto a mantenimiento de la unidad de refrigeración, sanidad del cuarto frío y seguridad industrial.

## INTRODUCCIÓN

La operación del cuarto frío incide directamente, tanto en la vida útil de los productos almacenados (cómo lograr mantener la buena calidad por mayor tiempo), como en la conservación del sistema de refrigeración. En nuestro medio es muy común encontrar cuartos fríos operando de manera inadecuada, como si se tratara de una nevera, abriendo las puertas sin control, introduciendo y retirando productos cuándo y dónde se desea, y sin tener los mínimos cuidados con los equipos. Cuando esto sucede en una bodega de frutas y hortalizas, muy pronto se deja de utilizar, pues este manejo causa un deterioro al producto, por pérdida de agua, por contaminación con microorganismos, y finalmente, un daño de los equipos.

En este módulo se pretende orientar en gestión, operación y control de las actividades que se deben desarrollar en un cuarto frío.

## 4.1 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Como se dijo, un cuarto frío no se puede manejar de un modo arbitrario. Se requiere establecer criterios administrativos, operativos y de control que garanticen un uso adecuado y eficiente de los equipos; esto permitirá que se logren los beneficios esperados para los productores y comerciantes. Es así como se debe planificar su utilización, prever los controles de calidad, capacitar el personal que lo operará, registrar las entradas y salidas, organizar la apertura y cierre de puertas, entre otras actividades.

Como toda empresa con objetivos definidos, el manejo de un cuarto frío requiere de una dirección clara, que esté en armonía con este objetivo planteado y que pueda identificar en todo momento tanto las políticas de utilización del cuarto como las responsabilidades personales.

No es una administración autoritaria, porque se requiere que exista suficiente confianza entre quien administra, quien opera y quien utiliza el servicio, pero sí debe haber claridad en la toma de decisiones, sobre todo ante situaciones que requieren urgente solución. El tener definido el organigrama, claridad en las funciones y reglas de trabajo, facilitan la operación del cuarto frío.

Uno de los problemas que surgen por un inadecuado manejo, es el deterioro del producto: algunas veces será pérdida de peso, marchitez, calidad organoléptica, pero en ocasiones, puede ocurrir un problema serio de contaminación por hongos o de daño por frío (ver 3.3) que lleve a la pérdida total del producto. Aquí la autoridad de mando es muy importante: el determinar qué hacerse, cómo hacerlo y vigilar que se haga es vital para garantizar la calidad del producto.

La **planificación** del uso del cuarto frío es otro aspecto por considerar. Establecer un calendario de cosechas, períodos de operación, inscribir cultivos, determinar topes de volúmenes y asignar cupos, definir tarifas, son entre otras las actividades que es necesario prever. Se requiere considerar los volúmenes de producción, relacionados con las épocas de abundancia; este dato permitirá administrar el cuarto frío de una manera adecuada, y ofrecer el servicio sólo hasta donde la capacidad de éste permita. Determinarlo será posible siempre y cuando se tenga un fuerte contacto entre quienes lo ad-

ministran y los usuarios que utilizarán los servicios de almacenamiento. Las cantidades almacenadas se calcularán buscando la utilización óptima y en lo posible, a plena capacidad.



Establecer una **zonificación** dentro del cuarto frío. La disposición de los productos en sus lugares de almacenaje debe considerar los factores enunciados a continuación. Ellos determinan el funcionamiento óptimo del almacén:

- Máxima utilización del espacio disponible.
- Minimización de los costos de manipulación.
- Localización fácil y correcta de los productos.
- Facilidad de acceso a los productos.
- Máxima seguridad, tanto para los productos como para el personal.
- Facilidad de inventariar los productos.

Además de esto, las cámaras de refrigeración que almacenarán diferentes productos de alta rotación deben tener presente lo siguiente:

- **Compatibilidad:** ¿qué productos pueden almacenarse en el mismo cuarto frío y cuáles no?
- **Rotación:** los productos tienen diferentes índices de rotación. Conociendo estos, se pueden minimizar los costos de manipulación situando los productos de mayor movimiento cerca a la salida.
- **Susceptibilidad:** a la maduración o a daños patológicos poniendo los productos en lugares que sean fácilmente inspeccionados.
- **Sistema de ubicación:** para cuartos fríos grandes, donde se almacenan varios productos, se requiere un sistema lógico de inventario que permita encontrar rápidamente un producto.

El **control de los costos de operación:** es un determinante de primer orden en la administración de un cuarto frío. Comprende los servicios (energía, agua, teléfono), el mantenimiento de los equipos, y la mano de obra

requerida para la operación; el análisis debe hacerse por períodos amplios (anualidades, semestre). Cuando se requiera se incluirán los costos de amortización del capital de inversión para construir el cuarto frío.

Estos costos anualizados pueden ser:

- **Energía:** en función del tamaño del equipo, del tiempo de funcionamiento durante el año y del precio de la energía.
- **Mantenimiento:** se puede estimar en 3% de las inversiones en los equipos.
- **Mano de obra:** en relación con el tamaño, con el volumen por movilizar y el tiempo de funcionamiento al año.

*Con esta información se puede establecer,  
para un tonelaje promedio de productos que se almacena,  
el costo de utilización en \$/ton/día.*

Diapositiva  
C.F  
4.2

La **capacitación del personal** en el comportamiento de las frutas y hortalizas en poscosecha, en el efecto del frío sobre ellas, en el manejo de cuartos fríos y en especial el conocimiento de los equipos de refrigeración y del cuarto, es un evento que debe realizarse periódicamente para lograr un acertado manejo de los productos durante su almacenamiento.

Diapositiva  
C.F  
4.3-4.4

El **registro y control** como memoria escrita de las actividades realizadas, es un instrumento bastante eficaz para optimizar la utilización del cuarto. Las tablas de temperaturas, compatibilidades, tiempos de almacenamiento para frutas y hortalizas son sólo una guía; las condiciones particulares de clima, variedad, grado de madurez, entre otras, hacen que cada almacenamiento sea muy específico.

El registro de las operaciones de cargue del cuarto y salida de productos, anotando fechas, volúmenes, características del producto/empaque, condi-

ciones de almacenamiento y problemas presentados durante el mismo, son base fundamental para analizar el funcionamiento del cuarto y mejorar su utilización. Igualmente, el registro de los costos permite determinar el valor que tiene la utilización del frío y al relacionarlo con la cantidad de producto podremos obtener los costos por kilogramo, dato que puede servir para establecer las tarifas de utilización del servicio.

Finalmente, el **aseguramiento de la calidad**, como elemento vital para garantizar el servicio que se ofrece. El aseguramiento de la calidad es un conjunto de acciones de naturaleza técnico-administrativas tendientes a prevenir la presencia de peligros y riesgos de naturaleza física, química, microbiológica y nutricional, asociados con la materia prima, el almacenamiento, el procesamiento y la distribución, con el fin de asegurar calidad y confianza del consumidor en lo que se produce.

Es una herramienta preventiva en el control de la calidad, que se aplica de manera sistemática para identificar los peligros potenciales, en este caso tanto en las condiciones del producto como en las actividades que se realizarán durante el almacenamiento. Para su aplicación se requiere:

1. Que los usuarios y operarios del cuarto conozcan bien el proceso de almacenamiento refrigerado y los riesgos del mismo;
2. Que se tomen medidas técnicas y científicamente probadas como eficaces;
3. Tener en marcha dispositivos para identificar problemas y prever acciones correctivas; y,
4. Dejar evidencias escritas de las modificaciones realizadas.

El aseguramiento de la calidad aplica los siete pasos que se enumeran a continuación:

- Identificación de peligros y evaluación de la gravedad de los riesgos.
- Determinación de los Puntos de Control (P.C.).
- Especificación de los Límites Críticos (L.C.)
- Establecimiento de los métodos de monitoreo.
- Aplicación de medidas correctivas.

- Verificación del sistema.
- Registro de la información.

Tener en cuenta los aspectos anotados aquí permitirá que el cuarto frío cumpla con el objetivo esperado, en las condiciones deseadas y a satisfacción de quienes utilizan el servicio. Este tema se explica con más detalle en el manual del Natural Resources Institute (1994).

## 4.2 OPERACIÓN DEL CUARTO FRÍO

Almacenar frutas en un cuarto frío requiere de gran atención a una serie de aspectos que en su conjunto garantizan el éxito de la operación. Estos aspectos han sido enunciados especialmente en el módulo 3 y algunos de ellos se repetirán aquí.

Uno de ellos es la cadena de frío, que garantiza que los productos se mantendrán en una temperatura durante todo el tiempo de comercialización. Aunque el preenfriamiento y el almacenamiento refrigerado son dos operaciones separadas, el tiempo que transcurre entre una y otra debe ser mínimo para evitar que la fruta incremente su temperatura y pierda los efectos benéficos logrados con el preenfriamiento.

Previamente a la carga del cuarto frío se deben establecer las condiciones en las que se almacenarán los productos. Cada uno tiene una temperatura y humedad relativa ideales para lograr el mayor tiempo de conservación. Se sugiere revisar el anexo 6.2 sobre temperaturas ideales de almacenamiento y el inciso 3.3 sobre daños por frío.

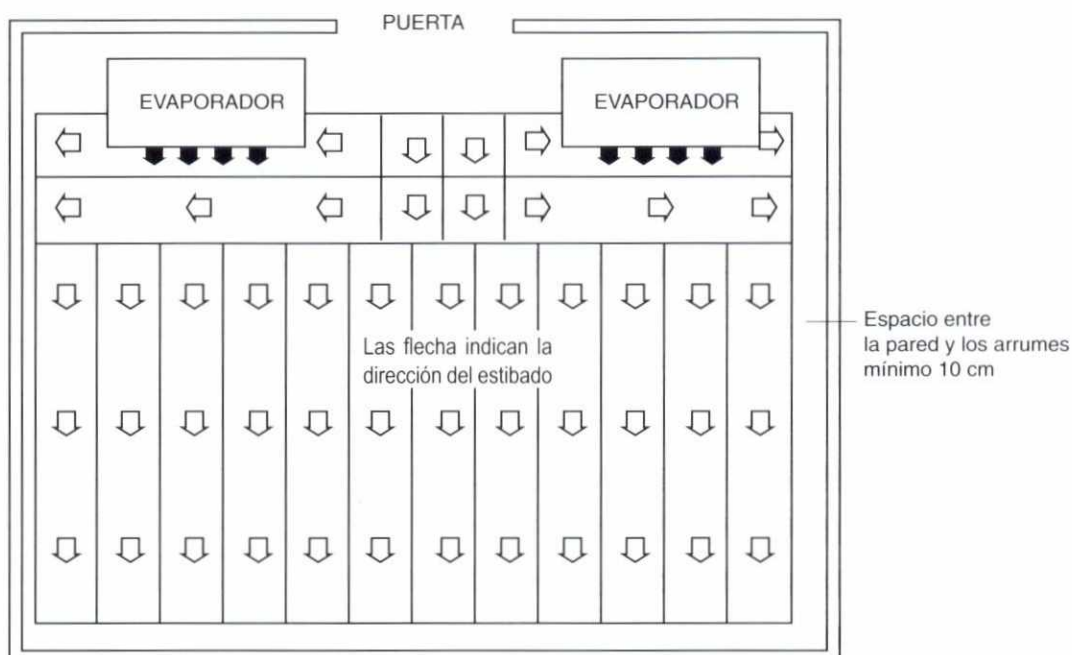
**4.2.1 Plan de carga** Es conveniente establecer un plan de carga. La cantidad de fruta que puede almacenar un cuarto está limitada por las áreas de circulación de personal (para inspeccionar y movilizar producto) y recirculación del aire. La disposición de las cajas dentro del cuarto debe estudiarse previamente para lograr el máximo aprovechamiento del espacio.

Establecer con claridad el área de almacenamiento asignada a cada carga puede facilitar el trabajo. Se sugiere que se tracen líneas en el suelo o en el techo para delimitar el área de arrumes, identificando con números o letras las áreas, sobre todo si se usarán estibas o tarimás; esto facilita a su vez, el

control de lo almacenado. Aunque se aplica el principio “lo primero que entra, lo primero que sale”, en frutas y hortalizas es prioritario el estado de maduración y la calidad del producto. La disposición adecuada de los arrumes puede ahorrar espacio considerable y reducirle problemas a productos que resulten afectados por la respiración y el etileno, generado por productos vecinos (*Figura 4.1*).

**Figura 4.1**

Patrón de estibado para máxima eficiencia de refrigeración.



Es recomendable que toda la fruta por almacenar sea introducida al cuarto frío en una sola operación. Esto evita problemas con las oscilaciones de temperatura y descenso de la humedad relativa, causadas por introducir frutas con temperatura alta a un cuarto refrigerado y por abrir y cerrar las puertas continuamente. Conviene recordar que si la fruta entra preenfriada se reduce su deshidratación.

Si se requiere ir refrigerando fruta diariamente, la cantidad está limitada a la capacidad de la unidad de refrigeración y no debe introducirse fruta nuevamente, mientras la temperatura del cuarto no se haya estabilizado. Esta información puede suministrarla el fabricante para cada caso en particular.

Se recomienda, al introducir fruta sin preenfriar, ponerla cerca del piso y lejos del termostato. Al estar cerca puede elevar la temperatura de este termostato, colocándose en marcha el equipo de refrigeración; se reduce entonces, la temperatura por debajo de la de diseño lo que puede causar daños en los productos si ellos son sensibles al frío.

Diapositiva  
C.F  
4.5

La carga se localiza en función de los ventiladores del evaporador. Se busca que exista una buena circulación del aire alrededor de los productos; en las cámaras con ventiladores en un extremo, los embalajes se ponen con su lado más ancho paralelo a la máxima longitud de la cámara.

Serán mínimos los pasillos para inspección y no deben crearse pasillos preferenciales, es decir unos más anchos que otros, porque los espacios amplios recogen la mayor cantidad de aire, y el aire frío no atraviesa los productos. En los cuartos pequeños, se puede tener sólo un pasillo pequeño en la mitad, que no llegue hasta el fondo del cuarto. Los arrumes no deben estar apoyados contra las paredes del cuarto frío; se requiere un mínimo de 10 cm. entre el arrume y la pared para facilitar la circulación del aire. Para mantener este espacio se utilizan topes (Ver el inciso 2.3).

Diapositiva  
C.F  
4.6

En el caso de los cuartos fríos que tienen el conjunto evaporador-ventilador acoplado al techo la altura de la carga no debe sobrepasar la parte inferior de los ventiladores. Esto ofrece la menor resistencia al aire y facilita la distribución y llegada del aire frío a todos los lugares de la cámara (Figura 4.2). Cuando los cargues y descargues se hacen de manera manual, la altura de la carga se limita a un máximo de 2,5 m para prevenir accidentes y facilitar la operación. Los productos que por alguna razón reciben directamente el aire que sale del evaporador deben protegerse, para evitar su congelación o deshidratación.

Diapositiva  
C.F  
4.7

Diapositiva  
C.F  
4.8

En cuanto a los empaques (tema que se trata en 2.2.4), estos deben ser acordes con el tipo de producto, evitando cajas de madera demasiado secas, pues ésta absorbe humedad del aire o de los productos. También se requiere que sean lo suficientemente robustas que permitan el arrume, en especial las cajas de cartón serán reforzadas para que las variaciones de la humedad del ambiente no afecten su resistencia. Por otro lado, tendrán aberturas en una cantidad tal que permita que el producto esté en contacto permanente con el aire recirculado; se recomienda que estas aberturas sean el 15% de la superficie lateral del recipiente.

Figura 4.2

Área superior libre para permitir la circulación del aire.



Diapositiva  
C.F  
4.9

Es necesario usar cajas de dimensiones similares en la base y que se puedan acomodar sobre las estibas con facilidad. En el caso de las canastillas plásticas, son muy comunes las de 40 x 60 cm (*Figura 4.3*). Estas son ideales porque no absorben humedad, son livianas, resistentes y de larga vida, pero su limpieza es prioritaria para conservar la higiene dentro del cuarto frío.

Figura 4.3

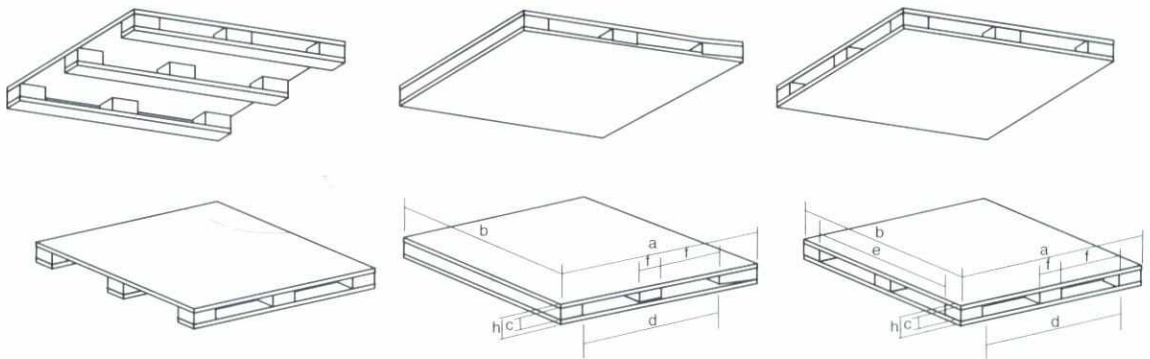
Tipo de canastilla plástica ideal para frutas y hortalizas.



Algunas frutas se refrigeran en cantidades pequeñas y dentro de bolsas plásticas, para la venta al detalle, buscando crear un atmósfera modificada (que se trata en 1.4). Aunque esto se acostumbra en la mora, es mejor manejarla a granel con un tratamiento químico (ácido ascórbico). Así lo determinó un estudio de la Universidad del Quindío, que propone almacenarla a temperatura de 0 a 1 °C y humedad relativa de 92%, ácido ascórbico en solución al 1%. (FRANCO, 1997).

El uso de estibas o tarimás permite suprimir los pasillos transversales de inspección de mercancías (porque pueden moverse con facilidad), favorece la circulación del aire por debajo de los arrumes, reduce los riesgos de accidentes durante el manejo y transporte y en general facilita la manipulación y el control de la mercancía. Las tarimás deben tener un número adecuado de tablas en la parte superior y su diseño no debe impedir la circulación de aire (Figura 4.4).

Figura 4.4  
Medida de las tarimás.



Dimensiones en cm.	a.	80	120	d.	(mín)59	71	f.	(máx)15	15
	b.	120	120	e.	(mín)80	80	h.	(máx)12.5	12.5
	c.	10	10						

#### 4.2.2 Control de la temperatura

No existe una temperatura ideal a la cual se puedan conservar todas las frutas y hortalizas, pues cada especie y variedad tiene una temperatura con la cual se logrará el máximo de vida útil. Lo que sí es una generalidad es que a medida que se reduce la temperatura, también se reducen la actividad respiratoria y el proceso de maduración de los vegetales almacenados.

Mientras no se trate de frutas u hortalizas sensibles al daño por frío, la temperatura más baja será inmediatamente arriba de su punto de congelación. En el anexo 6.2 se muestran las condiciones ideales de almacenamiento para diferentes frutas y hortalizas.

Debido a las características del diseño del cuarto frío, la temperatura dentro del espacio refrigerado oscila entre un máximo y un mínimo, según la sensibilidad del termostato. Cuando se trata de productos sensibles al frío o cuando estamos almacenando cerca de las temperaturas de congelación, estas oscilaciones pueden causar daños serios; la sensibilidad del termostato debe ser de  $\pm 0.5$  °C.

Diapositiva  
C.F  
4.10-4.11

La oscilación de temperaturas se puede evitar si la cámara frigorífica está perfectamente aislada, si se ha hecho un cálculo correcto de la potencia frigorífica, y si el embalaje y arrume de los productos permite una circulación adecuada del aire. La recirculación es una característica por exigir durante el diseño; está relacionada con la capacidad de los ventiladores (caudal y velocidad), que garantizará que el aire fluya a través de toda la carga, de manera uniforme para que no ocurran enfriamientos irregulares dentro de la cámara. (FAO, 1985).

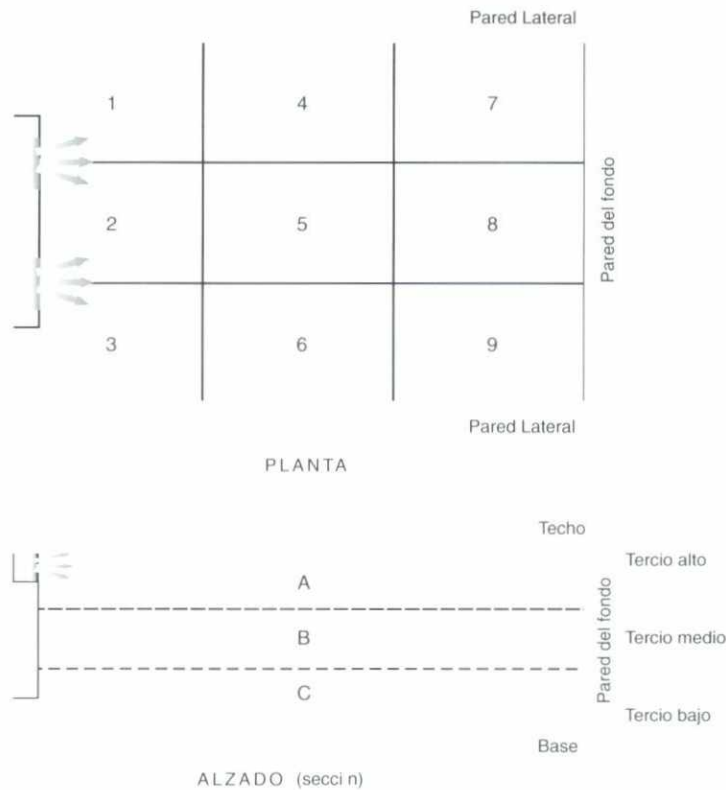
La cámara no siempre permanece llena, pero cuando esto ocurre debe existir la garantía de recircular el aire por todos los lugares donde haya fruta u hortaliza; son seres vivos que continuamente respiran, lo que incrementa el calor del aire inmediatamente a su alrededor. Se recomienda que como un mínimo de 10% del volumen total quede libre para garantizar la adecuada recirculación, pero este valor puede reducirse si se tienen estibas o pallets que permitan el paso de aire por la parte inferior de los embalajes.

El caudal de aire que circula varía según el producto. Para almacenamiento de productos sensibles a la deshidratación se recomiendan velocidades máximas de recirculación del aire de 20 m<sup>3</sup>/min/ton de producto. Para productos menos sensibles, se pueden usar velocidades de recirculación de 30m<sup>3</sup>/min/ton. La velocidad del aire no afecta la pérdida de agua si el aire mantiene una buena humedad relativa (HARDENBURG, 1989).

Por otro lado, dentro del cuarto, se producen zonas frías y “calientes”; como se referencia en la Figura 4.5, se pueden presentar unas temperaturas mínimas en los horizontes A y B en 1, 2 y 3 y unas temperaturas máximas en el horizonte A en 7, 8 y 9 y en el horizonte C desde 4 a 9. Estas diferencias se acentúan a medida que la circulación del aire dentro del cuarto es obstruida por una mala disposición de los productos. (DURÁN, 1983).

Figura 4.5

Temperaturas en las distintas partes de un cuarto frío.



### 4.2.3 Control de la humedad relativa

Este es uno de los factores de más difícil manejo, y es común encontrar cuartos fríos operando en condiciones de muy baja humedad relativa. Esto ocurre principalmente cuando el área del difusor o evaporador no es la adecuada y la temperatura del refrigerante es muy baja.

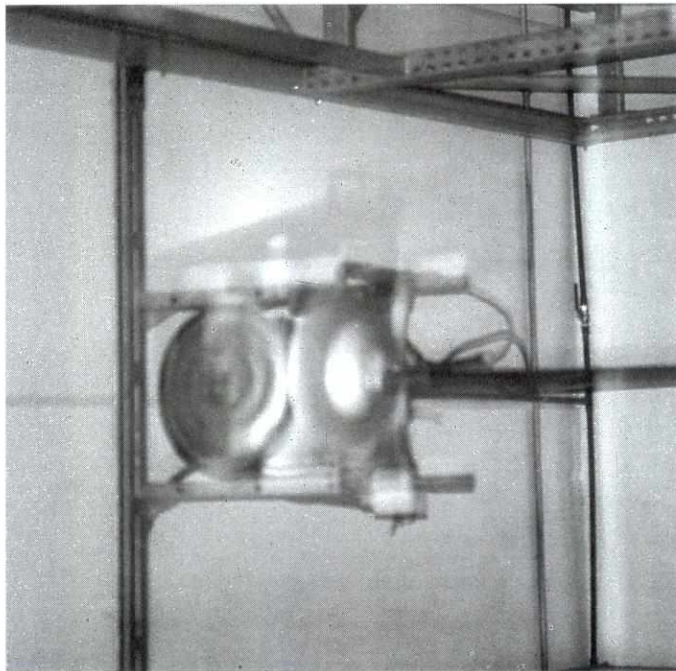
Si la diferencia entre la temperatura del refrigerante y la temperatura del aire por refrigerar es amplia, ocurrirá condensación sobre el difusor y el aire saldrá hacia los productos frío, pero seco, lo que causará una fuerte deshidratación de los productos almacenados; si además se presenta una rápida circulación del aire por una alta capacidad de los ventiladores, la pérdida de agua en los productos será mayor.

Otro causante de la reducción de la HR es la oscilación de la temperatura, como resultado de la apertura frecuente de puertas y el funcionamiento no continuo de la unidad de refrigeración. En el siguiente inciso se hará referencia al manejo de las puertas como causante fundamental, y se darán algunas recomendaciones. En cuanto al funcionamiento de la unidad, esto es dado por las características del sistema, el aislamiento y la regulación del termostato.

Para reducir el problema se utiliza un dispositivo llamado humidificador que se encarga de dispersar vapor de agua al medio ambiente dentro del cuarto frío (Figura 4.6). Para incrementos considerables de temperatura, (más de 2°C) la humedad que pierde el aire puede condensarse sobre la fruta; el agua puede combinarse con el dióxido de carbono y producir ácido carbónico, que ocasiona alteraciones de sabor a las frutas.

Figura 4.6

Humidificador.



**4.2.4 Cargas mixtas** Las mezclas de productos no son recomendadas en el almacenamiento de frutas y hortalizas, debido a su incompatibilidad en cuanto a:

- Temperatura recomendada. No mezclar productos sensibles al daño por frío en diferentes temperaturas o que se congelen al almacenarse por debajo de 0°C.
- Humedad relativa recomendada. Aunque la mayoría de los productos requieren alta humedad relativa, esto no ocurre con productos como la cebolla cabezona y el ajo.
- Producción/sensibilidad de etileno. Frutas altamente generadoras de etileno pueden acelerar la maduración de otras o deteriorar la calidad de las hortalizas almacenadas con ellas.

- Producción/absorción de olores. Nunca se deben almacenar juntos productos que emitan olores (aguacate, cebolla) con productos que los absorban fácilmente (piña, apio).

Sin embargo, a menudo los volúmenes que se refrigeran de un producto no justifican la utilización exclusiva del cuarto frío, por lo que se complementan con otro tipo de productos (a veces no vegetales). Esto sucede con mucha regularidad en los cuartos fríos de minoristas y de supermercados, donde la rotación del producto es alta y los volúmenes que se busca, mantener de cada producto, son bajos.



Una forma de evitar daños en los productos es poner a la entrada de cada cuarto frío un listado de lo que allí puede guardarse (Figura 4.7)

Figura 4.7

Manera de evitar errores durante la carga del cuarto frío.



Una guía para realizar esta operación se encuentra en el Cuadro 4.1, donde se ponen bajo condiciones similares (o de compatibilidad) los productos que no tendrán problema de contaminación mutua. Deben tenerse en cuenta además, los problemas de contaminación por absorción de aromas que se enumeran en el Cuadro 3.6.

Cuadro 4.1 Grupos de compatibilidad de algunas frutas y hortalizas

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	Grupo	1	2	3	4	5	6	7
H. relativa (%)	max 90	65	85	85	85	85	85	H. relativa (%)	max 90	65	85	85	85	85	85
	min 95	75	90	90	90	90	90	min	95	99	75	90	90	90	90
Acelgas		x						Limón						x	
Aguacate						x		Litchie	x						
Ajo			x					Mamey						x	
Albaricoque	x							Mandarina				x			
Alcachofa		x						Mango						x	
Babaco					x			Mangostino						x	
Banano maduro						x		Manzana	x						
Berenjena					x			Maracuyá						x	
Breva - higo	a							Melocotón	x						
Brócoli		x						Melón pintón						x	
Calabaza						x		Mora	x	x					
Carambola					x			Naranja				x			
Cebolla seca			x					Nectarinas	x						
Cebolla verde		b						Okra					x		
Cereza	x	x						Papaya						x	
Ciruella	x							Pepino					x		
Coco								Pera	x						x
Coles de bruselas		x						Pimentón					x		
Coliflor		x						Piña						x	
Curuba				x	x			Pitaya				x	x		
Chirimoya						x		Plátano						x	
Durazno	x							Rábano	x	x					
Espárrago blanco		x						Repollo	x						
Espárragos		x						Sandía patilla							x
Espinacas		x						Tamarillo				x	x		
Feijoa						x		Tangelo				x			
Fresa	x							Tomate					x	x	x
Granadilla						x		T. árbol				x			
Guanábana						x		Toronja						x	
Guayaba						x		Toronja blanca					x		
Hongos	x	x						Tuna				x			
Kiwi		x						Uva	x	x					
Kumquat				x				Uchuva					x		
Lechuga		x						Yuca	x						
Lima						x		Zanahoria		x					
Lima tahití						x									

Fuente: Gallo (1996), p. V.26.

a: No con manzanas.

b: No con higo, uva, hongos, ruibarbo, maíz dulce.

x: son compatibles por grupo.

#### 4.2.5 Apertura de puertas

En las operaciones de cargue y descargue del cuarto frío, es frecuente dejar la puerta completamente abierta. En este momento el aire caliente del exterior ingresa a la cámara elevando la temperatura y causando un desbalance en la humedad relativa.

La compensación de temperatura no ocurre inmediatamente y el tiempo que lleva a los equipos bajar a la temperatura de almacenamiento está en función de la cantidad de aire que haya entrado del exterior. Esta depende de la duración de la apertura, la altura de la puerta, el volumen del cuarto, las condiciones de temperatura interior y exterior, etc..

Para reducir este problema se recomienda:

- Utilizar un sistema generador de aire, a manera de cortina, que impida la entrada de calor cuando se abre la puerta (*Figura 4.8*).
- Poner en la puerta una cortina de tiras anchas de plástico flexible y grueso, que cubra el vano de la puerta. (*Figura 4.9*).
- Controlar la manipulación de la puerta en lo posible a un número fijo de veces por día, a unas horas cuando la temperatura ambiente sea fresca y para realizar movimientos importantes del producto.
- Informar al personal de la planta y a los usuarios del servicio sobre las razones para realizar este control en la apertura y cierre de puertas.
- Mantener en buen estado las tiras de plástico y cambiarlas cuando presenten deterioro.

Figura 4.8

Sistema de cortina de aire.

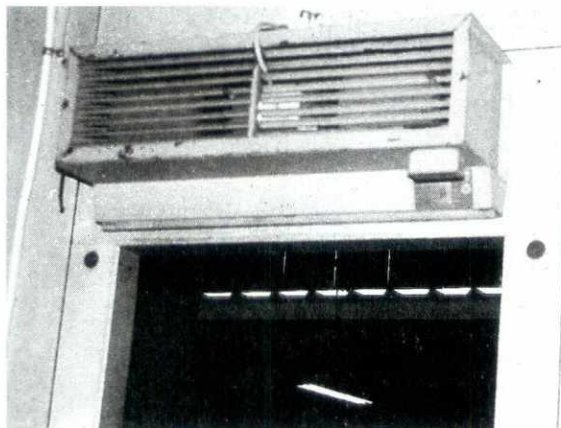


Figura 4.9

Cortina de Termofilm.



**4.2.6 Renovación del aire** La renovación del aire sólo es necesaria cuando se almacenan productos por un tiempo prolongado. Consiste en renovar por completo el aire del interior de la cámara con aire fresco del exterior. Esta es útil para productos que generen gran cantidad de etileno (ver 3.1.1) El volumen de aire que se introduce está entre 8 y 10 veces el volumen de la cámara, para garantizar la remoción total de los gases indeseables (etileno, gas carbónico); para el cálculo del tiempo de renovación, se considera la capacidad de los ventiladores.

Si  $q$  = Capacidad de los ventiladores ( $m^3$ /hora)

$V$  = Volumen del cuarto refrigerado ( $m^3$ )

$t$  = Tiempo que dura la operación de renovación del aire (horas)

Tenemos: 
$$t = \frac{(8 \text{ a } 10) \times V}{q}$$

En cuartos fríos pequeños puede realizarse la operación de renovación del aire abriendo la puerta por períodos cortos de tiempo (10 minutos por vez), cerrando la puerta y esperando a que la temperatura alcance los niveles normales antes de abrir nuevamente la puerta.

La renovación del aire es una operación que se recomienda hacerla rápidamente y en lo posible en las primeras horas de la mañana (cuando el aire esté más frío y húmedo), pues produce condensación de agua sobre los productos y consume una cantidad de energía adicional apreciable. La frecuencia se debe determinar para cada producto, de manera experimental, observando el comportamiento de los productos y los beneficios de esta operación.

**4.2.7 Salida de los productos** Al sacar los productos del cuarto frío, se cubren de humedad como resultado de la condensación del vapor de agua sobre la superficie fría de las frutas y hortalizas. Esto puede ocasionar problemas de sanidad y de presentación del producto.

Este problema se reduce sacando los productos en horas de baja temperatura durante el día y cuando el ambiente exterior tenga una humedad relativa baja o cubriéndolos con plásticos delgados para que la humedad no se deposite sobre los productos; también se dejan temporalmente en las antecámaras y en condiciones de humedad relativa baja.

La Figura 4.10 se puede utilizar para saber si existirá condensación de la humedad del ambiente sobre los productos.

Para su utilización práctica se requiere de un termómetro, un higrómetro (o un sicrómetro) (como se indica en 1.1.2).

Por ejemplo, si un producto se encuentra a 6°C y el aire del exterior está a 20°C se producirá condensación, si la humedad relativa del exterior es mayor a 38%. (FAO, 1985).

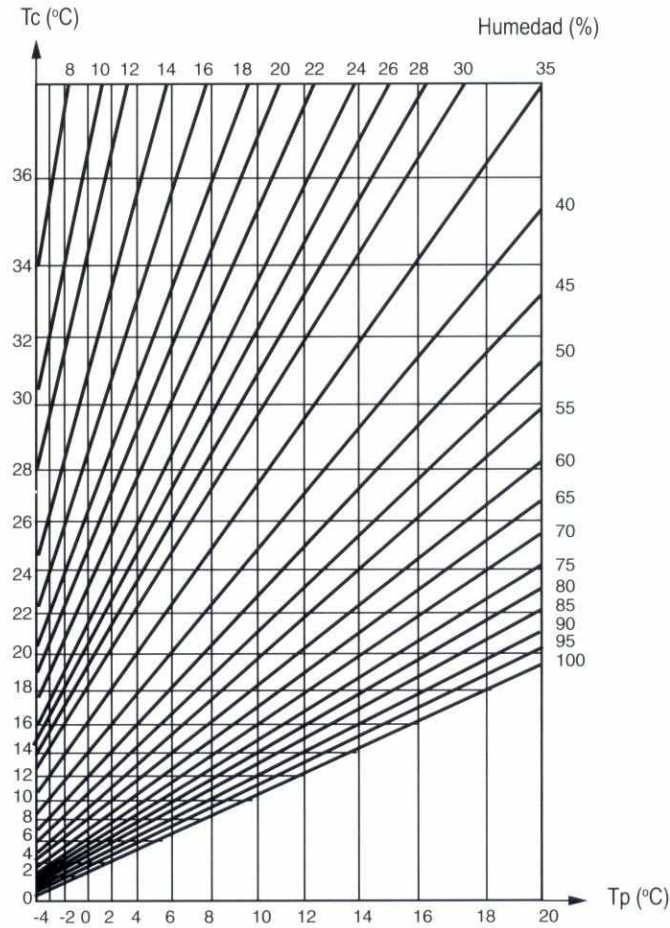
El frío retrasa e incluso inhibe la maduración de algunos vegetales; se recomienda entonces, realizar una maduración complementaria a la salida de los productos, colocándolos a una temperatura entre 12 y 14 °C, y condiciones de humedad relativa que impidan la deshidratación.

### 4.3 MANTENIMIENTO Y SANIDAD

**4.3.1 Mantenimiento de los equipos** El primer requisito para una eficiente operación de un cuarto frío es tener un buen conocimiento del funcionamiento de las máquinas y de sus características y un estudio constante de las tareas de refrigeración que son necesarias.

Figura 4.10

Diagrama para conocer temperatura de condensación sobre las frutas.



El cambio continuo de la carga produce cambios en las condiciones de calor al ser retirado por la máquina y requiere de inspecciones regulares para obtener resultados óptimos.

Los controles automáticos operan sólo en el intervalo en que se ha especificado y deben ser continuamente chequeados y ajustados para evitar problemas con los equipos de refrigeración. Se recomienda entonces tener equipos de medición directa (manómetros para medir la presión y termómetros para medir la temperatura), que puedan mostrar lo que en realidad ocurre dentro del sistema, en el instante de la medida.

Pero no debe olvidarse que los manómetros, después de usados por algún tiempo pueden proporcionar lecturas falsas, por problemas dentro de su mecanismo interno causados por el deterioro natural. La mayoría de los manómetros tienen tornillos de ajuste que permiten graduarlo hacia la lectura real; deben ser chequeados cada seis meses por un técnico especialista para estar seguros de su precisión. Los manómetros deben ser fáciles de leer

y estar localizados para indicar la succión del compresor y la presión de descarga. El tipo y la precisión de estos manómetros los puede indicar el fabricante del cuarto frío, y son dados por los requerimientos del equipo de refrigeración.

Muchos cuartos fríos tienen termómetros (de vidrio o digitales) en las líneas de baja y alta presión del sistema de refrigeración (véase 1.1.2), y se pueden acondicionar otros, dentro del ambiente refrigerado. Para el interior de estos cuartos que almacenarán frutas y hortalizas es necesario monitorear además de la temperatura, la humedad relativa que reina en el ambiente; esto puede hacerse con un sicrómetro, con un termohigrómetro (que entrega lecturas digitales puntuales) o con un termohigrógrafo (que entrega registros continuos de temperatura y humedad relativa).

La lectura de estos aparatos se realiza de manera periódica y las condiciones de operación del cuarto frío no deben cambiar sin alguna razón, que puede ser un cambio en las cargas (productos almacenados) o un mal funcionamiento que requiere del servicio técnico. Las condiciones de manejo deben ser registradas de manera que cualquier cambio sea detectado oportunamente y se tomen las medidas correctivas a tiempo. Conviene mantener un libro donde se anoten tanto los movimientos del producto, temperatura y humedad relativa como las operaciones de mantenimiento realizadas.

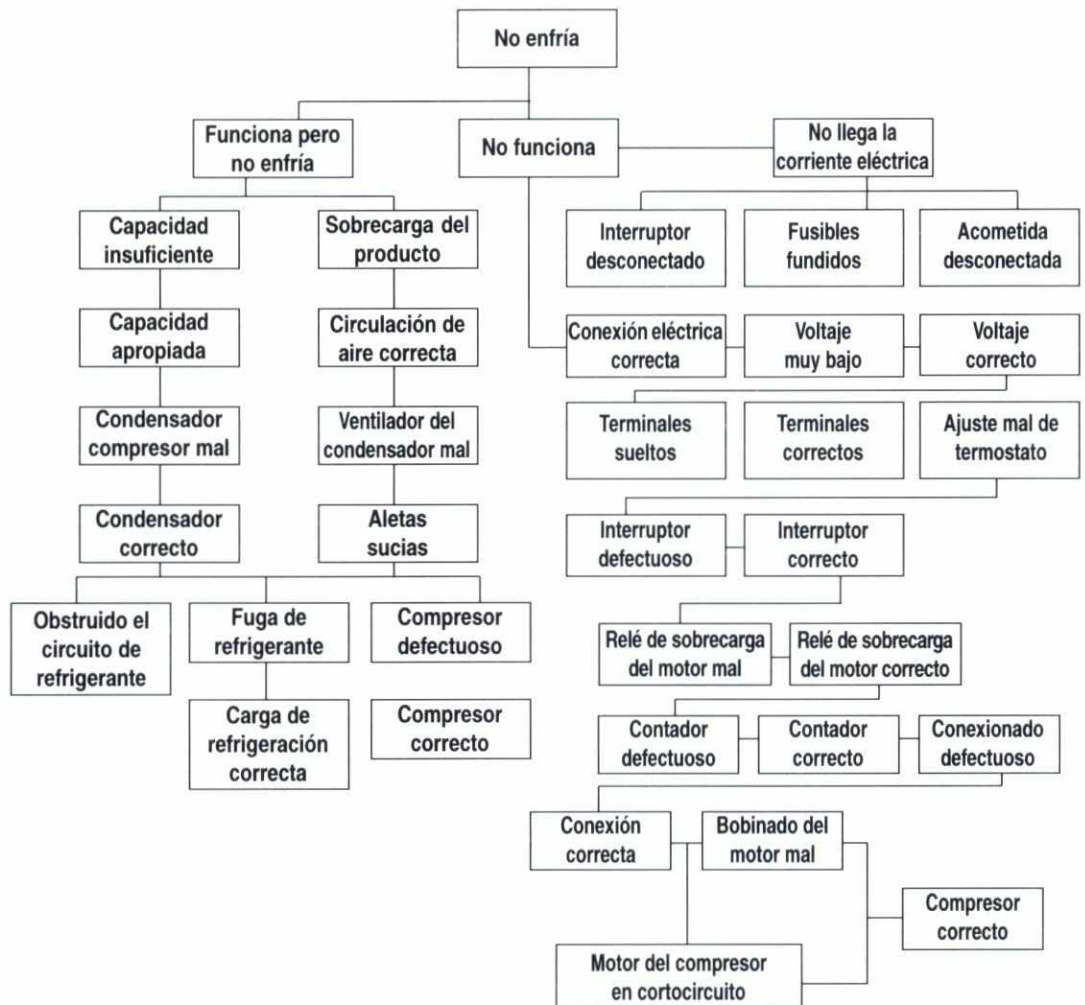
Es imprescindible programar la operación de descarche del evaporador, pues el hielo reduce la eficiencia de los equipos y puede ocasionar incrementos de temperatura no deseados. El número y los períodos de descarche se hace según necesidades. Esta operación puede realizarse de diferentes maneras: con aire (compresor parado y ventiladores en marcha), con agua (ducha de agua sobre el evaporador), mediante resistencias eléctricas o mediante gas caliente (con inversión del ciclo de refrigeración). (DURÁN, 1983).

Ante un problema que presente un cuarto frío durante su funcionamiento, la primera consideración es la identificación de la causa posible (ver Figura 4.11).

Figura 4.11

Diagnóstico  
de averías

(tomado de Alarcón, 1992).



Cuando un cuarto frío presenta problemas, éstos casi siempre son detectados sólo cuando son de una magnitud que afecta la calidad de los productos refrigerados. Una buena operación de un cuarto frío debe estar acompañada de un programa de mantenimiento preventivo. Así se reducen los gastos de reparación de partes del equipo y se minimizan tanto los daños en la máquina de refrigeración, como las pérdidas económicas por deterioro de los productos almacenados.

Los manuales de servicio, las instrucciones de operación y de seguimiento a los diferentes controles y las listas de repuestos las suministra el fabricante del cuarto frío. Además, se recomienda tener el contacto permanente con un técnico calificado que pueda acudir en el momento en que el sistema de refrigeración presente una falla.

Algunos de los items de manutención para tener presente son los siguientes:

- Las válvulas de expansión.
- Válvulas solenoides.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Termostatos.
- Controles de presión de aceite.
- Controles de voltaje.
- Termostatos.
- Controles de baja y alta presión.
- Válvulas de seguridad.

De estos items, se deben chequear las condiciones de operación dadas por el fabricante, con las que presenta en el momento el sistema. Aunque la mayoría de los equipos de refrigeración son unidades selladas que presentan dispositivos de lectura, algunos equipos de gran capacidad requieren de unas revisiones adicionales, como son:

- Nivel de aceite en el cárter del compresor y cambio de los filtros según lo indique el fabricante. Se usa solamente el aceite recomendado para el tipo de servicio que presente el compresor; cada refrigerantes requieren un tipo especial de aceite.
- Lubricación de los elementos rotatorios (motores, ventiladores, rodamientos, bombas). Los fabricantes recomiendan los lubricantes para usar en cada caso y la regularidad de chequeo del nivel mínimo.
- Los condensadores se limpian con la frecuencia que se requiera, pues el polvo y la suciedad reducen su eficiencia. Además, los condensadores sucios causan altas presiones de condensación, altos consumos de energía y finalmente, el daño del sistema. Aunque esta operación es sencilla y se hace en minutos, con frecuencia se dañan las unidades de refrigeración por falta de limpieza en el condensador.
- Las correas de transmisión se chequean periódicamente en su tensión y deterioro.
- Los aislamientos de tuberías, conexiones y evaporadores se revisan con frecuencia, pues los malos aislamientos pueden causar fugas del refrigerante y consecuentemente, cambios en la temperatura interior del cuarto.

En cuanto a lo relacionado con la energía eléctrica se requiere considerar el estado de las conexiones y elementos complementarios:

- Revisión de las conexiones y terminales.
- Revisión de conductores.
- Eliminación de fallas a tierra.
- Ajuste de interruptores de cuchillas con fusibles.
- Factor de potencia.

Los principales ahorros al mejorar el factor de potencia son:

- Reducción de pérdidas de potencia.
- Aumento de la capacidad del sistema.
- Mejoramiento de la regulación del voltaje.
- Disminución de los costos de energía.

La adecuada iluminación del cuarto frío también es importante. Las bombillas luego de 3000 horas de uso pierden un 10% de su luminosidad inicial. Esta reducción en iluminación se incrementa debida a la suciedad, alcanzando hasta 40%, lo que significa que una bombilla de 100 W al cabo de 3000 horas iluminará como una de 60 W. Se recomienda limpiar las lámparas cada 1000 horas.

Se puede establecer un programa de sustitución de lámparas mediante el cual se instalen en grupo, lámparas nuevas antes de que las antiguas lleguen al final de su vida útil. También se recomienda mantener limpias paredes y techos; los acabados de un recinto se deterioran por acción del tiempo y los índices de reflectancia bajan, haciendo que los niveles de iluminación desciendan en forma considerable.

**4.3.2 Sanidad dentro del cuarto frío** La exigencia en higiene al interior del cuarto es muy alta. No debe olvidarse que se trata de cuartos donde se conservarán productos que son sensibles al ataque de hongos y bacterias. Es la mejor manera de controlar el desarrollo de estos patógenos.

A medida que el cuarto se opera a unas condiciones estables de humedad alta y temperatura baja, se mantienen también las condiciones ideales para que los mohos se desarrollen en las paredes, los techos y sobre los embalajes que se introducen al cuarto.

Los mohos que crecen sobre estas superficies, pueden no producir la descomposición de los vegetales allí almacenados, pero tienen un efecto indeseable al producir etileno y otras sustancias volátiles que apresuran el envejecimiento y dan origen a malos sabores de los productos. Por lo mismo, se recomienda una limpieza a fondo, por lo menos, una vez al año, con un desinfectante que contenga hipoclorito de sodio o sus ingredientes sean tensoactivos, fungicidas y bactericidas. Si se presentan problemas de contaminaciones fuertes, puede utilizarse azufre; si esto se realiza, todos los productos deben sacarse del cuarto y éste permanecerá cerrado por 24 horas.

La buena circulación del aire dentro del cuarto, el ingreso de productos sanos son también medidas complementarias que evitarán los problemas de sanidad en el interior del cuarto.

La limpieza durante los períodos de no operación debe ser completa. Recoger toda la basura y cepillar los pisos. Luego limpiar con agua, desinfectarse (preferiblemente con cloro) y permitir la entrada de aire fresco.

La eficiencia del uso del cloro como desinfectante está asociado a varios factores tales como: el pH de la solución, la materia orgánica, la temperatura del agua, el tiempo de exposición y la concentración del cloro.

#### *a) El pH*

El ácido hipocloroso es la forma química del cloro que tiene efectos desinfectantes. Al agregar una sal de hipoclorito (de sodio o de calcio) al agua, la reacción produce tres compuestos: cloro gaseoso ( $\text{Cl}_2$ ), ácido hipocloroso ( $\text{HOCl}$ ) e iones de hipoclorito ( $\text{OCl}$ ) en distintas proporciones, dependiendo del pH de la solución.

A un pH ligeramente por debajo de 7,0 la mitad será ácido hipocloroso y la otra mitad, iones de hipoclorito. Sólo una pequeñísima parte se convertirá en cloro gaseoso. Para maximizar la proporción de ácido hipocloroso en la solución, el pH debe mantenerse en un rango entre 6,5 y 7,5.

Las distintas fuentes de cloro tienen efectos diferentes sobre el pH. El hipoclorito de sodio incrementa el pH y el hipoclorito de calcio lo hace ligeramente.

Para obtener el pH deseado en la solución es posible agregar un ácido común (como vinagre) o hidróxido de sodio (NaOH).

La purificación del aire también puede hacerse donde los olores y demás sustancias volátiles que emiten los productos almacenados, pueden contribuir a generar malos sabores y apresurar el deterioro de los productos. Se recomienda emplear cajas llenas de carbón activado. El etileno no se puede remover sólo con la utilización de carbón activado y para ello se utiliza la ventilación periódica o recambio total del aire contenido dentro del cuarto frío.

#### *b) La materia orgánica*

El cloro tiene una particular afinidad con las partículas del suelo y de la materia orgánica. La presencia de materia orgánica (frutas, hojas, suelo) en el tanque de lavado, genera una mayor pérdida de cloro. Más rápidamente que cuando se hace con productos relativamente limpios.

Los productos extremadamente sucios se lavan con agua limpia antes de ser depositados en el tanque de desinfección.

#### *c) Temperatura del agua*

La actividad del cloro se incrementa con la temperatura de la solución. Pero no es conveniente calentar la solución porque se presenta una mayor conversión a cloro gaseoso a medida que la temperatura aumenta.

#### *d) Tiempo de exposición*

La eficiencia del clorado depende en alta medida del tiempo de exposición del producto a la solución de cloro. Exposiciones cortas son mucho menos efectivas que las largas. Sin embargo, la máxima actividad desinfectante se obtiene en los primeros minutos de la exposición. Exposiciones prolongadas pueden causar el blanqueamiento de los productos. (Cuadro 4.2).

### e) *La concentración de cloro*

La cantidad de hipoclorito de sodio o de calcio que debe ser adicionada a determinada cantidad de agua para obtener la concentración deseada depende del volumen de agua por tratar y del contenido de cloro en el compuesto disponible (concentración).

**Cuadro 4.2 Concentración de cloro mínima necesaria para destruir todos los patógenos en un minuto a dos temperaturas y pH neutro**

	Concentración de cloro (ppm)	
	9 °C	40 °C
<b>Hongos</b>	30 - 40	10
<b>Bacterias</b>	20	10

Fuente: Adaptado de North Caroline, 1993.

Concentraciones de cloro entre 5.5 y 7.0 ppm a pH 7.0, son recomendadas para desinfectar muchas hortalizas. Altas concentraciones de cloro pueden ser necesarias si el pH es alto o la temperatura de la solución es mayor de 26 °C. En la práctica comercial se han venido usando concentraciones hasta de 150 ppm de cloro libre. (NORTH CAROLINE, 1993).

Las cajas, las estibas y en general el equipo que se introduce a la cámara de almacenamiento debe lavarse con una solución de hipoclorito de calcio (300 - 500 ppm) o con una corriente de vapor de agua sobrecalentado por unos minutos.

En el Cuadro 4.3 se presenta una guía para preparar mezclas desinfectantes usando cloro como componente activo.

**Cuadro 4.3** Cantidades de solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 5,25% y de hipoclorito de calcio granulado al 65% requeridos para obtener una concentración de cloro en 1000 litros de agua y pH neutro

Concentración de cloro aproximada (ppm)	Litros de solución de hipoclorito de sodio al 5.25%	Gramos de hipoclorito de calcio al 65%
25	0.5	37.45
50	1	74.90
75	1.5	112.35
100	2	149.80
125	2.5	187.15
150	3	224.70

#### 4.4 SEGURIDAD INDUSTRIAL

Todo medio ambiente industrial representa para el trabajador una multitud de peligros potenciales. Algunas industrias más que otras tienen peligros que exigen precauciones especializadas de seguridad. Pero fuese cual fuese la labor particular del operario, éste debe familiarizarse con los riesgos, tener conciencia de los peligros y observar las prácticas de seguridad establecidas. El manejo de cuartos fríos no implica riesgos de gran magnitud y siguiendo unas normas mínimas el operario evitará accidentes.



Un primer aspecto está relacionado con el uso de ropa apropiada para trabajar continuamente a temperaturas bajas, ajustada al cuerpo y sin accesorios que puedan generar accidentes, guantes para facilitar el manejo de los productos y botas de suela antideslizante, pues un suelo humedecido puede resultar peligroso.

El trabajo con escaleras no es necesariamente peligroso para el trabajador, ni para los que lo rodean. Sin embargo, un número grande de los accidentes de trabajo es causado por caídas de personas o de objetos. Debe utilizarse la escalera del tipo y longitud adecuados a la altura de las cargas que se moverán.

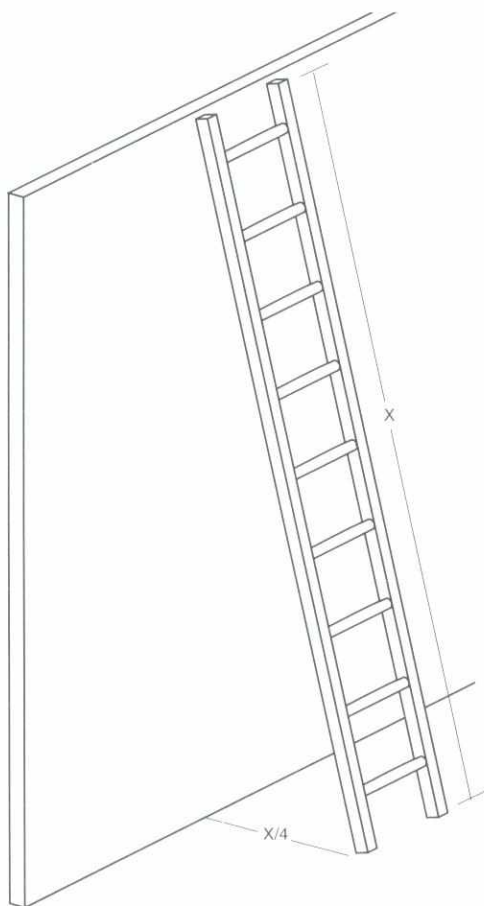
Las escaleras deben inspeccionarse antes de confiar el peso al operario que manipulará una carga a cierta altura. Revisar peldaños, parales, el asentamiento en el suelo y la firmeza de la escalera, es cuestión de minutos. Si la escalera no está en excelentes condiciones, no la use.

Siempre que se realiza un trabajo por encima del nivel del piso existen peligros potenciales para aquellos que se encuentran abajo como también para el trabajador que se encuentra arriba.

Cuando se trabaja con una escalera ésta debe apoyarse con el ángulo correcto (*Figura 4.12*). Los parales laterales estarán siempre al alcance de la mano en caso que se pierda el equilibrio. La máxima altura de trabajo para cualquier escalera se encuentra entre dos peldaños abajo del peldaño superior; a alturas superiores no existe nada que ayude al trabajador a guardar el equilibrio. Más importante aún, ningún operario debe pararse jamás en la parte superior de una escalera.

Figura 4.12

Disposición adecuada de una escalera.



El trabajo cerca de maquinaria rotatoria, como son los motores, el compresor, los ventiladores del cuarto frío, pueden presentar una variedad de peligros potenciales.

Siempre que se realiza algún trabajo cerca de un eje rotatorio o correa, se deben tomar precauciones para asegurar que el pelo largo, los vestidos sueltos y las joyas no lleguen a enredarse. Se han producido heridas serias al enredarse dentro de los ejes rotatorios corbatas, mangas sueltas y anillos. El movimiento rotatorio tiende a empujar la víctima a hacer contacto con el elemento en movimiento, frecuentemente causando trituración o amputación de partes del cuerpo. Antes de inspeccionar el sistema de refrigeración, el operario debe quitarse joyas tales como anillos, collares y relojes. Los vestidos suel-

tos deben ser asegurados; manteniendo el cabello, si es largo, recogido para evitar el desgarramiento del cuero cabelludo, que frecuentemente origina pérdidas serias de sangre.

Aunque los sistemas que vienen como unidad sellada presentan bajo ruido, el estar rutinariamente expuesto a niveles medianos de ruido contribuyen a una pérdida progresiva del oído, que algunas veces puede llevar a la sordera. Aún en períodos breves de trabajo, como las inspecciones de los controles de los equipos, puede aumentar el riesgo de accidentes, pues las molestias que produce el ruido de las máquinas con frecuencia ocasionan que el trabajo se haga apresuradamente y de manera descuidada.

La protección para el oído puede garantizarse con la utilización de tapones sencillos y baratos que se consiguen en los almacenes de suministro de ropa y equipos industriales. Además, su uso hará que el desempeño durante estos períodos de revisión del sistema sea más confortable y tolerante, causando un aumento en la capacidad de atención y disminuyendo los riesgos.

Por último, cuando se trabaja en cuartos fríos que operan utilizando el amoníaco como refrigerante, deben tenerse ciertas precauciones, que son de seguimiento obligatorio por todo el personal que se encuentre en el área de las máquinas.

El peligro asociado con el amoníaco se debe a sus propiedades irritantes. La inhalación del gas de amoníaco o los vapores causan tos, vómito e hinchazón en los tejidos respiratorios. Los ojos también se irritan y en forma concentrada, el amoníaco puede producir quemaduras sobre la piel.

Cualquier derramamiento o fuga sustancial de amoníaco llena rápidamente el aire circundante con vapores irritantes. Los síntomas respiratorios iniciales, aunque sin serias consecuencias médicas, imposibilitan el trabajo normal. Cuando se trata de reparar una fuga, es necesaria la protección respiratoria, que cubra ojos, boca y nariz; de lo contrario la irritación de los ojos causará excesivo lagrimeo e interferirá en la visión.

## PRÁCTICA 4.1 ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

**Instrucción** La finalidad del proceso de almacenamiento de frutas y hortalizas frescas es prolongar su vida, utilidad y calidad comercial; sirve también como un control en la comercialización de las mismas. La refrigeración es actualmente el proceso físico más importante para prolongar la vida poscosecha de frutas y hortalizas. Sin embargo, este proceso exige del control permanente de las condiciones de almacenamiento, pues de no hacerlo se puede causar un deterioro al producto en lugar del beneficio esperado.

La temperatura y la humedad del aire del espacio de almacenamiento son los factores ambientales más importantes del proceso, debido a que regulan la velocidad de los procesos fisiológicos y bioquímicos asociados con el deterioro de los productos. Pero si la temperatura desciende mucho, puede llegar a afectar la integridad del producto, causando daños irreversibles en la estructura y deteriorando su textura, sabor y presentación general. Por otra parte, si la humedad relativa es muy baja, el aire es muy seco y causa deshidratación de los productos que, además de disminuir el peso, su apariencia desmejora y el producto puede llegar a perder todo valor comercial.

**Objetivos** Analizar los factores que influyen en el deterioro de la calidad de los productos agrícolas altamente perecederos, en condiciones de almacenamiento refrigerado, alrededor de:

Los cambios de temperatura y humedad relativa dentro del cuarto frío.

El tipo de empaque utilizado, en la calidad del producto durante el almacenamiento.

El reconocimiento de la influencia del frío en la calidad final de las frutas y hortalizas y en la variación de su peso.

**Orientaciones para el instructor** Con una anticipación de ocho días al día de la práctica se almacenarán algunos productos dentro del cuarto frío, en las condiciones que habitualmente se realiza este almacenamiento. Se escogerán varios productos (4 o 5 frutas u hortalizas) que sean las que presenten mayores problemas durante su manejo refrigerado. De cada uno de ellos se tomarán dos muestras de menos de

un kilo, que se introducirán dentro de dos canastillas plásticas; una de estas canastillas será cubierta con un plástico o polietileno, para aislar los productos del aire circulante.

Para el caso de hortalizas se puede tomar lechuga, espinaca, apio, zanahoria, papa criolla, habichuela, pimentón; dentro de las frutas que se escogen, pueden tomarse uvas, maracuyá, curuba, tomate de árbol.

Las canastillas se pondrán frente a los difusores, a una distancia no inferior a un metro, simulando las condiciones extremas a las que se somete parte del producto almacenado.

Se registrarán diariamente los cambios que ocurran en HR y Temperatura, así como otros aspectos no previstos. Igualmente se controlará la sanidad de los productos almacenados.

Se organizarán los participantes en grupos para que en veinte minutos:

- Puedan analizar los cambios presentados en cuanto a temperatura y humedad relativa,
- Realicen una valoración de la calidad de los productos, comparando los productos que se encuentran dentro de la canastilla cubierta con los que se expusieron al ambiente refrigerado sin ninguna protección.
- Describan las ventajas del almacenamiento refrigerado, partiendo del ejercicio realizado.

Al final se abrirá un espacio para la puesta en común del análisis realizado por parte de los integrantes de cada grupo.

### *Materiales y equipo*

1. Cámara refrigerada.
  2. Termómetros, higrómetros, Termohigrógrafo.
  3. Cámara fotográfica, rollos de diapositivas.
  4. Canastillas plásticas de dimensiones similares, empaques unitarios de polipropileno.
- Productos para almacenar.

## PRÁCTICA 4.1 ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

### Instrucciones para los participantes

Luego de que el instructor presente los resultados de la práctica de almacenamiento que previamente se preparó, usted debe dar respuesta a las preguntas que se plantean a continuación:

#### En cuanto a los cambios presentados en el ambiente:

- ¿A qué cree que se deban los cambios en la temperatura dentro del cuarto frío?
- ¿Cuál es la causa de la reducción de la humedad relativa del aire dentro del cuarto frío?
- ¿De dónde proviene el agua que se recoge de manera continua del difusor?
- Qué cambios haría usted para reducir los cambios de temperatura y de humedad relativa que se presentan dentro del cuarto, a nivel de:
  1. Equipo de refrigeración.
  2. Operación del cuarto.
  3. Aditamentos especiales.

#### En cuanto al almacenamiento de las frutas y hortalizas:

De manera independiente para cada uno de los productos que se almacenan:

- Evalúe el grado de afectación, dando una calificación de cero a cinco, donde cero es un producto que no tiene valor comercial y cinco es un producto cuya calidad se ha conservado en muy buena medida.
- Establezca un mecanismo de cómo corregiría el deterioro presentado.
- Determine la utilidad del polietileno como aislamiento del aire frío circulante.

- Determine las limitaciones que tiene el mantener las frutas en un ambiente cerrado sin posibilidad de ventilación.

En cuanto a la utilidad de la refrigeración:

Describa en un breve párrafo la utilidad (o perjuicio) que para cada producto pueden brindar las condiciones de refrigeración que se ofrecieron. Tenga en cuenta los siguientes factores:

- Niveles de respiración.
- Producción de etileno.
- Sensibilidad al etileno.
- Temperatura adecuada.
- Sensibilidad a la pérdida de peso.
- Mezcla de productos.

## MATRIZ DE IMPACTO

### Ejemplo

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS
Pérdidas de peso del 10% en los productos almacenados en el cuarto frío de un día para otro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir frutas al cuarto frío con temperaturas elevadas.</li> <li>• Abrir y cerrar las puertas del cuarto frío continuamente sin ningún tipo de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preenfriar las frutas antes de guardarlas en el cuarto frío.</li> <li>• Controlar la abertura de puertas.</li> <li>• Colocar un sistema generador de aire a manera de cortina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de pérdidas de peso de los productos almacenados en el cuarto frío, en 24 horas.</li> </ul>	Disminuir las pérdidas de peso al 1%, en el cuarto frío en 24 horas.

Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

### Ejemplo

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	RESULTADOS ESPERADOS	LOGROS ALCANZADOS	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR OBJETIVOS
Pérdidas de peso del 10% en los productos almacenados en el cuarto frío de un día para otro.	Disminuir las pérdidas de peso al 1%, en el cuarto frío en 24 horas.	Se redujeron las pérdidas de peso en frutas al 1% en 24 horas de almacenamiento en el cuarto frío.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación a operarios del cuarto frío.</li> <li>• Control de la abertura de puertas en el cuarto frío.</li> </ul>

Nota: La columna de resultados logrados se va llenando a medida que se reportan dichos resultados.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## MATRIZ DE IMPACTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	CAUSAS DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES	INDICADORES	RESULTADOS ESPERADOS

Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## CUADRO DE SEGUIMIENTO

Nombre del grupo : \_\_\_\_\_ Vereda: \_\_\_\_\_

Nombre del Paquete: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del módulo : \_\_\_\_\_ No Evaluación: \_\_\_\_\_

PROBLEMA PRIORIZADO	RESULTADOS ESPERADOS	LOGROS ALCANZADOS	NUEVOS COMPROMISOS PARA ALCANZAR OBJETIVOS

Nota: La columna de resultados logrados se va llenando a medida que se reportan dichos resultados.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de ejecutar la labor

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del responsable de asesorar y supervisar la labor

## RESUMEN

### MÓDULO 4

En este módulo se pretenden entregar unas recomendaciones mínimas a las operaciones y administradores de un cuarto frío, para frutas y hortalizas.

En lo administrativo, se trata sobre la claridad en las órdenes impartidas, los aspectos de planificación, control de variables, la capacitación del personal y el aseguramiento de la calidad.

En lo operativo, se encuentran el establecimiento de un plan de carga y el control sobre lo almacenado, las necesidades de espacio para inspección o recirculación del aire, el tipo de empaques, el control de las oscilaciones de temperatura y humedad relativa, el manejo de cargas mixtas, el control de la apertura de puertas y sin importancia, las necesidades de renovar y recircular el aire y cómo calcular el tiempo que dura esta operación, y los problemas que puede producir un manejo inadecuado de las frutas a la salida del cuarto frío.

También se consideran los aspectos relacionados con el mantenimiento de los equipos, para lo cual no se requiere ser técnico en refrigeración pero sí tener un conocimiento mínimo del funcionamiento del sistema mecánico de refrigeración.

La sanidad dentro del cuarto es un aspecto vital si se considera la alta incidencia de microorganismos en ambientes fríos y húmedos. Por último se dan unas recomendaciones mínimas en lo referente a seguridad industrial.



**Diap. C.F. 4.1**

Un buen sistema de inventarios facilita la operación del cuarto frío



**Diap. C.F. 4.2**

Afiches que recuerdan que las frutas y hortalizas son frágiles



**Diap. C.F. 4.3**

Empaques de similar tamaño para facilitar el control de inventarios



**Diap. C.F. 4.4**

Control de peso durante el ingreso del producto al cuarto frío



**Diap. C.F. 4.5**

Disposición de los arrumes con respecto al difusor o evaporador

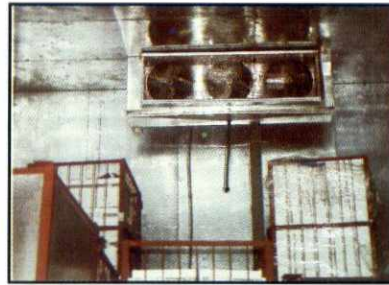


**Diap. C.F. 4.6**

Arrumes hasta el techo y contra las paredes dificulta la recirculación de aire



**Diap. C.F. 4.7**  
El empaque de cartón pierde su resistencia con la humedad



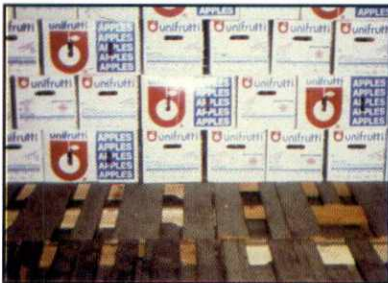
**Diap. C.F. 4.8**  
Protección de los productos cercanos al evaporador



**Diap. C.F. 4.9**  
Las estibas facilitan la manipulación



**Diap. C.F. 4.10**  
El espacio libre superior y entre empaques, facilita la recirculación del aire



**Diap. C.F. 4.11**  
Las tarimas facilitan la circulación del aire por la parte inferior



**Diap. C.F. 4.12**  
La placa sobre la puerta facilita el manejo de las cargas mixtas



**Diap. C.F. 4.13**  
El operario con ropa adecuada

# CUARTOS FERRIOS

## ANEXOS

---

<b>Anexo 1</b>	Programa Nacional de Capacitación en Poscosecha
<b>Anexo 2</b>	Centros del SENA que ofrecen capacitación poscosecha
<b>Anexo 3</b>	Publicaciones producidas por el programa poscosecha del SENA
<b>Anexo 4</b>	Entidades patrocinadoras
<b>Anexo 5</b>	Anexos para la evaluación
<b>Anexo 5.1</b>	Evaluación final de conocimientos
<b>Anexo 5.2</b>	Evaluación del evento
<b>Anexo 5.3</b>	Evaluación del desempeño del instructor
<b>Anexo 6</b>	Anexos técnicos
<b>Anexo 6.1</b>	Algunos conceptos y unidades de medida utilizadas en refrigeración
<b>Anexo 6.2</b>	Información sobre el comportamiento de algunas frutas y hortalizas
<b>Anexo 6.3</b>	El uso de la carta sicrométrica
<b>Anexo 6.4</b>	Ejemplo de cálculo de la carga de refrigeración
<b>Anexo 7</b>	Glosario
<b>Anexo 8</b>	Bibliografía
<b>Anexo 9</b>	Originales para transparencias
<b>Anexo 9.1</b>	Originales módulo 1
<b>Anexo 9.2</b>	Originales módulo 2
<b>Anexo 9.3</b>	Originales módulo 3
<b>Anexo 9.4</b>	Originales módulo 4

## ANEXO 1

### PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACIÓN EN POSCOSECHA

El Programa de Capacitación en el Manejo Poscosecha y la Comercialización de Frutas y Hortalizas del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) de Colombia, se ha ejecutado con el apoyo del Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID – Department for International Development) del Gobierno del Reino Unido, mediante el Instituto de Recursos Naturales (NRI – Natural Resources Institute) de la Universidad de Greenwich de Inglaterra, bajo un Convenio firmado entre los Gobiernos de Colombia y el Reino Unido.

Los objetivos del Programa Poscosecha del SENA son:

- Mejorar la calidad y rentabilidad de las frutas y hortalizas (incluyendo raíces y tubérculos)
- Disminuir las pérdidas poscosecha
- Lograr una mejor concertación entre productores y compradores hortifrutícolas
- Crear oportunidades de empleo e ingreso en el sector hortifrutícola, con énfasis en pequeños productores, asociaciones de productores y trabajadores rurales, así como comercializadoras, empacadoras, procesadores y otras empresas que le compran al pequeño productor.

A través del Programa, el SENA ofrece capacitación y brinda asesoría para productores, trabajadores, comerciantes, procesadores, exportadores y otras empresas hortifrutícolas, además de extensionistas, instructores, investigadores y otros profesionales que trabajan en este sector. Los cursos pueden realizarse en el campo, en la empresa o en el Centro del SENA, según las necesidades de los participantes. La duración y periodicidad de los cursos también puede adaptarse a las necesidades y disponibilidad de tiempo de los usuarios. Algunos centros ofrecen programas de dos años y medio para formar Tecnólogos en Manejo Poscosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas.

La capacitación en poscosecha ofrecida por el SENA, frecuentemente se incorpora en cursos integrales de producción, cosecha, poscosecha y comercialización de un determinado cultivo o grupo de cultivos. En lo que concierne a la poscosecha, los cursos abarcan temas tales como:

- Manejo poscosecha en general
- Investigación de mercados y desarrollo del plan de mercadeo
- Estudio de factibilidad y planificación de mejoras en el sistema poscosecha
- Prácticas pre-cosecha que afectan la poscosecha
- Indices de madurez y recolección
- Selección, clasificación y manipulación
- Tratamientos poscosecha
- Almacenamiento
- Empaque y embalaje
- Mejoramiento del sistema poscosecha
- Acopio, transporte y distribución
- Comercialización y venta al detalle
- Metodologías para la multiplicación de la capacitación
- La producción de los paquetes de capacitación

### **Antecedentes**

La Serie de Paquetes de Capacitación en Poscosecha de Frutas y Hortalizas del SENA, es un esfuerzo de magnitud nacional que ofrece a los capacitadores, asistentes técnicos, extensionistas, agentes de empresas hortifrutícolas, miembros de ONGs que trabajan en poscosecha y en general a estudiantes del tema, un instrumento nuevo de trabajo.

Mientras que la capacitación en manejo de cultivos ha sido una preocupación constante de todos los miembros del sistema de investigación y desarrollo agrícola, la presentación de temas relativos a la poscosecha y comercialización de los productos agrícolas había sido relegada a orientaciones generales propuestas como adiciones finales a los cursos de tecnologías de producción. Paralelamente a esta situación, los productores y otros miembros de la cadena poscosecha continúan evidenciando grandes pérdidas tanto en los procesos de cosecha, poscosecha y comercialización, como en los precios de esos mismos productos.

El SENA, consciente de la necesidad de fortalecer esta área y con la colaboración del Instituto de Recursos Naturales (NRI), propuso la preparación de series de 16 y 13 títulos que cubren un rango igual de productos y temas básicos y promisorios del grupo de frutas, hortalizas y raíces. De esta manera, se pretende relevar la capacitación en esta área y proponer un cambio de actitudes acerca de la capacitación en poscosecha.

### **Los estudios de caso**

A diferencia de lo que sucede en la mayoría de los esfuerzos de producción de materiales didácticos, los paquetes de capacitación están fundamenta-

dos en estudios de caso, realizados por miembros del equipo poscosecha del SENA en cada una de las zonas geográficas de su influencia.

Mediante los estudios de caso, fue posible para los autores de los paquetes identificar, con la participación de los agricultores y de otros organismos del sector agrícola (asociaciones de productores, UMATAs, secretarías de agricultura, etc.), los problemas críticos y oportunidades de la poscosecha y de la comercialización, establecer prioridades y explorar con los productores algunas de las soluciones tecnológicas viables, de acuerdo con su situación socioeconómica actual y los requerimientos de los mercados potenciales.

#### Capacitación basada en los paquetes

Con base en los estudios de caso, la revisión extensiva de la bibliografía pertinente y asesoría por parte de expertos nacionales e internacionales, los paquetes, en su versión original, fueron validados en eventos prácticos de capacitación realizados por el SENA y otras entidades. Adicionalmente, expertos nacionales revisaron cada paquete en sus aspectos científico, técnico y didáctico. Estas revisiones permitieron afinar los paquetes antes de su publicación en la forma que ahora se presentan.

El desarrollo de la capacitación apoyada por los paquetes, deberá contribuir a que los miembros de la cadena poscosecha incorporen a sus decisiones los requerimientos de los compradores, al tiempo que incrementan su conocimiento sobre el manejo poscosecha de los productos. Se espera además que se operen cambios en el contexto productivo y de comercialización: reducción de pérdidas, disminución de rechazos, mejoramiento de precios, incremento del valor agregado, e incremento de la calidad, entre otros.

El seguimiento a la capacitación en poscosecha acompañada de los paquetes de capacitación, debe proporcionar valiosa información acerca de estos resultados.

Al efecto, inmediatamente después de la presentación del contenido temático de cada módulo, se encuentra una matriz de impacto que señala los cambios que la capacitación basada en el paquete espera generar. Esta sirve además como instrumento de seguimiento de los resultados de la capacitación en el mediano plazo.

#### **La estructura de los paquetes**

Los paquetes de poscosecha presentan además una estructura didáctica que supera algunos de los modelos más tradicionales de materiales usados para la capacitación.

Una serie de componentes introductorios dirigidos a preparar a los participantes para el aprendizaje, es una de las innovaciones más evidentes. Dentro de cada uno de los módulos se ofrece una variedad de componentes metodológicos que apoyan la capacitación y el aprendizaje. La reiteración de los objetivos, como eje integrador del aprendizaje, es un elemento de diseño característico.

La presentación de ejercicios prácticos de campo dice mucho acerca de una metodología centrada en la experiencia como medio irremplazable para aprender dentro de un contexto de realidad. Los materiales visuales completan la estructura, ofreciendo a instructores y capacitando un medio adicional de apoyo para el desarrollo de conocimientos, habilidades y actitudes propias del manejo adecuado de la poscosecha de frutas y hortalizas.

Finalmente, el diseño permite la adecuación y actualización del material según las necesidades específicas de los usuarios. Esto se facilita por medio de la inclusión de un CD-Rom que contienen el diseño en HTML y el texto de los paquetes, además la presentación en pastas de tres argollas que permiten cambiar el texto e intercambiar las nuevas páginas con información actualizada

## ANEXO 2

## CENTROS DEL SENA QUE OFRECEN CAPACITACIÓN EN POSCOSECHA

Regional	Centro	Dirección	Teléfono
1	Antioquia	Municipio de Caldas, Km.5 al sur, Carret.Principal, La Salada - Ant.	(94) 2780480/5767
2	Antioquia	Casa de la Convención Rionegro, Cr 48 49-52, A.A. 559, Rionegro	(94) 2710994/5311856
3	Antioquia	Carrera 28 Berrío 30-67, Santa Rosa de Osos	(94) 8608686
4	Antioquia	Calle 119-47, Santafé de Antioquia	(94)8531196/2126/2125/2124
5	Atlántico	Carrera 43 42-40, Barranquilla	(953) 409829/790125/510799
6	Bogotá-Cundinamarca	Km. 7 Vía a Mosquera - Cundinamarca	(91) 8277250/51/53
7	Bogotá-Cundinamarca	Calle 2 13-03, Villeta, Cundinamarca	(91) 8444305
8	Bogotá-Cundinamarca	Avenida Tierra Grata calle 16	(91) 8675495/673476/660125
9	Bogotá-Cundinamarca	Carrera 9 11-34, Chia	(91) 8630425/27
10	Bolívar	Carretera de Turbaco, después de Cervecería Aguila, Bolívar	(956) 641338/647997/643236
11	Boyacá	Km. 4 Vía Sogamoso - Belencito, Boyacá	(987) 703231/32
12	Caldas	Km. 10 Vía al Magdalena, Manizales	(988) 748444
13	Cauca	Calle 4a 2-80, A.A. 623, Popayán	(928) 247710/247412/247678
14	Cesar	Km. 7 Salida La Paz, A.A. 340, Valledupar	(955) 717092/6398/6882
15	Córdoba	Km 35, Carretera Santa Isabel	(94) 7838049/50
16	Seccional Florencia	Km. 3 Vía al Aeropuerto, Florencia	(988) 356773/ 355723/ 355894
17	Huila	Carretera Campoalegre Vía al Sur, Km.39, Neiva	(988) 746613/746970, (93)3231787
18	Huila	Carrera 8 7-53, Pitalito	(988) 362945
19	Huila	Carrera 10ª 11-22	(988) 333673
20	Magdalena	Km. 5 Vía a Gaira, A.A. 549, Santa Marta	(954) 227656
21	Meta-Orinoquia	Km. 1 Vía a Acacias, Meta	(986) 634476 /77179/80
22	Nariño	Cl 22 11E 05, Vía Oriente, Pasto	(927) 212946/ 211804/219768
23	Nariño	Calle del Comercio - Tumaco	(92) 7272197/ 272630
24	Norte de Santander	SENA, Barrio Pescadero, Cúcuta	(975) 792150
25	Quindío	SENA, Vía a San Juan, A.A. 695, Armenia	(967) 496213/ 494999
26	Risaralda	Carrera 8 entre Calles 26 y 27, Pereira	(963) 261212
27	Seccional San Andrés	Avenida Francisco Newball, San Andrés	(981) 123066
28	Santander	Vía a Piedecuesta, Santander	(976) 561718/ 1719/1808
29	Tolima	Km. 5 Vía Espinal-Ibagué, Tolima	(982) 487560
30	Valle	Variante Tulúa - Buga, Valle	(922) 281416/ 281238/ 280836/ 281238
31	Valle	Carrera 9ª 12-141	(96) 6625492/ 628557/ 639472/ 612778
32	Valle	Carretera Central a Cali Km 2	(92) 2244921/ 22/23/ 244330/ 249664
33	Valle	Calle 52 2Bis-15, Salomía	(92) 4464846

## ANEXO 3.

**PUBLICACIONES PRODUCIDAS POR  
EL PROGRAMA POSCOSECHA DEL SENA DIRIGIDAS A  
DOCENTES Y OTROS MULTIPLICADORES**

No	Nombre de la publicación
1	Manejo Poscosecha y Comercialización de Arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancr.)
2	Manejo Poscosecha del Banano Criollo ( <i>Musa spp. Grupo AAA</i> )
3	Manejo Poscosecha y Comercialización de Cebolla de Rama ( <i>Allium fistulosum</i> L.)
4	Manejo Poscosecha y Comercialización de la Coliflor ( <i>Brassica oleracea</i> L. Var. <i>Botritis</i> )
5	Manejo Poscosecha y Comercialización del Durazno ( <i>Prunus persica</i> (L) Batsch.)
6	Manejo Poscosecha de Espinaca ( <i>Spinaciae oleraceae</i> L.)
7	Manejo Poscosecha de Granadilla ( <i>Passiflora liguaris</i> A. Juss.)
8	Manejo Poscosecha de Guanábana ( <i>Anona muricata</i> L.)
9	Manejo Poscosecha y Comercialización de Guayaba ( <i>Psidium guajava</i> L.)
10	Manejo Poscosecha del Higo ( <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller)
11	Manejo Poscosecha del Lulo ( <i>Solanun quitoense</i> Lam.)
12	Manejo Poscosecha de Mora ( <i>Rubus glaucus</i> Benth)
13	Manejo Poscosecha de Naranja ( <i>Citrus sinensis</i> Osbeck.)
14	Manejo Poscosecha y Comercialización de la Piña ( <i>Ananas comosus</i> L. Meer)
15	Manejo Poscosecha y Comercialización del Plátano ( <i>Musa spp grupo AAB</i> )
16	Manejo Poscosecha y Comercialización de la Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz)

**PUBLICACIONES PRODUCIDAS POR  
EL PROGRAMA POSCOSECHA DEL SENA DIRIGIDAS A  
DOCENTES Y OTROS MULTIPLICADORES**

No	Nombre de la publicación
17	Manejo Poscosecha y Comercialización del Borojó ( <i>Borojoa Patinoi</i> )
18	Contratos y otras Formas de Concertación entre Productores y Compradores de Frutas y Hortalizas
19	Planeación y Operación de Cuartos Fríos para Frutas y Hortalizas
20	Manejo Poscosecha de Frutas y Hortalizas en Mercados Especializados
21	Manejo de Frutas y Hortalizas en Plazas de Mercados
22	Manejo Poscosecha y Comercialización del Mango ( <i>Mangifera indica</i> )
23	Manejo Poscosecha y Comercialización del Maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> )
24	Manejo Poscosecha y Comercialización del Melón ( <i>Cucumis Melón</i> )
25	Manejo Poscosecha y Comercialización de Papa ( <i>Solanun Tuberosum</i> )
26	Manejo Poscosecha y Comercialización de La Papaya ( <i>Carica papaya</i> )
27	Manejo Poscosecha y Comercialización de Tomate de Arbol ( <i>Cyphomandra betacea</i> )
28	Manejo Poscosecha y Comercialización del Tomate de Mesa ( <i>Lycopersicom esculentum</i> )
29	Manejo Poscosecha y Comercialización de la Zanahoria ( <i>Daucus carota</i> )
30	Manejo Poscosecha y Comercialización del Espárrago ( <i>Asparagus Officinalis L.</i> )
31	Manejo Poscosecha y Comercialización de Uva ( <i>Vitis vinifera</i> )

**PUBLICACIONES PRODUCIDAS POR  
EL PROGRAMA POSCOSECHA DEL SENA DIRIGIDAS A  
DOCENTES Y OTROS MULTIPLICADORES**

No	Nombre de la publicación
32	Manejo Poscosecha y Comercialización de Cebolla de Bulbo ( <i>Allium Cepa</i> )
33	Empaque y Embalajes para Frutas y Hortalizas Frescas
34	Almacenamiento y Transporte de Frutas y Hortalizas para la Exportación
35	Diseño y Manejo de Empacadoras para Frutas y Hortalizas Frescas
36	Buenas Prácticas Agrícolas de Frutas y Hortalizas para Mercados Especializados y de Exportación
37	Memorias de I Simposio Internacional "Competitividad en Frutas y Hortalizas"
38	Memorias de II Simposio Internacional "Contratos y otras formas de Concertación entre Productores y Comercializadores de Frutas y Hortalizas"
39	Memorias de III Simposio Internacional "Aseguramiento de la Calidad en Frutas y Hortalizas"
40	Manual de Fisiología, Patología y Control de Calidad de frutas y Hortalizas
41	Tecnología Poscosecha
42	Manual para la Capacitación en Poscosecha de Frutas y Hortalizas "Guía para el Docente"
43	Manual para las exportaciones Hortifrutícolas
44	Manual para la Elaboración de Paquetes de Capacitación a partir de Estudios de Caso
45	Manual de Tecnología Poscosecha del Mango
46	Análisis Económico e Investigación de Mercados para Proyectos Hortifrutícolas

**PUBLICACIONES PRODUCIDAS POR  
EL PROGRAMA POSCOSECHA DEL SENA DIRIGIDAS A  
PRODUCTORES Y COMERCIALIZADORES  
DE FRUTAS Y HORTALIZAS**

No	Nombre de la publicación
1	El Platano, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
2	La Mora, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
3	La Granadilla, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
4	La Cebolla de Rama, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
5	Los Cítricos, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
6	La Yuca, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
7	El Maracuyá, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
8	La Piña, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
9	La Papa, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
10	La Papaya, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
11	El Lulo, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial
12	El Banano, su Cosecha y Poscosecha en la cadena Agroindustrial

**ANEXO 4**

**ENTIDADES PATROCINADORAS**

<b>SENA</b>	Servicio Nacional de Aprendizaje
<b>NRI</b>	Instituto de Recursos Naturales del Reino Unido
<b>DFID</b>	Departamento para el Desarrollo Internacional, del Gobierno del Reino Unido

## ANEXO 5

### ANEXOS PARA LA EVALUACIÓN

#### ANEXO 5.1 Evaluación final de conocimientos

##### Orientaciones para el instructor

La siguiente evaluación se realizará al finalizar la capacitación y con ella se pretende corroborar el logro de los objetivos alcanzados por cada participante. Se realizará en forma individual y se sugiere un tiempo de 30 minutos para resolverla.

##### EVALUACION FINAL DE CONOCIMIENTOS

Marque con una X la(s) respuesta(s) correcta(s).

##### 1. Temperatura es:

- a. Un flujo de energía.
- b. La medida del calor de un cuerpo.
- c. Una medida de qué tan caliente o frío está un objeto respecto de otro.
- d. Una medida de la energía interna que tiene un cuerpo.

##### 2. La humedad relativa es:

- a. La cantidad de vapor de agua presente en el aire.
- b. La relación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación.
- c. La máxima cantidad de vapor de agua que puede contener el aire.
- d. La humedad que tiene el aire en relación con la que tiene el fruto.

##### 3. La respiración de las frutas genera:

- a. Etileno.
- b. Dióxido de carbono.
- c. Agua.
- d. Calor.

**4. El etileno:**

- a. Produce deshidratación de frutas y hortalizas.
- b. Acelera la maduración.
- c. Ocasiona amarillamiento de las hortalizas.
- d. Detiene la respiración.

**5. Los tratamientos con agua y vapor caliente se utilizan para:**

- a. Estimular la maduración uniforme de las frutas.
- b. Control de algunos hongos presentes en las frutas.
- c. Control de mosca de la fruta.
- d. Aumentar la resistencia al daño por frío.

**6. Las causas de la deshidratación de las frutas dentro de un cuarto frío son:**

- a. Continua apertura de puertas.
- c. Diferencia grande entre la temperatura del refrigerante y la del aire enfriado.
- d. Introducir fruta con temperatura alta
- e. Ninguna de las anteriores.

**7. Al sacar los productos del cuarto frío y para reducir la condensación de agua sobre la superficie se recomienda que el ambiente exterior esté con:**

- a. Baja humedad relativa.
- b. Alta humedad relativa.

- c. Temperatura baja.
- d. Temperatura alta.

**8. Escriba F o V frente a cada afirmación, según sea falsa o verdadera:**

- a. El calor por convección se da por cambios en la densidad del aire.
- b. La humedad relativa aumenta si disminuye la temperatura dentro cuarto frío.
- c. La refrigeración se basa en la producción de frío por parte del refrigerante.
- d. El cuarto frío debe tender hacia una figura cúbica con el fin de ahorrar energía.
- e. La congelación de las frutas debe ser lenta para evitar daños.
- f. El frío inhibe el desarrollo de algunos hongos y bacterias.
- g. En algunas frutas el daño por frío incrementa a medida que ellas maduran.
- h. La humedad relativa baja favorece el desarrollo de hongos.
- i. Los arrumes de las canstillas deben llegar máximo 10 cm abajo del techo.
- j. Los mohos dentro del cuarto frío pueden aumentar la concentración de etileno.

**9. Relacione las palabras del lado izquierdo con las frases del lado derecho:**

Condensador	Cambio de alta a baja presión.
Compresor	Sección de alta presión
Evaporador	Cambio de baja a alta presión.
Válvula de expansión	Sección de baja presión.

**10. Defina cada uno de los siguientes términos:**

- a. Capacidad de diseño.
- b. Capacidad instalada.
- c. Carga de calor.
- d. Resistencia térmica.

**11. Enumere los componentes de la carga de calor****12. Señale con una "X" para cada uno de los productos siguientes**

PRODUCTO	Tipo de respiración		Genera mucho:		Sensible a:		
	Climatérico	No Climatérico	Calor	Etileno	Humedad Relativa	Daño por frío	Etileno
Aguacate							
Cítricos							
Granadilla							
Mango							
Manzana							
Maracuyá							
Mora							
Papaya							
Pera							
Tomate							
Espárrago							
Habichuela							
Lechuga							
Repollo							
Zanahoria							

## EVALUACION FINAL DE CONOCIMIENTOS INFORMACIÓN DE RETORNO

1. Temperatura es:
  - a. Un flujo de energía.
  - b. La medida del calor de un cuerpo.
  - c. Una medida de qué tan caliente o frío está un objeto respecto de otro.
  - d. Una medida de la energía interna que tiene un cuerpo.
2. La humedad relativa es:
  - a. La cantidad de vapor de agua presente en el aire.
  - b. La relación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación.
  - c. La máxima cantidad de vapor de agua que puede contener el aire.
  - d. La humedad que tiene el aire en relación con la que tiene el fruto.
3. La respiración de las frutas genera:
  - a. Etileno.
  - b. Dióxido de carbono.
  - c. Agua.
  - d. Calor.
4. El etileno:
  - a. Produce deshidratación de frutas y hortalizas.
  - b. Acelera la maduración.
  - c. Ocasiona amarillamiento de las hortalizas.
  - d. Detiene la respiración.
5. Los tratamientos con agua y vapor caliente se utilizan para:
  - a. Estimular la maduración uniforme de las frutas.
  - b. Control de algunos hongos presentes en las frutas.
  - c. Control de mosca de la fruta.
  - d. Aumentar la resistencia al daño por frío.

6. Las causas de la deshidratación de las frutas dentro de un cuarto frío son:
- Continua apertura de puertas.
  - Diferencia grande entre la temperatura del refrigerante y la del aire enfriado.
  - Introducir fruta con temperatura alta
  - Ninguna de las anteriores.
7. Al sacar los productos del cuarto frío y para reducir la condensación de agua sobre la superficie se recomienda que el ambiente exterior esté con:
- Baja humedad relativa.
  - Alta humedad relativa.
  - Temperatura baja.
  - Temperatura alta.
8. Escriba F o V frente a cada afirmación, según sea falsa o verdadera:
- El calor por convección se da por cambios en la densidad del aire. **V**
  - La humedad relativa aumenta si disminuye la temperatura dentro cuarto frío. **V**
  - La refrigeración se basa en la producción de frío por parte del refrigerante. **F**
  - El cuarto frío debe tender hacia una figura cúbica con el fin de ahorrar energía. **V**
  - La congelación de las frutas debe ser lenta para evitar daños. **F**
  - El frío inhibe el desarrollo de algunos hongos y bacterias. **V**
  - En algunas frutas el daño por frío incrementa a medida que ellas maduran. **F**
  - La humedad relativa baja favorece el desarrollo de hongos. **F**
  - Los arrumes de las canstillas deben llegar máximo 10 cm abajo del techo. **F**
  - Los mohos dentro del cuarto frío pueden aumentar la concentración de etileno. **V**

9. Relacione las palabras del lado izquierdo con las frases del lado derecho:

Condensador	Cambio de alta a baja presión.
Compresor	Sección de alta presión
Evaporador	Cambio de baja a alta presión.
Válvula de expansión	Sección de baja presión.

10. Defina cada uno de los siguientes términos:

a. Capacidad de diseño:

**Es el volumen bruto, determina las medidas del cuarto frío.**

b. Capacidad instalada:

**Es el volumen útil, y corresponde a la capacidad máxima disponible permanentemente.**

c. Carga de calor.

Es la cantidad total de calor que el sistema debe remover y se calcula para periodos de 24 horas.

d. Resistencia térmica.

Es la medida del aislamiento y establece la resistencia de un material al flujo de calor.

11. Enumere los componentes de la carga de calor.

- < Calor por conducción (a través de las paredes, techo y piso)
- < Calor por convección (básicamente por apertura de puertas)
- < Calor del producto (el que trae de campo y el producto de la respiración)
- < Cargas complementarias (luces, motores, personas, etc)

## ANEXO 5.2 Evaluación del evento

### *Orientación para el Instructor*

El formulario se entregara finalizado el programa de capacitación.

El formulario consta de unos puntajes y comentarios. El Propósito de esta presentación y el correspondiente análisis, es para confirmar aclarar y profundizar aquellos aspectos que se destacaron como positivos o negativos en el desarrollo de la capacitación.

No se requiere que los participantes escriban su nombre en el cuestionario.

### *Orientación para los participantes*

Sus opiniones sobre el curso que acabamos de realizar servirá para mejorarlo en el futuro.

El beneficio que esta capacitación tiene para sus intereses y los de su institución.

El tiempo dedicado al evento.

### **Instrucciones**

- < Elabore esta evaluación de manera objetiva.
- < Marque con una X el puntaje que considere mas adecuado y escriba sus comentarios tanto en el aspecto positivo como negativo.

### **Escala evaluativa**

Muy Bien = 4    Bien = 3    Regular = 2    Malo, inadecuado =1

### **ACTIVIDAD**

1. Las prácticas fueron suficientes y se relacionaron con el tema 1 2 3 4

*Comentario:*

---



---

2. Las prácticas son de utilidad para el desempeño de su trabajo 1 2 3 4

*Comentario:*

---



---

3. El contenido lleno los vacíos de conocimiento que usted tenía 1 2 3 4

*Comentario:*

---



---

4. La capacitación le sirve para el desempeño de su trabajo 1 2 3 4

*Comentario:*

---



---

5. Duración del curso respecto a los objetivos propuestos y el contenido del mismo 1 2 3 4

*Comentario:*

---



---

6. Exprese sugerencias para mejorar este curso

---



---

## ANEXO 5.3 Evaluación del desempeño del instructor

Fecha:

Nombre:

### Instrucciones

A continuación aparece una serie de descripciones de comportamiento que se consideran deseables en un buen instructor. Señale sus opiniones marcando una “X” frente a cada una de las frases que lo describan. En SI cuando ese comportamiento sí estuvo presente en la conducta del instructor, y NO, cuando esté seguro que no observó ese comportamiento

#### 1. Organización y claridad

El Instructor	SI	NO
---------------	----	----

- 1.1 Presentó los objetivos de la actividad
- 1.2 Explicó la metodología para realizar las actividades
- 1.3 Siguió una secuencia clara en su exposición
- 1.4 Resumió los principales aspectos de su presentación
- 1.5 Habló con claridad y tono de voz adecuado
- 1.6 Utilizó ayudas didácticas que facilitaron la comprensión del tema

2. Dominio del tema	SI	NO
---------------------	----	----

- 2.1 Se mostró seguro de conocer la información presentada
- 2.2 Respondió las preguntas con propiedad
- 2.3 Entregó referencias bibliográficas actualizadas
- 2.4 Relacionó los aspectos básicos del tema expuesto
- 2.5 Proporcionó ejemplos para ilustrar el tema expuesto

2.6 Centró la atención de los participantes en lo más importante

3. Habilidad de interacción SI      NO

3.1 Estableció comunicación con los participantes

3.2 El lenguaje empleado estuvo a la altura de la audiencia

3.3 Inspiró confianza para preguntarle

3.4 Demostró interés en el aprendizaje de los participantes

3.5 Formuló preguntas a los participantes

3.6 Mantuvo las intervenciones de la audiencia dentro del tema

4. Dirección de los ejercicios prácticos SI      NO

Precisó los ejercicios de la práctica

Organizó los participantes de manera que todos pudieran participar

Tuvo a su disposición los materiales y equipos necesarios

Brindó las instrucciones adecuadas para los ejercicios

5. Comentarios para mejorar un próximo evento de capacitación

---



---



---

## ANEXO 6

### ANEXOS TÉCNICOS

#### Anexo 6.1 Algunos conceptos y unidades de medida utilizadas en refrigeración

La refrigeración de frutas y hortalizas tiene gran relación con lo que ocurra en la atmósfera de almacenamiento, Aunque la atmósfera como cualquier gas tiene muchas propiedades físicas importantes, sólo algunas son relevantes en refrigeración.

La **temperatura** (T) es una propiedad de los cuerpos que indica la energía interna que poseen. Para medirla se utiliza el termómetro, y su lectura se hace sobre una escala. Las escalas Celsius y Fahrenheit son las que mas se utilizan.

La escala Celsius o Centígrada utiliza los cambios de estado del agua; establece un valor de 0 para el punto de congelación y un valor de 100 para su punto de ebullición, a la presión atmosférica del nivel del mar. El intervalo entre ambos puntos se divide en 100 partes, cada una de las cuales se denomina **Grado centígrado** (°C).

Para la escala Fahrenheit el 0 representa la temperatura mas baja que se tendría en una mezcla de cloruro de amonio y nieve, y el 100 representa la temperatura normal del hombre. El intervalo se divide en 100 partes, cada una de las cuales se denomina **Grado Fahrenheit** (°F). Para esta escala, el punto de congelación del agua se obtiene a los 32 °F y el punto de ebullición a los 212°F. Entonces se tienen 180 unidades entre los puntos de congelación y de ebullición del agua; esto nos permite establecer las ecuaciones de conversión entre escalas de temperatura:

$$\begin{aligned} \text{°F} &= 32 + 9/5 \text{ °C} \\ \text{°C} &= 5/9 (\text{°F} - 32) \end{aligned}$$

En el manejo de las propiedades del aire, se utiliza el **sicrómetro** el cual consiste en dos termómetros montados uno al lado del otro sobre una placa protectora, la cual está unida por una unión giratoria a una manija para, a través de ella, poder con una mano hacerlo girar fácilmente. Uno de los termómetros posee en su extremo una gasa humedecida con agua que evapora al girar el sicrómetro, y su lectura se conoce como **temperatura de bulbo húmedo** ( $T_{bh}$ ); el otro, entrega la lectura ordinaria, y ésta se conoce como **temperatura de bulbo seco** ( $T_{bs}$ ).

La **presión** ( $p$ ) es la fuerza ejercida por unidad de área; puede describirse como la intensidad de una fuerza en un punto cualquiera sobre la superficie de contacto. En el caso de los gases, se trata de la fuerza que ejercen las moléculas del gas sobre el recipiente que los contiene. Para medir la presión, se utilizan indicadores de presión como el manómetro. Algunas unidades de presión muy utilizadas son el milímetro de mercurio (mm de Hg), El pascal (Pa) y el Psi ( $\text{lb/plg}^2$ ).

$$\begin{aligned} 1 \text{ mm de Hg} &= 133.3 \\ \text{Pa } 6894,8 \text{ Pa} &= 1 \text{ psi} \\ 1 \text{ psi} &= 51.72 \text{ mm de Hg} \end{aligned}$$

En cualquier mezcla de gases (como el aire), la presión total es la suma de las presiones de cada gas y cada gas ejerce una presión igual a la que ejercería si estuviera solo. En refrigeración es importante determinar cómo se afecta el contenido de vapor de agua, teniendo poca importancia cómo cambian los otros gases que componen el aire.

La **presión de vapor** ( $p_v$ ) es la presión que ejercen las moléculas del vapor de agua presente en el aire. La cantidad máxima de vapor de agua que puede ser mezclado con un contenido de aire sólo depende de la temperatura, y se da cuando el vapor ejerce la máxima presión posible. Esta es conocida como **presión de vapor de saturación** ( $p_s$ ), y su valor se relaciona con la temperatura del aire, en las tablas de vapor, una muestra de las cuales se presenta al final de este anexo.

La **Razón de humedad** ( $h$ ), es la relación entre el peso del vapor de agua y el peso del aire seco en un volumen dado de mezcla. No debe confundirse con la humedad absoluta o densidad, la cual es la razón entre la masa de vapor de agua y el volumen del aire.

El **volumen específico** ( $v$ ), es el inverso de la densidad y se define como el volumen ocupado por cada unidad de masa de aire. Se expresa en  $\text{m}^3/\text{kg}$  o en  $\text{pie}^3/\text{lb}$ . Esta propiedad varía con la temperatura y la presión atmosférica.

El **Calor** ( $Q$ ) termodinámicamente se define como energía en tránsito de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperatura entre los dos cuerpos. Tiene como unidades la Caloría y el Btu (British Thermal Unity); también se puede expresar en Julios.

Una caloría es la cantidad necesaria que debe absorber un gramo de agua para que su temperatura se aumente en  $1^\circ\text{C}$ . De manera similar, un

Btu es la cantidad de calor necesaria para incrementar la temperatura de una libra de agua en 1 °F.

$$\begin{aligned} 1 \text{ caloría} &= 4,18 \text{ julios} \\ 1055 \text{ julios} &= 1 \text{ BTU} \\ \text{BTU} &= 252 \text{ calorías} \end{aligned}$$

La velocidad con la cual un cuerpo gana o pierde calor, o rata de flujo de calor (Q), se expresa en Btu/hora o en Calorías/hora, y para el caso del cálculo de la carga de refrigeración (ver Anexo 5.4), en toneladas de refrigeración. Estas unidades son expresiones de **Energía/tiempo**, lo que equivale a una expresión de **Potencia**; entonces la velocidad con que fluye el calor puede expresarse en Watts y en HP. Esto es especialmente útil cuando se trata de determinar la capacidad de los equipos de refrigeración del cuarto frío.

$$288.000 \text{ Btu/día} = 12.000 \text{ Btu/hr} = 3024 \text{ kcal/h} = 1 \text{ tonelada de refrigeración}$$

Esta velocidad de flujo de calor está en función directa con el tipo de producto que se trate; de su capacidad para absorber o ceder calor. Esta es dada por el **Calor específico** ( $C_p$ ), que se define como la cantidad de calor que debe absorber un gramo de una sustancia, para que su temperatura se aumente en un grado centígrado; dicho de otra forma, cuanto mas grande el valor del calor específico, mayor será la cantidad de calor que debe desprender un cuerpo para reducir su temperatura. Sus unidades serán:

$$\frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$$

$$\frac{\text{Btu}}{\text{lb } ^\circ\text{F}}$$

El calor específico de las frutas y las hortalizas se encuentra de manera experimental. También se puede utilizar una aproximación, usando la siguiente fórmula:

$$\text{Calor específico} = 0.008 \times (\text{porcentaje de agua del producto}) + 0.20$$

La **entalpía** (h) es una propiedad de la materia que puede definirse como "calor total", o sea la suma de las energías suministradas o retiradas de un cuerpo. En el caso del aire, es la suma del calor sensible y del calor latente contenidos por el mismo. El primero es función de la temperatura de bulbo seco (Tbs) y el segundo de la temperatura de punto de rocío (PR). El calor total es función de la temperatura de bulbo húmedo (Tbh).

**Algunas propiedades del aire saturado, a diferentes temperaturas**

<b>Temperatura °C</b>	<b>Presión de vapor Pa</b>	<b>Razón de humedad kg agua kg de aire seco</b>	<b>Entalpía kcal kg de aire</b>	<b>Volumen específico m<sup>3</sup>/kg</b>
0	610.46	0.0038	2.25	0.776
2.5	731.60	0.0045	3.31	0.786
5	872.32	0.0054	4.44	0.795
7.5	1036.83	0.0064	5.67	0.803
10	1228.03	0.0076	7.00	0.812
12.5	1449.69	0.0090	8.45	0.821
15	1705.07	0.0107	10.04	0.830
17.5	2000.17	0.0125	11.79	0.840
20	2337.32	0.0147	13.71	0.850

## ANEXO 6.2 Información sobre el comportamiento de algunas frutas y hortalizas

### CALOR DE RESPIRACION DE ALGUNAS FRUTAS Y HORTALIZAS

PRODUCTO	TIPO		kcal/ton/24h											
			0°C		2°C		5°C		10°C		15 °C		20 °C	
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
ajo seco	H		450	660	950	1450	2650	3150						
apio	H		400	610	2000									
arveja en vaina	H		1800	2150	2400	2950	3200	3900	4100	5500	7500	9500	11800	13300
arveja verde	H		2070	2120		3300	4040							
banano maduro	F	C	820	1210	1340	2420	1800	3410	1950	5000				
banano verde	F	C	450	1060	820	2020	1230	2700	1750	3200				
batatas	H		430	860										
brócoli (germinac)	H		2780	4450										
cebolla c.blanca	H		240	400	260	400	320	520	470	700	650	950	950	1200
cebolla junca	H		960	3790										
cereza	F	NC	330	460		710	740		2700	3300				
ciruela	F	C	230	380										
col de bruselas	H		1000	1400	1150	1600	2000	2800	3450	4700	5150	6100	10100	10700
coliflor	H		1060	1220										
champiñones	H		2350	2500	2550	2700	3050	3300	5000	5200	9650	10000	10400	13100
durazno	F	C	360	510										
espárragos	H		1200	1350	1400	1500	1600	1750	3000	3300	4250	5700	6000	7500
espinacas	H		1250	1700	1600	2450	2650	4100	4300	6450	8750	10800	13000	18500
fresa	F	NC	700	960	830	1310	910	1900	1850	3620	2700	500	3600	6200
habichuela	H		2330	2880										
lechuga	H		650	800	700	900	850	1050	1450	2100	2250	3900	5200	7000
limón	F	NC	130	230		160	480		580	1260				
manzana	F	C	200	380	290	430	320	650	840	1250	1100	1900	1210	2550
melón	F	C	280	400	360	480	450	550	850	950	1100	1450	1950	2100
nabo	H		300	350	320	400	400	650	570	1100	1200	1850	2100	2850
naranja	F	NC	100	220	130	260	220	390	430	720	750	1140	1390	1420
nuez	F		100	200	200	300								
papa	H		200	540	220	500	250	400	340	450	400	750	500	900
papaya	F	C												
pepino cohom.	H	NC	390	420	400	500	500	700	1050	1250	1950	2500	3150	3600
pera	F	C	160	300	270	540	450	950	600	1300	2100	3300	2400	5500
pimentón	H	NC	500	580	650	900	1160	1320	1750	1180	2130	2350	2500	2700
piña madura	F	NC	820	930	1350	1460	1570	1620	1700	2800				
plátano	F	C	1000	1800										
rábano	H		1130	1250	1300	1500	1650	1800	2050	2300	4000	4250	6200	6600
remolacha	H		240	400	300	580	650	700	1050	1250	1450	2400	3050	4400
repollo	H		520	680	700	750	850	1050	1300	1600	2150	2500	3250	4000
tomate maduro	H	C	280	360	330	400	400	550	650	850	1100	1800	1650	2100
tomate m.verde	H	C	150	280	280									
toronja	F	NC	100	220	150	260	220	310	380	520	670	880	1060	1150
uva	F	NC	100	200	240	350	340	500	490	750	740	1000	1030	1600
zanahoria	H		200	580	450	700	580	800	650	900	1500	2000	1850	2800

Fuente: Gallo (1996), p. II.68. F: Fruta

PRODUCTO	CONDICIONES IDEALES		VIDA COMERCIAL en semanas	SENSIBILIDAD A:				PRODUCCION DE ETILENO
	T (°C)	HR (%)		T°	HR	ETILENO	FRIO	
<b>0 - 4 °C</b>								
<b>Frutas</b>								
Albaricoque	0	90-95	1-2	**	**	-	-	***
Breva	0	90-95	1-2	**	**	-	-	-
Cereza	0	90-95	2	**	**	-	-	-
Ciruela	0	90-95	3	**	**	-	-	***
Datil	0	85-90	4-8	**	**	-	-	-
Durazno, nectarina	0	90-95	2	***	**	***	-	***
Fresa	0	90-95	5 Días	***	***	-	-	*
Kiwi	0	90-95	8-12	*	*	**	-	*
Mandarina	0-4	85-90	8-10	**	**	-	**	*
Manzana	0-6	90-95	4-24	*	**	**	*	***
Mora	0-4	85-90	2	---	---	---	---	---
Naranja valencia	0-5	85-90	8-12	*	*	-	**	*
Naranja washington	0-5	85-90	5-8	*	*	-	**	*
Pera	0	90-95	10-12	**	**	***	*	***
Uva	0	90-95	16	**	*	-	-	-
<b>Hortalizas</b>								
Achicoria	0	90-95	2-3	**	**	-	-	-
Ajo	0	65-70	24-28	*	*	-	-	-
Alcachofa	0	95	2-3	**	**	-	-	-
Apio	0	90-95	2-4	***	**	***	-	*
Apio nabo	0	90-95	16-22	*	*	-	-	-
Arveja	0	90-95	1	***	**	-	-	-
Brocoli	0	90-95	1-2	**	***	**	-	**
Cebolla cabezona	0	75-85	33-40	*	*	*	-	*
Cebolla de rama	0-1	95-98	1-3	---	---	---	---	---
Cebolla puerro	0	90-95	4-6	**	**	**	-	-
Champiñones	0	90-95	5-6 días	***	***	-	-	**
Col china	0	90-95	2-4	**	**	**	*	-
Col de bruselas	0	90-95	2-3	**	**	***	-	*
Coliflor	0	90-95	5-6	**	***	**	-	*
Colinabo	0	90-95	16-24	*	*	*	-	-
Esparragos	0	90-95	1-2	**	**	*	-	-
Espinaca	0	90-95	6-8 días	***	***	-	-	-
Guisante	0	90-95	4-7	***	**	*	-	-
Hinojo	0	90-95	2-4	**	**	-	-	-
Lechuga	0	90-95	1-2	***	***	**	-	*
Lechuga crespita	0	90-95	1-2	**	***	**	-	*
Maiz choclo	0	90-95	4-8 días	***	**	-	-	-
Maiz dulce	0	90	4-8 días	***	**	-	-	-
Nabo	0	90-95	1-2	**	**	-	-	-
Rabano	0	90-95	1-2	***	***	*	-	-
Rabano blanco	0	90-95	8-12	*	***	-	-	-
Remolacha	3-4	95-98	16-20	*	**	-	*	-
Repollo	0	90-95	14-24	*	*	**	-	*
Repollo crespito	0	90-95	10-15	**	**	**	-	*
Repollo de cabeza	0	90-95	1-2	***	**	**	-	*
Repollo morado	0	90-95	12-20	**	*	**	-	*
Ruibarbo	0	90-95	2-3	**	***	-	-	-
Yuca	0	90-95	20-24	*	*	-	-	-
Zanahoria	0	90-95	14-25	**	**	**	-	*

PRODUCTO	CONDICIONES IDEALES		VIDA COMERCIAL en semanas	SENSIBILIDAD A:				PRODUCCION DE ETILENO
	T (°C)	HR (%)		T°	HR	ETILENO	FRIO	
<b>4 - 8 °C</b>								
<b>Frutas</b>								
Carambola	5-7	90-95	3	**	**	*	**	*
Higo	5	90	3-4	**	*	*	*	-
Lulo	7-8	90-95	2-4	---	---	---	**	---
Maracuya	5-7	85-90	3-4	---	---	---	***	***
Melon cantaloupe	4-5	85-95	1-2	**	**	*	**	**
Tangelo mineola	4-5	90	4-8	**	*	-	**	*
Tomate de arbol	4	90	3	**	*	**	*	***
<b>Hortalizas</b>								
Arracacha blanca	4	85-90	4	---	---	---	---	---
Arracacha amarilla	4	85-90	2	---	---	---	---	---
Habichuela	5-6	90-95	4-7 días	***	***	-	**	-
Papa	4-6	90-95	20-30	**	*	**	*	*
<b>8 - 12 °C</b>								
<b>Frutas</b>								
Aguacate tropical	12	90	2-4	**	*	**	***	***
Feijoa	10	90	3	**	*	*	**	**
Granadilla	8	90	3-4	**	**	**	**	***
Guayaba	10	90	3	**	*	*	**	**
Kumquat	10	90	4	**	**	-	**	*
Lima	10	90	6-8	*	*	*	**	*
Melon honeydew	10-14	85-90	2-3	**	**	*	**	**
Papaya madura	7-10	90	2-3	**	**	**	***	***
Papaya verde	10-13	85-90	2-4	**	**	***	***	***
Piña	10	90-95	2-3	**	*	-	***	*
Piña madura	7-8	90-95	5-7 días	**	*	-	***	*
Sandía (patilla)	10-12	80-90	2-3	*	*	***	**	**
<b>Hortalizas</b>								
Ahuyama	10	75	8-12	*	*	-	**	-
Aji	8-10	90-95	2-3	**	**	*	**	*
Berenjena	8-10	90-95	1-2	*	**	***	***	-
Calabacin	7-10	90-95	2-3	**	**	-	**	-
Ocra	10	90	1-2	**	*	-	*	-
Pimenton	7-12	90-95	1-2	**	***	*	**	*
Tomate verde	15	80-85	3	***	*	**	***	**
Tomate pinton	12	80-85	2	***	*	**	***	**
Tomate maduro	8	80-85	1	***	*	**	***	**
<b>12 - 16 °C</b>								
<b>Frutas</b>								
Banano	13	90-95	2-3	**	*	***	***	**
Chirimoya	12	90	2-3	**	*	**	***	**
Guanabana	12	90	4-7 días	**	*	**	***	**
Limon	11-15	85-90	3-6	*	*	-	**	*
Mango variedades	12	85	2-3	**	**	**	***	**
Mango chancleto	9	85	---	---	---	---	---	---
Mango azucar	8-10	85	2	---	---	---	---	---
Uchuva	14	80	4-8	*	*	*	**	*
<b>Hortalizas</b>								
Batata	14	90	12-20	*	*	-	***	-
Pepino	13	90-95	1-2	**	***	***	***	*
Ñame	16	65-16	* *	-	***	-	---	---

\* poco importante

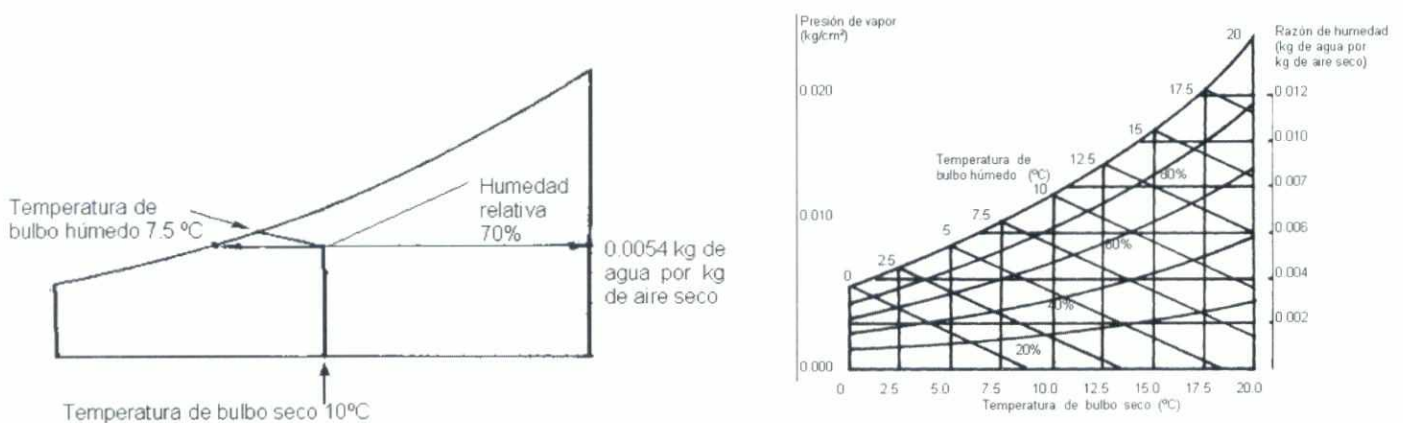
\*\*\* muy importante

### ANEXO 6.3 El uso de la carta sicrométrica

El control de las condiciones ambiente, en particular de la temperatura y de la humedad relativa, resultan de vital importancia en la conservación de la calidad de los vegetales durante su almacenamiento refrigerado. Este control se puede realizar utilizando el **sicrómetro** el cual fué descrito en el anexo 3.1. Las lecturas de temperatura obtenidas con este sicrómetro se llevan sobre la **Carta sicrométrica**, una gráfica en la cual se representan las propiedades del aire a través de líneas: las temperaturas de bulbo seco y húmedo, la humedad absoluta, la humedad relativa, la densidad del aire, la presión del vapor de agua y la entalpía total. Aunque estas propiedades varían en función de la altura del lugar, para efectos prácticos esta se puede ignorar.

En el esquema siguiente se muestra la manera de relacionar las líneas de temperatura de bulbo húmedo ( $T_{bh}$ ) y bulbo seco ( $T_{bs}$ ). A través de ellas se puede establecer tanto la humedad relativa como la temperatura a la cual se presentará condensación (punto de rocío), datos que son útiles durante la operación del cuarto frío. La carta sicrométrica (que aparece en la siguiente página) también puede suministrar otros datos de importancia en el cálculo de cargas de calor (entalpía, volumen específico, Humedad absoluta)

**Figura A1. Porción de la Carta Sicrométrica muy utilizada en refrigeración.**



Para conocer la humedad relativa también se puede usar la siguiente tabla, que utiliza el dato de  $T_{bs}$  y la diferencia  $T_{bh} - T_{bs}$  :

Diferencia entre termóm. seco y húmedo	Temperaturas del termómetro seco										
	0°C	0.5°C	1°C	1.5°C	2°C	2.5°C	3°C	3.5°C	4°C	4.5°C	5°C
	tanto por ciento de humedad relativa										
0.1	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
0.2	96	96	96	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5
0.3	94	94	94	94	94.5	94.5	94.5	94.5	95	95	95
0.4	91.5	92	92	92	92	92.5	92.5	92.5	92.5	93	93
0.5	90	90	90	90	90.5	90.5	90.5	91	91	91	91
0.6	88	88	88.5	88.5	89	89	89	89.5	89.5	89.5	89.5
0.7	86	86	86.5	86.5	87	87	87.5	87.5	87.5	88	88
0.8	84	84.5	84.5	85	85	85.5	85.5	86	86	86	86.5
0.9	82	82.5	83	83	83.5	83.5	84	84	84.5	84.5	85
1.0	80.5	81	81	81.5	82	82	82.5	82.5	83	83	83.5
1.1	78.5	79	79.5	80	80	80.5	81	81	81.5	81.5	82
1.2	77	77.5	78	78.5	78.5	79	79.5	80	80	80.5	81
1.3	75.5	75.5	76	76.5	77	77.5	78	78.5	78.5	79	79.5
1.4	73.5	74	74.5	75	75.5	75.5	76	76.5	77	77	77.5
1.5	71.5	72	72.5	73	73.5	74	74.5	75	75.5	76	76.5
1.6	70	70.5	71	71.5	72	72.5	73	73.5	74	74.5	75
1.7	68.5	69.5	70	70.5	71	71.5	72	72.5	72.5	73	73.5
1.8	66.5	67	67.5	68.5	69	69.5	70	70.5	71	72	72.5
1.9	64.5	65.5	66	66.5	67.5	68	68.5	69	69.5	70	71
2.0	63	63.5	64	65.5	66	66.5	67	67.5	68	68.5	69

Fuente: Alarcón y Creus (1992).

## Anexo 6.4 Ejemplo de cálculo de la carga de refrigeración

### Información general requerida

#### Datos del producto

Producto a refrigerar	Peras
Cantidad de fruta a almacenar	300 Ton
Frecuencia y cantidad de carga del cuarto frío	30 Ton/día
Calor específico de la fruta ( $C_p$ )	0.91 kcal/kg/°C
Calor de respiración ( <a href="#">anexo 3.2</a> ) para enfriamiento inicial	( $T_{media} = 11^{\circ}\text{C}$ ) 1700 kcal/ton/día
para conservación	( $T = 2^{\circ}\text{C}$ ) 405 kcal/ton/día
Temperatura de campo de la fruta	20 °C

#### Condiciones ambiente

Temperatura de almacenamiento	2 °C
Temperatura del suelo	15 °C
Aislamiento a utilizar	Poliuretano (láminas de 80 mm)
Resistencia Térmica	(4.032 h m <sup>2</sup> °C/kcal)
Entalpía ( <a href="#">anexo 3.1</a> ) para aire exterior seco	( $T = 20^{\circ}\text{C}$ ) $h_e = 13.71$ kcal/kg de aire seco
para aire interior	( $T = 2^{\circ}\text{C}$ ) $h_i = 3.10$ kcal/kg de aire seco

#### Información complementaria

Iluminación	5 Watts/m <sup>2</sup>
Potencia estimada de los ventiladores	3 hp
Tiempo diario de funcionamiento de las luces	8 horas/día
Tiempo diario de funcionamiento de los equipos	20 horas/día

### Determinación de la capacidad de almacenamiento requerida

Capacidad instalada (ver [2.2.2](#)):

$$C + S$$

$$V =$$

$$400$$

C = Cantidad máxima a ser refrigerada al mismo tiempo, en kg = 30.000 kg

S = Cantidad máxima a ser almacenada al mismo tiempo, en kg = 300.000 kg

$$V = \frac{30.000 + 300.000}{400} = 825 \text{ m}^3$$

Considerando una altura de 5,5 m para facilitar el manejo y permitir la circulación del aire, resulta un área en planta de:

$$A = \frac{825}{5,5} = 150 \text{ m}^2$$

Se pueden entonces definir las dimensiones del cuarto frío como:

$$\text{alto} = 5,5 \text{ m} \quad \text{largo} = 15 \text{ m} \quad \text{ancho} = 10 \text{ m}$$

### Cálculo de la carga de refrigeración (explicado en 2.3.2)

#### A. Calor por conducción.

$$Q_1 = \frac{24 A (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})}{R}$$

Se realiza el cálculo para cada una de las paredes, el techo y el piso:

$$Q_{\text{paredes}} = \frac{24 A (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})}{R} = \frac{24 \times 2 \times (10 \times 5.5 + 15 \times 5.5) \text{ m}^2 \times (20 - 2)^\circ\text{C}}{4.032 \text{ h m}^2 \text{ }^\circ\text{C/kcal}} = 29464 \text{ kcal/día}$$

$$Q_{\text{techo}} = \frac{24 A (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})}{R} = \frac{24 \times (10 \times 15) \text{ m}^2 \times (20 - 2)^\circ\text{C}}{4.032 \text{ h m}^2 \text{ }^\circ\text{C/kcal}} = 16071 \text{ kcal/día}$$

$$Q_{\text{piso}} = \frac{24 A (T_{\text{ext}} - T_{\text{int}})}{R} = \frac{24 \times (10 \times 15) \text{ m}^2 \times (15 - 2)^\circ\text{C}}{4.032 \text{ h m}^2 \text{ }^\circ\text{C/kcal}} = 11607 \text{ kcal/día}$$

$$Q_1 = Q_{\text{paredes}} + Q_{\text{techo}} + Q_{\text{piso}} = 29464 + 16071 + 11607$$

$$Q_1 = 57.142 \text{ kcal/día}$$

**B. Calor por convección**

Usando el cuadro 2.5 se determina el número de cambios de aire (N) para un volumen de 825 m<sup>3</sup> : N = 2.4.

$$Q_2 = \frac{V N (h_e - h_i)}{0.84} = \frac{825 \text{ m}^3 \times 2.4 \times (13.71 - 3.10)}{0.843} = 11607 \text{ kcal/día}$$

$$Q_2 = 24.920 \text{ kcal/día}$$

**C. Calor por el producto**

Se divide en dos: el calor a retirar para bajar la temperatura (calor de campo) y el calor de respiración.

**Calor de campo**

$$Q_3 = m C_{p_{\text{rod}}} (T_{\text{inicial}} - T_{\text{final}}) = 30.000 \text{ kg/día} \times 0.91 \text{ kcal/kg/}^\circ\text{C} \times (20 - 2)^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 491.400 \text{ kcal/día}$$

**Calor de respiración.** (es máxima el último día de carga). está compuesto por:

el calor de la fruta que entra a refrigerar  
(cuya temperatura media es 11°C)

$$mQ_R = 30 \text{ ton} \times 1700 \text{ kcal/ton/día} = 51.000 \text{ kcal/día}$$

y el calor de la que se encuentra almacenada  
(cuya temperatura es 2 °C).

$$mQ_R = 270 \text{ ton} \times 405 \text{ kcal/ton/día} = 109.350 \text{ kcal/día}$$

El calor de respiración será la suma de los dos: 51.000 + 109.350

$$Q_4 = 160.350 \text{ kcal/día}$$

**D. Cargas de servicio**

la energía de iluminación será:

$$5 \text{ w/m}^2 \times 150 \text{ m}^2 = 750 \text{ w} = 0.75 \text{ kw,}$$

entonces:

$$Q_5 = (\text{kw} \times 864.36)Tl + (\text{hp} \times 641.34)Tm$$

$$Q_5 (0.75 \times 864.36) \times 8 + (3 \times 641.34) \times 20$$

$$Q_5 = 39128 \text{ kcal/día}$$

El **calor total** a retirar será entonces:

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = \\ &= 57.142 + 24.290 + 491.400 + 160.350 + 39128 \end{aligned}$$

$$Q_T = 772.310 \text{ kcal/día}$$

Que equivale a 10.6 toneladas de refrigeración. Esta información será utilizada para establecer, de acuerdo al refrigerante que se vaya a utilizar:

- la potencia de los equipos
- la cantidad de refrigerante que debe fluir
- las dimensiones y el tipo de evaporador

Es conveniente resaltar aquí la importancia del preenfriamiento, ya que el calor de campo constituye un porcentaje importante en la carga de refrigeración; si la fruta se preenfriaba hasta 8 °C, la carga de refrigeración se reduce a la **tercera parte**.

## ANEXO 7

## GLOSARIO

Btu	Es la unidad inglesa de medición de calor. Significa el calor que se requiere para incrementar en 1 °F una libra de agua.
Calor latente	Es el calor que se requiere para que ocurra un cambio de estado en una sustancia (evaporación, condensación).
Calor sensible	Es calor agregado o removido de una sustancia, que se puede medir por el cambio de temperatura.
Capacidad de refrigeración	Es la cantidad de calor que es necesario retirar dentro del cuarto frío para mantener su temperatura. Se mide en toneladas de refrigeración.
Carga	Es la cantidad de refrigerante presente en el sistema.
Compresor	Es la máquina que comprime el gas refrigerante de un sistema de evaporación y lo descarga en un sistema de condensación.
Condensador	Un serpentín en el cual el refrigerante comprimido y vaporizado es licuado removiéndole calor.
Conducción	La transferencia de calor que ocurre por contacto directo entre dos sustancias.
Estiba	Tarima de madera diseñada para transportar varios recipientes.
Evaporación	Cambio de estado de líquido a vapor.
Evaporador	Es el aparato donde se vaporiza el refrigerante para absorber el calor del cuarto frío.
Fluido	Es un gas, vapor o líquido.
Intercambiador de calor	Es un aparato donde el calor es transferido de un fluido a otro
Higroscópica	Cualquier sustancia que tiene gran facilidad de absorber humedad.

Lado de alta	Es la parte del ciclo de refrigeración que se encuentra a alta presión.
Lado de baja	Es la parte del ciclo de refrigeración que se encuentra a baja presión.
Línea de líquido	Es la línea que conduce el refrigerante líquido, desde el condensador hasta la válvula de expansión.
Presión	Es la fuerza ejercida por un líquido o gas, por unidad de área en las paredes del recipiente.
Presión de descarga	Se mide en la línea de alta presión, a la salida del compresor.
Presión manométrica	Es la presión tomada sin considerar la presión atmosférica.
Refrigerante	Es el medio para transferir calor en un sistema de refrigeración. Absorbe calor mediante su evaporación.
Succión	Es la operación por la cual el refrigerante es bombeado al tanque de almacenamiento.
Temperatura ambiente	Es la temperatura exterior y circundante al cuarto frío.
Termostato	Es el instrumento por el cual se controla la temperatura dentro del cuarto frío.
Tonelada de refrigeración	Es el calor requerido para derretir una tonelada de hielo en 24 horas. Una tonelada de refrigeración es igual a 12000 Btu/hr.
Transmisión de calor	Cualquier flujo de calor; se refiere a la conducción, la convección y la radiación.
Vapor saturado	Es el vapor en estado de equilibrio con un líquido, contenidos dentro de un recipiente cerrado.

## ANEXO 8

## BIBLIOGRAFÍA

- ALARCON, J. (1992). Tratado práctico de refrigeración automática. 11ª de. Barcelona: Boixareu. 424 p.
- ARI. (1981). Refrigeración y aire acondicionado. Madrid: Dossat.
- AVENA B. Roberto. (1997). Preenfriado de mango. En: Manejo Postcosecha del mango. México: UAM. p. 47.
- BAEZ SAÑUDO, Reginaldo. (1997). Manejo postcosecha del mango. Mexico: UAM. 92 p.
- BARTSCH, James y BLANPIED, David. (1990). Refrigeration and controlled atmosphere storage for horticultural crops. ITACA, N.Y.:Northeast Regional Agricultural Engineering Service.45 p.
- CASTRO, Marco Vinicio. (1995). Daños por frío en frutas y hortalizas tropicales. En: Boletín Laboratorio de Tecnología Postcosecha. Vol 2. No. 2. San José: U. de Costa Rica. p. 10.
- CARRARO Antônio Fernando y MANCUSO DA CUNHA Marcelo (1994). Manual de Exportação de frutas. Brasilia: MAARA. 190 p.
- CENICAFE. (1979). Observaciones meteorológicas. Boletín Técnico No. 4. Federación de Cafeteros de Colombia.
- CRUZ DA COSTA, Ennio. (1975). Refrigeração. Portoalegre: EMMA. 240 p.
- DIAZ MAYORGA, Guilén. (1993) Inventario y análisis de las investigaciones realizadas en la agroindustria de frutas y hortalizas en Colombia. Bogotá: ICTA-SENA.
- DOSSAT, Roy. (1995). Principios de refrigeración. México: CECSA. 594 p.
- DURAN T. Sebastián. (1983). Frigoconservación de la fruta. Barcelona: AEDOS. 366p.
- FAO. (1985). Proyecto y explotación de almacenes frigoríficos. Boletín 19/2. 88 p.
- FLOREZ FAURA, Rafael y RAMIREZ POVEDA, Humberto. (1998). Manejo postcosecha y comercialización de espinaca (*Spinacia oleraceae L.*). Convenio SENA - REINO UNIDO. Programa Postcosecha. Armenia: Centro Agroindustrial, SENA Regional Quindío. 300 p.
- FRANCO, Germán et al. (1997) Conservación por frío de la mora de castilla (*Rubus Glaucus*) producida en el eje cafetero. En: Revista Agrocambio, Año 3 No. 9. p. 3.
- GALVIS, Antonio. (1992). Congelación de productos vegetales. Memorias del Seminario Internacional sobre Congelación de Alimentos Sistema IQF. Bogotá: ICTA, junio 1992. 35 p.
- \_\_\_\_\_. (1991). Sistemas de preenfriamiento de frutas y hortalizas. En: Memorias Curso Tecnología del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Santafé de Bogotá: ICTA - U.N. 15 p.

- GALLO Pérez, Fernando. (1996). Manual de fisiología y patología postcosecha y control de calidad de frutas y hortalizas. Convenio SENA - REINO UNIDO. Programa Postcosecha. Armenia: Centro Agroindustrial, SENA Regional Quindío.
- GEDDES, A. M. et al. (1987). Evaporative cooling system for storage of consumer potatoes in Pakistán. Mimeo, 8 p.
- HARDENBURG, Robert E et al. (1988). Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. San José: IICA. 121 p.
- HERNANDEZ, Eugenio y PARRA, Alfonso. (1992). Psicrometría. Santafé de Bogotá: U.N. 62 p.
- HERNANDEZ, Eugenio y PARRA, Alfonso. (1997). Fisiología Postcosecha de frutas y hortalizas. Santafé de Bogotá: U.N. 64 p.
- KADER, Adel (ed). (1992). Postharvest technology of horticultural crops. University of California. 296 p.
- LA GRA, Jerry. (1993). Una metodología de evaluación de cadenas agroalimentarias para la identificación de problemas y proyectos (MECA). San José: IICA. 240 p.
- LOWE, John. (1996). Manual para la capacitación en manejo post-cosecha de frutas y hortalizas. Estrategias - planeación. Convenio SENA - REINO UNIDO. Programa Postcosecha. Armenia: Centro Agroindustrial, SENA Regional Quindío. 96 p.
- McGUILLIVRAY, G. B. (1997). El análisis económico y la investigación de mercado para proyectos hortifrutícolas. Convenio SENA - REINO UNIDO. Programa Postcosecha. Armenia: Centro Agroindustrial, SENA Regional Quindío.
- McGREGOR, Brian. (1988). Manual de transporte de productos tropicales. Depto de agricultura de los Eu. Manual de Agricultura No. 668. 148 p.
- MEDLICOTT, Andy et al. 1993. Los beneficios y el uso de tecnología postcosecha. Honduras: FHIA.
- MEMORIAS Seminario Regional Andino Tecnologías Francesas en la Cadena de Frío y de Conservación de Productos Alimenticios. (1988). Bogotá: Minagricultura. 40 p.
- MONTERO, Marta. (1995). Enfriamiento de productos frescos. En: Boletín laboratorio de tecnología postcosecha. Vol 2, No. 2. San José: U. de Costa Rica. p. 8.
- NORTH CAROLINE AGRICULTURAL EXTENSION SERVICE. (1989). Design of room cooling facilities: structural and energy requirements. North Caroline State. 16 p.
- \_\_\_\_\_. (1989). Forced-air cooling. 6 p.
- \_\_\_\_\_. (1992). Crushed and liquid ice cooling. 6 p.
- \_\_\_\_\_. (1992). Hydrocooling. 12 p.
- \_\_\_\_\_. (1993). Chlorination and postharvest disease control. 6 p.

- NRI. (1994). Manual para el aseguramiento de la calidad en la exportación de frutas y hortalizas. 2 v. Chatham, U.K.
- PAU COS, Jordi. (1993). Manual de logística para la distribución comercial. Madrid: Ibergráficas. 254 p.
- PEDRAZA R. Jesús María. (1998). Manual para la elaboración de paquetes de capacitación a partir de estudios de caso. Convenio SENA - REINO UNIDO. Programa Postcosecha. Armenia: Centro Agroindustrial, SENA Regional Quindío.
- PLANELLA, I et al. (1987). Tecnología del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Bogotá: IICA. 242 p.
- PROTRADE (1992). Memorias IV reunión latinoamericana sobre agroindustria de frutas tropicales y hortalizas para exportación. Manizales: Federacafé. 223 p.
- PROTRADE (1993). Manual de exportación de frutas tropicales y hortalizas para exportación. Papaya. 35 p.
- RYALL, A. L. y LIPTON, W. J. (1979). Handling, Transportation and storage of fruits and vegetables. Vol I. Vegetables and Melons. 2ª ed. Westport: AVI publishing. 587 p.
- SALUNKHE, D. K. Ed. (1984). Postharvest biotechnology of fruits. Cleveland: CRC. 2 v.
- SNOWDOWN, A. L. (1990). A colour atlas of postharvest diseases and disorders of fruit and vegetables. 2 vol. London: Wolfe Scientific Ltd.
- SURFACE SYSTEMS INTERNATIONAL Ltd. (1994). Experimental Protocol for evaluating the efficacy of Semperfresh treatment for papaya. mimeo: 3p.
- THOMPSON, A. K. (1996). Postharvest technology of fruits and vegetables. Oxford: Blackwell. 327 p.
- \_\_\_\_\_. (1998). Tecnologías postcosecha de frutas y hortalizas. Convenio SENA - REINO UNIDO. Programa Postcosecha. Armenia: Centro Agroindustrial, SENA Regional Quindío. 262 p.
- \_\_\_\_\_ y SKULTAB, Kassim. (1992) Design for a night ventilated onion store for the tropics. En: Agricultural Mecanization in Asia, Africa and Latin america. Vol 23, No 1, p. 51.
- THOMPSON, James F. y KASMIRE, Robert. (1988) Small scale cold rooms for perishable commodities. Univ. de California. Leaflet 21449. 8 p.
- TORRES, Francisco y LANDWEHR, Thomas. (1995). Manejo postcosecha de frutas. Tunja: Instituto Universitario Juan de Castellanos. 234 p.
- VARGAS, Wenceslao. (1987). El frío en la conservación de frutas y hortalizas. En: Planella I. Tecnología del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Bogotá: IICA.
- VILLAMIZAR, Fanny. (1995). Frutas y hortalizas. Manejo y tecnología postcosecha. CONVENIO SENA - UN. 84 p.

- WESTELL Ltda. Manual de instrucciones. s.f. 10 p.
- WILLS, R. H. y LEE, T. H. (1992). Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas postrecolección. Zaragoza: Acribia. 195 p.
- YAHIA, Elhadi (1993). Manejo de frigoríficos para conservación de frutas y hortalizas. Memorias para el I Simposio Nacional de Tecnologías Postcosecha de Frutas y Hortalizas. Montevideo: 25 - 27 Noviembre. 11p.
- YAHIA, Elhadi. (1992). Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas. México: Limusa. 300 p.
- ZAPATA Sánchez, Vicente. (1992) Manual para la formación de capacitadores. Cali: Centro Internacional de Agricultura tropical  
CIAT.



# **ANEXO 9**

## **ORIGINALES PARA TRANSPARENCIAS**

## ANEXO 9.1

### ORIGINALES PARA TRANSPARENCIAS MÓDULO 1

**ANEXO 9.1**  
**ORIGINALES PARA TRANSPARENCIAS MODULO 1**  
**PLANEACIÓN Y OPERACIÓN DE CUARTOS FRIOS**  
**PARA FRUTAS Y HORTALIZAS**  
**PRINCIPIOS DE REFRIGERACION**

C.F. 1.1

### **PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN**

1. Conceptos básicos.
2. Propiedades del aire refrigerado.
3. El sistema mecánico de refrigeración.

C.F. 1.2

## 1. CONCEPTOS BÁSICOS

### **Temperatura:**

Es la medida de la *cantidad de energía* que tienen las moléculas de un objeto. Dice qué tan caliente o frío está un objeto.

### **Calor:**

Es un *flujo de Energía* que se transfiere de manera natural de un objeto caliente a uno frío. Cuando existe diferencia de temperatura entre dos objetos en contacto habrá paso de calor entre ellos.

C.F. 1.3

## CONCEPTOS BÁSICOS

Refrigerar es retirar calor; no introducir frío.

En un cuarto frío se retira calor de las frutas almacenadas colocándolas en contacto con aire frío; el calor fluye porque existe entre la fruta y el aire una **diferencia de temperatura**.

Pero el calor también puede fluir cuando hay:

**Cambio de estado** (condensación, congelación, *evaporación*)

Este último proceso es el principio utilizado en la refrigeración para mantener frío el aire dentro del cuarto.

C.F. 1.4

## CONCEPTOS BÁSICOS

Según el tipo de producto será su capacidad de ceder calor al ambiente.

A mayor contenido de agua, los productos ceden calor con mas facilidad.

Según la cantidad de fruta, será la cantidad de calor entregado al aire dentro del espacio refrigerado.

Una tonelada de fruta u hortaliza puede generar calor equivalente al producido por 2 o 3 bombillos de 60 watios.

C.F. 1.5

## 2. PROPIEDADES DEL AIRE

¿De qué se compone el aire dentro de un cuarto frío?

Nitrógeno            79%

Oxígeno            20%

Otros gases            1%

(Dióxido de carbono, etileno,  
*vapor de agua*)

La **presión total** que ejerce un volumen de aire es la suma de las presiones de cada gas y cada uno de éstos ejerce una presión igual a la que ejercería si estuviera solo.

C.F. 1.6

## PROPIEDADES DEL AIRE

La **presión de vapor** es la que ejerce una cantidad de vapor de agua presente en el aire.

Cuando el vapor ejerce la máxima presión posible se habla de **presión de saturación**; el aire sostiene la máxima cantidad de vapor de agua posible.

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{Presión de vapor}}{\text{Presión de saturación}}$$

La humedad relativa determina en gran medida la conservación de la calidad de las frutas dentro del cuarto frío.

C.F. 1.7

## PROPIEDADES DEL AIRE

La presión de saturación (y por lo mismo la máxima cantidad de vapor) se reduce con la temperatura.

Si decimos que un aire frío puede retener menos vapor de agua, será mas fácil mantener allí una humedad relativa alta; en un cuarto frío esto depende además de:

- la temperatura del aire y del refrigerante,
- la cantidad de producto almacenado,
- la velocidad de recirculación del aire

*Se puede decir que en un metro cúbico de aire existen entre 5 y 20 gramos de vapor de agua.*

C.F. 1.8

## PROPIEDADES DEL AIRE

Dentro de un cuarto frío la temperatura no es constante sino que sube y baja con frecuencia.

Al bajar la temperatura baja la capacidad del aire de sostener vapor de agua.

Puede bajar hasta la temperatura donde ocurrirá condensación de este vapor de agua sobre las paredes y los productos.

A esta temperatura se le llama PUNTO DE ROCIO, y allí el aire se encuentra SATURADO (contiene la máxima cantidad de vapor de agua a esa temperatura).

C.F. 1.9

## PROPIEDADES DEL AIRE

¿Cómo determinar la humedad relativa?

- Con un higrómetro de lectura directa.
- Con un sicrómetro, por la diferencia de temperatura entre los termómetros seco y húmedo.

*Para un cuarto frío entre 7 y 9 °C, si la diferencia entre estos termómetros es menor a 2 °C, la humedad relativa es mas de 80%.*

C.F. 1.10

### **3. EL SISTEMA MECÁNICO DE REFRIGERACION**

- Principio de funcionamiento
- Componentes del sistema de refrigeración.
- Explicación del ciclo de refrigeración

C.F. 1.11

### **EL SISTEMA MECÁNICO DE REFRIGERACIÓN**

Hay una canoa en la mitad de un lago, que tiene un problema de filtración de agua; para extraer esta agua se dispone de una esponja..

La esponja se coloca en el fondo de la canoa y al expandirse absorbe agua; luego se levanta y se exprime fuera de la canoa, para volver a repetir la operación.

C.F. 1.12

## **EL SISTEMA MECÁNICO DE REFRIGERACIÓN**

LA CANOA	es	EL CUARTO FRIO
EL AGUA	es	EL CALOR
LA ESPONJA	es	EL REFRIGERANTE
LA MANO	es	LA MAQUINA QUE COMPRIME

C.F. 1.13

## **EL SISTEMA MECÁNICO DE REFRIGERACIÓN**

*La esponja se coloca en el fondo de la canoa y al expandirse absorbe agua; luego se levanta y se exprime fuera de la canoa, para volver a repetir la operación.*

El refrigerante entra al difusor dentro del cuarto frío y se expande absorbiendo calor; luego se retira y se comprime en la unidad exterior, entregando calor al medio externo, para volver por la tubería al cuarto frío.

C.F. 1.14

## COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

<b>El difusor</b>	Permite la expansión del refrigerante para absorber el calor del cuarto frío.
<b>El compresor</b>	Aspira y comprime el refrigerante. Es el corazón del sistema.
<b>El condensador</b>	Elimina el calor extraído del cuarto frío y lo entrega al ambiente exterior.
<b>El capilar</b>	Produce la expansión del gas a la entrada del cuarto frío.

C.F. 1.15

## ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

Refrigerar es colocar productos por debajo de la temperatura ambiente

### MÉTODOS DE REFRIGERACIÓN

- Naturales**      Bodegas con enfriamiento por aire frío.  
    ventilación libre  
    ventilación forzada
- Bodegas con enfriamiento por evaporación de agua  
                          Uso de hielo.
- Mecánicos** El sistema mecánico de refrigeración.

C.F. 1.16

## CONGELACIÓN

**Objetivo** Se busca inhibir los procesos metabólicos y la actividad microbiana al solidificar el agua de los tejidos.

### Normas

- Alta exigencia en la higiene del proceso.
- Producto en excelentes condiciones de sanidad.
- Acondicionamiento del producto.
- Velocidad de congelación rápida.
- Temperaturas bajas ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) para evitar descongelación.
- Descongelación lenta y con aire frío.

C.F. 1.17

## ATMOSFERAS CONTROLADAS

Modificación de la composición del aire, en contenido de Oxígeno y Dióxido de carbono

### Atmósfera modificada

Se crea un ambiente aislado donde el proceso de respiración de los productos genera un cambio en la composición del aire.

### Atmósfera controlada

La composición del aire se establece con precisión. Pueden agruparse según el nivel de oxígeno:

Bajo nivel de oxígeno (mínimo el 2%)

Ultrabajo nivel de oxígeno (menos del 2%)

C.F. 1.18

## ANEXO 9.2

### ORIGINALES PARA TRANSPARENCIAS MÓDULO 2

#### ASPECTOS INVOLUCRADOS EN EL DISEÑO DE CUARTOS FRIOS

C.F. 2.1

#### ASPECTOS INVOLUCRADOS EN EL DISEÑO

1. Aspectos preliminares al proyecto de construcción.
  - Los usuarios
  - Usos
  - El mercado
  - Aspectos financieros
2. Aspectos relacionados con la operación.
  - Localización
  - Tamaño
  - Areas complementarias
  - Empaques y estibas
  - Vehículos de carga, estantería
3. Aspectos relacionados con la obra física.
  - Materiales y aislamiento
  - Cálculo de la carga de calor

C.F. 2.2

## **ASPECTOS PRELIMINARES AL PROYECTO**

### **LOS USUARIOS**

Viabilidad o posibilidad real de puesta en marcha del servicio

Capacidad de movilizar recursos

Capacidad ejecutiva de las entidades vinculadas

Actitud de los diversos grupos participantes

Posibilidad de reducir el impacto a nivel de

Usuarios reales o potenciales

Instituciones vinculadas

Medio social en que se va a desarrollar el proyecto.

C.F. 2.3

## **ASPECTOS PRELIMINARES AL PROYECTO**

### **USOS**

Como almacén temporal:

Semanas o meses, según oferta del mercado.

Días, mientras se hacen volúmenes para transportar.

Como lugar de conservación:

Para redistribuir a distancias medias

Para suministro continuo a estantes (supermercados)

C.F. 2.4

## **ASPECTOS PRELIMINARES AL PROYECTO**

### **EL MERCADO**

- Los volúmenes de producción y su estacionalidad
- Las exigencias del comprador
- El estudio de la demanda
- La mezcla de productos
- Las condiciones climáticas
- La velocidad de deterioro del producto

C.F. 2.5

## **ASPECTOS PRELIMINARES AL PROYECTO**

### **ASPECTOS FINANCIEROS**

- Costos de inversión inicial (construcción, vehículos, equipo complementario)
- Costos de operación (personal, agua, electricidad, mantenimiento de equipos).
- Tarifas del servicio (arrendamiento del espacio).
- Presupuesto de ingresos.

C.F. 2.6

## **ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OPERACIÓN**

### **LOCALIZACION**

- Cercanía a lugares de producción (facilita preenfriamiento).
- Cercanía a mercados potenciales.
- Facilidad de medios de transporte y estado de las vías.
- Disponibilidad de agua, luz, teléfono.

C.F. 2.7

## **ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OPERACIÓN**

### **TAMAÑO**

#### **Capacidad de refrigeración.**

Determinada por:

- Tipo de producto
- Tamaño del cuarto frío y cantidad de producto a preenfriar
- Velocidad de enfriamiento
- Naturaleza del espacio refrigerado (aislamiento y operación)

C.F. 2.8

## ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OPERACIÓN

### TAMAÑO

Capacidad de almacenamiento

Capacidad instalada ( o volumen útil )

Capacidad utilizada

Capacidad de diseño (o volumen bruto)

$$V = \frac{(C+S)}{400}$$

Donde: V: Capacidad instalada, en m<sup>3</sup>  
 C: Cantidad máxima a refrigerar al mismo tiempo, en kg  
 S: Cantidad máxima a ser almacenada al mismo tiempo

C.F. 2.9

## ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OPERACIÓN

### ÁREAS COMPLEMENTARIAS

- Areas de maniobra
- Area de recepción y control
- Area de reserva o de producto en tránsito
- Otras áreas especializadas

C.F. 2.10

## ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OBRA

### MATERIALES Y AISLAMIENTO

Requisitos de un buen aislante:

- Baja conductividad térmica
- Durabilidad
- Facilidad de aplicación
- Bajo costo
- Resistencia a la humedad

**Puertas.** Ancho no menor de 1 ° veces el ancho de estibas.

**Pisos.** Resistencia a cargas, pendiente mínima, aislamiento de la humedad.

C.F. 2.11

## ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OBRA

**Calor por conducción:** (a través de paredes, techo y piso)

**Calor por convección:** (ingreso de aire caliente al abrir puertas)

**Calor por el producto:**

*Calor de campo* (Diferencia entre la temperatura de entrada y de salida del producto).

*Calor de respiración* (en función del metabolismo del producto).

**Cargas complementarias:**

Iluminación, equipo dentro del cuarto, operarios.

C.F. 2.12

## ANEXO 9.3

### ORIGINALES PARA TRANSPARENCIAS MÓDULO 3

#### **CONSIDERACIONES DEL PRODUCTO EN EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO**

C.F. 3.1

#### **CONSIDERACIONES DEL PRODUCTO EN EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO**

1. Naturaleza del producto.
2. Calidad inicial.
3. Condiciones ideales de almacenamiento.

C.F. 3.2

## 1. NATURALEZA DEL PRODUCTO

Las Frutas y las hortalizas	Transpiran Respiran Envejecen	Unas mas rápido que otras.
--------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------

C.F. 3.3

## TRANSPIRACIÓN

Deshidratación	pérdida de apariencia	pérdida de \$
----------------	--------------------------	------------------

En algunas frutas y hortalizas refrigeradas es muy pronunciada ¿Porqué?

- Baja humedad relativa
- Alto movimiento de aire
- Ingreso de fruta caliente al cuarto frío.

C.F. 3.4

## SENSIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE PESO DURANTE LA REFRIGERACIÓN DE ALGUNAS FRUTAS Y HORTALIZAS

### Alta

Piña  
Zanahoria  
Hortalizas de hoja  
Melón C.  
Mango  
Papaya  
Mora  
Uva  
Papa criolla

### Media

Aguacate  
Banano  
Coco  
Naranja  
Lima  
Pera  
Mandarina  
Toronja

### Baja

Kiwis  
Manzana  
Papa  
Ahuyama

C.F. 3.5

## ¿CÓMO REDUCIR LA TRANSPIRACIÓN DE LAS FRUTAS Y LAS HORTALIZAS?

1. Manteniendo la oscilación de la temperatura dentro de un rango menor a 2°C (control de puertas).
2. Agregando humedad al ambiente por medio de humidificadores.
3. Colocando barrera en las puertas (tiras de Termofilm) y usar envolturas cerradas al empacar productos sensibles a la deshidratación.
4. Agregando hielo picado sobre los productos (para hortalizas de hoja, habichuela, arveja, apio, coliflor).

C.F. 3.6

## RESPIRACIÓN

El CALOR es un producto del proceso respiratorio de las frutas y hortalizas.

Cantidad de calor

Tipo de producto

Cantidad de producto

Temperatura del producto y del cuarto

C.F. 3.7

**AL BAJAR 10 °C LA TEMPERATURA DEL PRODUCTO, SE REDUCEN DE 2 A 3 VECES, LOS NIVELES DE GENERACIÓN DE CALOR.**

C.F. 3.8

## **TIEMPO ENTRE COSECHA Y ALMACENAMIENTO**

Lo ideal es refrigerar el producto inmediatamente luego de la cosecha.

El enfriamiento rápido hasta la temperatura ideal:

- Inhibe el crecimiento de microorganismos
- Restringe la actividad enzimática y respiratoria
- Controla la pérdida de agua
- Reduce los niveles de producción de etileno

C.F. 3.9

## **¿CÓMO CONTROLAR LA PRODUCCIÓN DE ETILENO?**

### **1. Uso de absorbedores de etileno**

- Permanganato de potasio.
- Carbón activado
- Bromo
- Permanganato de potasio.

### **2. Ventilación periódica del cuarto frío.**

C.F. 3.10

## **CALIDAD INICIAL**

Estado de sanidad y manejo precosecha  
Tiempo entre cosecha y almacenamiento  
Presentación del producto  
Grado de madurez

C.F. 3.11

## **ESTADO DE SANIDAD Y MANEJO PRE-COSECHA**

Producto libre de:

- Heridas
- Magulladuras
- Descomposición

Se almacenan altos  
volúmenes

Se almacena  
\$

C.F. 3.12

## ETILENO

Acelerante de los procesos metabólicos que ocurren durante la maduración de las frutas.

El etileno ocasiona amarillamiento de tejidos verdes, promueve la maduración, estimula la apertura de inflorescencias, la brotación de tubérculos y la pérdida de sabor y aromas.

Una fuente importante de etileno la constituyen microorganismos como el MOHO.

C.F. 3.13

## PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO

Protección al producto durante el almacenamiento refrigerado mediante normas como:

- Conservar parte del pedúnculo (Tomate de árbol, maracuyá, lulo, tomate)
- Conservar la cubierta protectora (uchuva, maíz tierno, arvejas).
- Evitar la exposición directa a la luz solar (espárragos)

C.F. 3.14

## **GRADO DE MADUREZ**

En general, las frutas cosechadas en avanzado grado de madurez soportan mejor las bajas temperaturas que las que se encuentran en estado pintón o verde. Además pierden menos peso.

Por ejemplo: tomate, papaya, papayuela, plátano, tomate de árbol, piña, mangos.

C.F. 3.15

## **CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

- Temperatura y humedad relativa
- Cargas individuales o mixtas.
- Daños durante el almacenamiento.

C.F. 3.16

## MEZCLAS DE PRODUCTOS

- Contaminación por olores
- Sensibilidad al etileno
- Contaminación directa

C.F. 3.17

## DAÑOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

### **Fisiológicos:**

por frío  
por congelación  
por refrigerante

### **Causados por microorganismos:**

durante el almacenamiento  
después del almacenamiento

C.F. 3.18

## ANEXO 9.4

### ORIGINALES PARA TRANSPARENCIAS MÓDULO 4

#### OPERACIÓN DEL CUARTO FRIO

C.F. 4.1

#### OPERACIÓN DEL CUARTO FRIO

1. Plan de carga.
2. Empaques y estibas.
3. Control de la temperatura y humedad relativa.
4. Salida de los productos.
5. Mantenimiento de los equipos.
6. Sanidad dentro del cuarto frío.
7. Seguridad industrial.

C.F. 4.2

## **PLAN DE CARGA**

*Determinar la capacidad real del cuarto frío*

- Espacio disponible
- Disposición de cargas, pasillos
- Recirculación del aire

*Programación del ingreso de la fruta*

- Cantidad y hora de la operación
- Localización de la fruta que entra

C.F. 4.3

## **EMPAQUES Y ESTIBAS**

- No usar cajas o tarimas de madera muy secos.
- Protección para frutas sensibles a deshidratación.
- Trama adecuada de las canastillas.
- Tamaños similares (facilita arrume).
- Higiene en canastillas y estibas.

C.F. 4.4

## **CONTROL DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVA**

- Utilizar termómetros e higrómetros.
- Mantener las cámaras a plena carga.
- Evitar fruta demasiado verde.
- En cuartos a 8 a 10 °C varía mas la humedad relativa que en cuartos cercanos a 0°C.
- Evitar las corrientes de aire directas sobre los productos sensibles a deshidratación
- Limitar la apertura de puertas y mantener en buen estado las tiras de termofilm a la entrada.

C.F. 4.5

## **SALIDA DE LOS PRODUCTOS**

Al sacar las frutas y hortalizas de un cuarto refrigerado se produce condensación de agua sobre su superficie.

Se debe procurar sacar los productos:

- cuando la humedad relativa del exterior sea baja.
- cuando la temperatura sea baja
- colocarlos en un ambiente a temperatura intermedia y baja humedad relativa.

C.F. 4.6

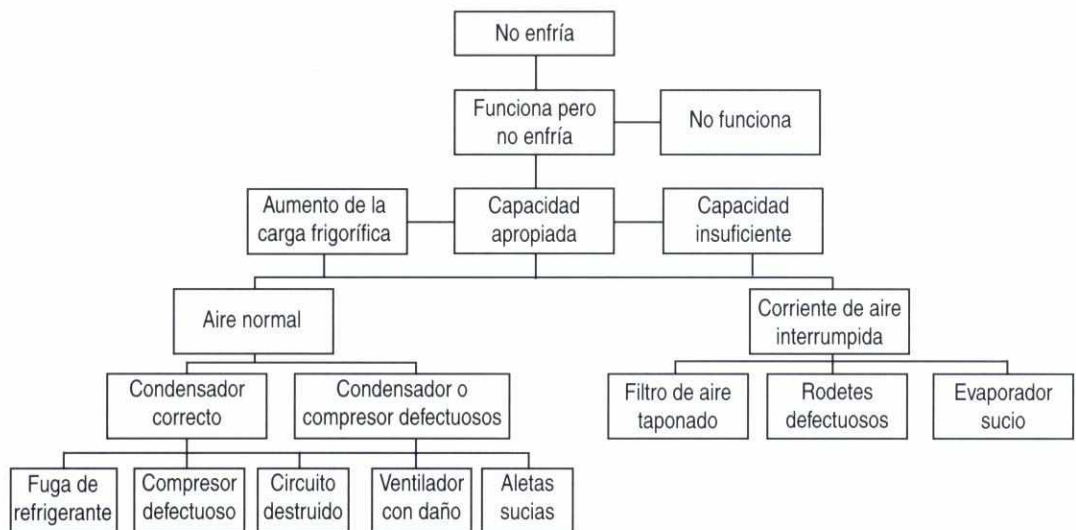
## MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Los equipos de unidad sellada solo operan bien en el rango especificado por el fabricante; se debe hacer:

- Inspección periódica de termómetros e higrómetros.
- Limpieza de equipos (especialmente el condensador)
- Revisión de la tensión de las correas.
- Lectura periódica de manómetros.

C.F. 4.7

## DIAGNÓSTICO DE AVERIAS



C.F. 4.8

## **SANIDAD DENTRO DEL CUARTO FRIO**

Humedad	ambiente propicio para mohos
Desinfección	una o dos veces al año
Limpieza	Mensual o semanal según el movimiento de producto

Control al ingreso de producto sano

Aseo de canastillas y tarimas

C.F. 4.9

## **SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Escaleras: firmeza y estabilidad.

Trabajo cerca de maquinaria rotatoria

Ropa adecuada

Ruido

C.F. 4.10

ISBN 958-15-0070-7



9 789581 500703



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE  
PROGRAMA NACIONAL DE CAPACITACION EN  
MANEJO POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS  
Convenio SENA-REINO UNIDO

Centro Agroindustrial  
Vereda San Juan, Armenia - Quindío, Colombia  
Telefax (096)74 96213 • PBX 7494999 Ext. 138-139  
e-mail: senapost-cosecha@armania.multi.net.co