

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

**“ACELERACIÓN DEL PROCESO DE MADURACIÓN DE BANANO VARIEDAD
CAVENDISH PARA ELABORAR PURÉ.”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentado por:

Juan Carlos Carrasco.
Luis Blanco Salazar.

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres por su apoyo incondicional, amigos y profesores que nos han sabido guiar para la culminación de nuestro proyecto.

A nuestro director de tesis Ph.D. Patricio Cáceres por su colaboración en este proyecto integrador.

DECLARACIÓN EXPRESA


“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Autor 1: Juan Carlos Carrasco.

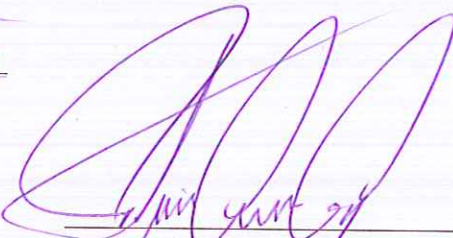
Autor 2: Luis Blanco.

Director: Ph.D. Patricio Cáceres.


Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Juan Carlos Carrasco



Ph.D. Patricio Cáceres



Luis Blanco

RESUMEN

El sector Agroindustrial ecuatoriano aprovecha el banano que no es exportado, considerado grado B o de rechazo, para obtener puré de banano aséptico, creando fuentes de empleo y aumento de rentabilidad de las empresas procesadoras.

Uno de los factores principales para obtener buenos rendimientos económicos en la industria que procesa puré de banano, radica en la optimización del tiempo de maduración del banano.

Por lo explicado anteriormente, surge la propuesta de reducir el tiempo de maduración del banano en cámaras controladas, que normalmente es de 6 a 7 días, para generar mayor disponibilidad de materia prima y reducir los costos.

Durante este proyecto se utilizó una cámara de maduración convencional con controladores de temperatura y etileno. Para los análisis físico-químicos se aplicó técnicas de calidad utilizadas para el proceso de puré de banano. Se analiza los valores de pH, grados Brix y consistencia.

Se logró reducir el tiempo de maduración a 4 días, controlando la concentración de etileno y la temperatura interna de la cámara de maduración.

SUMMARY

In Ecuador, the banana industry present an opportunity for bananas that is not exported, considered Grade B or rejection, for banana puree aseptic, creating employment and increasing profitability of processors.

One of the main factors for good economic returns in the industry that processes banana puree is the optimization of banana ripening time.

As explained above, there is the proposal to reduce the time under controlled banana ripening chambers, which is usually 6-7 days to generate greater availability of raw materials and reduce costs.

a conventional ripening chamber with temperature controllers and ethylene was used for this project. For physical-chemical analysis techniques as used for the process of mashed bananas it was applied. values of pH, Brix and analyzes consistent.

It was reduced maturation time to 4 days, controlling the ethylene concentration and the internal temperature of the maturation camera.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	Pág. IV
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍAS.....	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES	Pág..
1.1 Antecedentes y Justificación.	1
1.2 Objetivos.	
1.2.1 Objetivo general.	1
1.2.2 Objetivos específicos.	1
1.3 MARCO TEÓRICO	
1.3.1 Generalidades del banano.	2
1.3.2 Maduración del banano.	3
1.3.3 Respiración del banano.	4
1.3.4 Función del etileno.	5
1.3.5 Acción de la temperatura en la maduración.	5
1.3.6 Cámara de Maduración con paneles prefabricados.	6

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA	
2.1 Descripción del diagrama de flujo.	7
2.2 Diseño experimental.	9

2.3	Descripción del experimento.	9
2.4	Análisis físico químico.	11

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1	Análisis de resultado del diseño experimental.	12
3.2	Cálculo de carga frigorífica y Selección de equipos.	
3.2.1	Selección del sistema de Refrigeración.	16
3.2.2	Cálculo del Coeficiente de Transferencia de Calor.	17
3.2.3	Cálculos de la carga frigorífica del sistema.	18
3.3	Análisis de costos.	30

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1	Conclusiones.	33
4.2	Recomendaciones.	33

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

APÉNDICE A

APÉNDICE B

APÉNDICE C

APÉNDICE D

APÉNDICE E

ABREVIATURAS

g	Gramo
Kg	Kilogramo
l	Litro
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
TM	Tonelada métrica
H	Horas
HH	Horas hombre
Kw	Kilovatio
Kw-H	Kilovatio hora
T1	Tratamiento 1
T2	Tratamiento 2
T3	Tratamiento 3
T4	Tratamiento 4
C2H4	Etileno
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro cuadrado
°C	Grados centígrados
Hp	Caballos de Fuerza (Horse power)
Kcal	Kilocaloría
seg	Segundos
Kg	Kilogramo

SIMBOLOGÍA

T_{ext}	Temperatura del medio exterior.
T_{max}	Temperatura máxima del lugar de trabajo.
T_{min}	Temperatura mínima del lugar de trabajo.
T_{med}	Temperatura a la que se le agrega los grados de acuerdo a su ubicación.
T_{int}	Temperatura interior de la cámara o de almacenamiento.
U	Coefficiente de transferencia de calor.
Q	Calor generado por las paredes, pisos y techos.
Q_T	Calor total del sistema.
$Q_{absorbido}$	Calor absorbido por el evaporador.
K	Coefficiente de transmisión de calor en el evaporador y condensador.
A	Área de transmisión de calor.
C	Calor específico del producto.
c_1	Calor específico del embalaje.
M	Masa total del producto.
I	Calor de respiración.
N	Cambios de aire.
V_{ol}	Volumen de la cámara de conservación.
V_a	Volumen específico del aire.
h_a	Entalpía del aire del medio.
h_f	Entalpía del aire dentro de la cámara.
Q_{dv}	Calor desprendido por los ventiladores.
N_p	Número de personas que trabajan dentro de la cámara.
CP	Calor corporal de las personas.
t	Tiempo de permanencia de las personas dentro de la cámara en un día.
P_i	Potencia de las luminarias en KW.
t_i	Tiempo de permanencia que están prendido los focos.
ϕ	Humedad relativa.

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1.	Patrones de Respiración, crecimiento y producción de Etileno para plantas climatéricas y no climatéricas.	3
Figura 1.2.	Patrón de respiración: Frutas climatéricas.	4
Figura 1.3.	Estructuras de las cámaras.	6
Figura 3.1.	Gráfica de las medias del ph. Parámetro pH (4.65 - 4.9).	14
Figura 3.2.	Gráficas de medias de la consistencia. Parámetro (3-7).	15
Figura 3.3.	Unidad condensadora.	16

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Composición Nutricional del Banano.	2
Tabla 2	Dimensiones y Capacidad de la Cámara.	9
Tabla 3	Tabla de Combinaciones de los Factores y Niveles.	10
Tabla 4	Parámetros Físico-Químico.	11
Tabla 5	Tabla de Resultados de la Variable Brix.	13
Tabla 6	Coefficientes de Transferencias de Calor.	17
Tabla 7	Temperaturas de Acuerdo a la Ubicación de la Cámara.	18
Tabla 8	Propiedades del Producto.	21
Tabla 9	Datos del Producto de Embalaje.	23
Tabla 10	Número de Renovaciones de Acuerdo al Volumen de la Cámara.	25
Tabla 11	Potencia Calorífica Liberadas por las Personas.	27
Tabla 12	Costo de Mano de Obra.	30
Tabla 13	Costo Energético.	31
Tabla 14	Costo de Maduración.	32

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.

El reto para la industria ecuatoriana que procesa puré de banano es ser cada día más competitiva en los mercados internacionales, por lo tanto uno de los factores principales para obtener buenos rendimientos económicos radica en la optimización del tiempo de maduración para aumentar la rotación de la fruta en cámaras y generar así una mayor disponibilidad de materia prima para el procesamiento de puré.

Para hacer puré de banano aséptico se recibe el banano totalmente verde y se aplica una maduración controlada que dura entre 6 a 7 días.

Como objetivo estratégico, se requiere reducir este tiempo para mejorar y mantener los parámetros de calidad.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 OBJETIVO GENERAL.

Reducir el tiempo de maduración del banano en cámaras controladas sin afectar los parámetros de calidad para el procesamiento de puré de banano aséptico.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Seleccionar las variables que influyen en el proceso de maduración del banano.
- Determinar las condiciones del proceso para la maduración del banano al menor tiempo posible.
- Definir la capacidad de los equipos de refrigeración, seleccionar equipos y determinación de costos del proceso de maduración.

1.3 MARCO TEÓRICO.

1.3.1 GENERALIDADES DEL BANANO.

El banano es considerado el cuarto cultivo de fruta más importante del mundo, se lo incluye como parte esencial de la dieta diaria de los seres humanos por ser fuente de una variedad de nutrientes. Ciertos parámetros como la madurez, grados Brix, peso, diámetro, longitud y color son factores que ayudan a determinar si el banano a usarse es idóneo para puré de banano. (Navas, 2011).

El banano es una fruta altamente energética, los carbohidratos que posee son altamente digeribles; es pobre en proteínas y lípidos, contiene un alto grado de vitaminas. El banano es rico en minerales que intervienen en ciertos procesos biológicos como la formación de estructura ósea, controlan el correcto funcionamiento intestinal, nervioso y muscular, dentro de la gama de minerales que contiene encontramos el potasio. (Pino, 2013).

A continuación en la tabla 1 de Composición Nutricional del banano se presenta los valores nutricionales de la fruta en 100 gramos de parte comestible.

TABLA 1
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL BANANO

NUTRIENTE	VALOR EN GR. X CADA 100GR.
Agua	74.91
Proteínas	1.09
Lípidos	0.33
Ceniza	0.82
Carbohidratos	22.84

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco

Fuente: (Ordóñez Moreno, 2005).

1.3.2 LA MADURACIÓN DEL BANANO.

La maduración del banano da como resultado un grupo de cambios físicos, químicos y biológicos, que conllevan a la formación de un fruto propicio para el consumo humano. (Vera y Urruela, 2012).

En el proceso de maduración se produce un aumento de la respiración del banano, síntesis y liberación de etileno, degradación del almidón y ácidos grasos, otorgando sabor y olor característico del fruto maduro.

En el siguiente gráfico se observa los diferentes comportamientos de los procesos metabólicos.

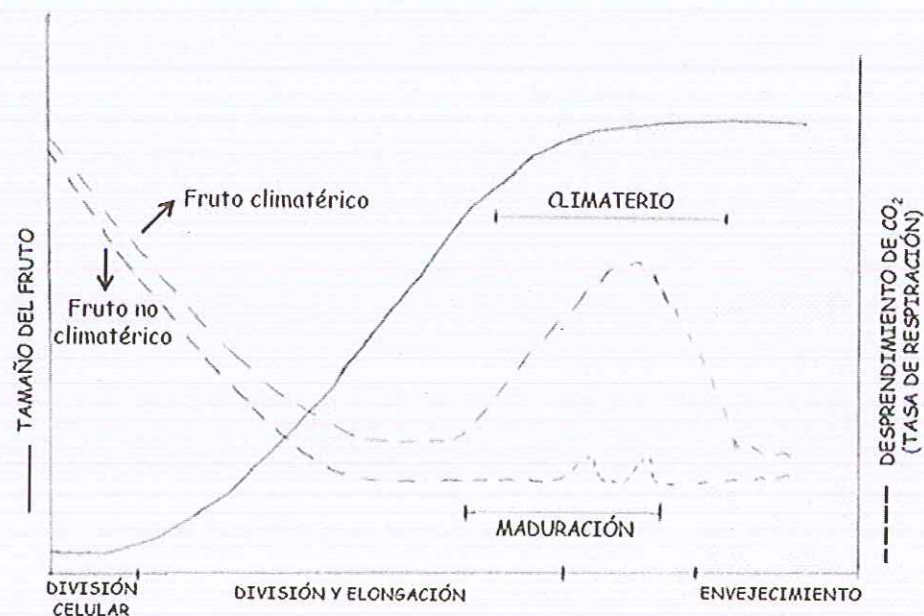


Figura 1.1. Patrones de Respiración, crecimiento y producción de Etileno para plantas climatéricas y no climatéricas.

Fuente: Ron Wills, 1981.

Otro cambio es la desaparición del color verde en la cáscara y la aparición del color amarillo durante la maduración; manifestaciones que reflejan el avance de la maduración en el banano, y que se debe a que los cloroplastos de la célula sufren una reducción que acaba con la clorofila y aparecen pigmentos como los carotenoides. (Chang-Yuen y Sáenz, 2005).

La pared celular se vuelve más permeable afectando la textura, debido a la pérdida de compuestos, esto ocurre por acción del etileno ya que activa enzimas hidrolíticas como la poligalacturonasa y celulasa, que rompen los enlaces entre los polisacáridos y debilita las paredes.

1.3.3 LA RESPIRACIÓN DEL BANANO.

En la respiración del banano se produce una degradación oxidativa de productos más complejos. El almidón se reduce a azúcares y los ácidos orgánicos en dióxido de carbono, sustancias fenólicas y agua con la consiguiente liberación de energía. (Demerutis, 1996).

La reacción de este metabolismo respiratorio está dada por la ecuación:
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{ENERGIA.}$$

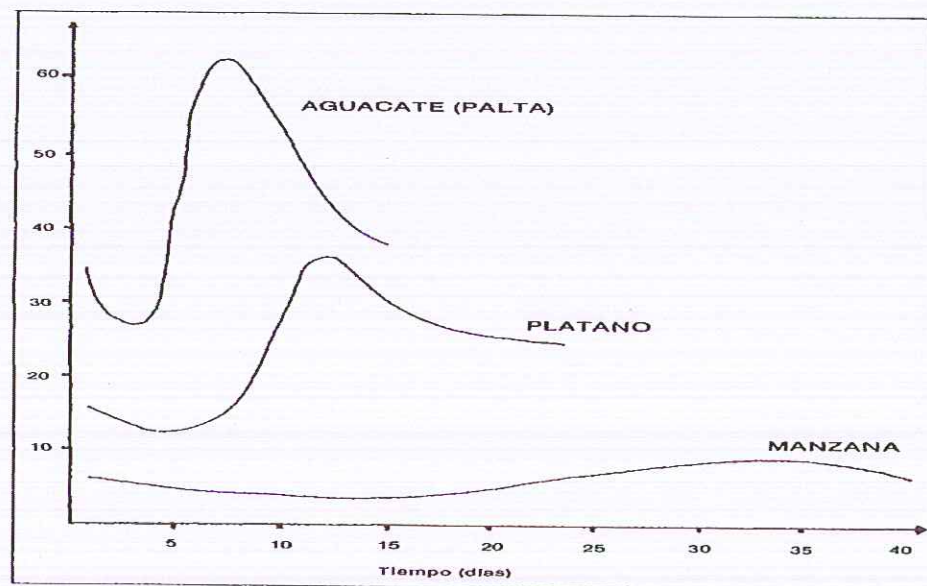


Figura 1.2. Patrón de respiración: Frutas climatéricas.

Fuente: Ron Wills, 1981.

La velocidad de respiración de un producto constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y de su vida comercial.

La actividad respiratoria es más alta al inicio de la maduración y decae con el envejecimiento de la fruta como se observa en la Figura 1.2.

1.3.4 FUNCIÓN DEL ETILENO.

El etileno es una hormona vegetal que contribuye a la maduración de muchas frutas, se lo conoce como la "hormona de la muerte" ya que produce algunos daños a los cultivos de invernadero y a productos almacenados. El etileno (C₂H₄) es un compuesto que produce el banano antes de madurar, este compuesto es fundamental para obtener las características organolépticas que desea el consumidor como olor, sabor y textura.

El control de su concentración es importante, ya que es parte clave para la conservación de la fruta. (Bedoya, 2014).

Dentro de las reacciones químicas del banano se genera etileno (C₂H₄) en pequeñas cantidades (0,0004 ml/ Kg. /24H a 20° C), tiene como función ser hormona catalizadora que activa y acelera el proceso de maduración por estimulación directa de las enzimas oxidantes. (Suárez. F, 2005).

1.3.5 ACCIÓN DE LA TEMPERATURA EN LA MADURACION.

La temperatura es un parámetro de control importante en la maduración del banano, para lograr las características organolépticas adecuadas.

La temperatura incide directamente en la actividad respiratoria del banano, de 24°C a 30°C hay una mayor absorción de oxígeno; sobrepasando los 30°C puede ocasionar daños en los tejidos y alteraciones en la calidad organoléptica de la fruta, como por ejemplo retraso en el cambio de color y un bajo desarrollo en los sabores.

Las reacciones que ocurren en la fruta decrecen por cada 10°C que se baje en el almacenamiento. En el banano ocurren reacciones adversas en un ambiente donde existe un exceso de temperaturas bajas provocando un obscurecimiento del producto (daño por frío).(Ordóñez Moreno, 2005).

1.3.6 CÁMARA DE MADURACIÓN CON PANELES PREFABRICADOS.

En la actualidad los paneles prefabricados constituyen, el material más utilizado para la construcción de cámaras frigoríficas, utilizándose como material aislante el poliestireno expandido y con mucha mayor frecuencia el poliuretano. En ambos casos el aislante suele estar recubierto por dos chapas de acero de 0.5 o 0.6 mm, que pueden estar galvanizadas o lacadas.

Los paneles de poliestireno suelen tener un espesor de 50 a 250mm. Los paneles de poliuretano suelen tener un espesor de 30 a 180mm.

En la actualidad, el tipo de construcción más utilizado es la estructura metálica para las cámaras de maduración, dada su facilidad de construcción, su rapidez de montaje y versatilidad.



Figura 1.3. Estructuras de las cámaras.

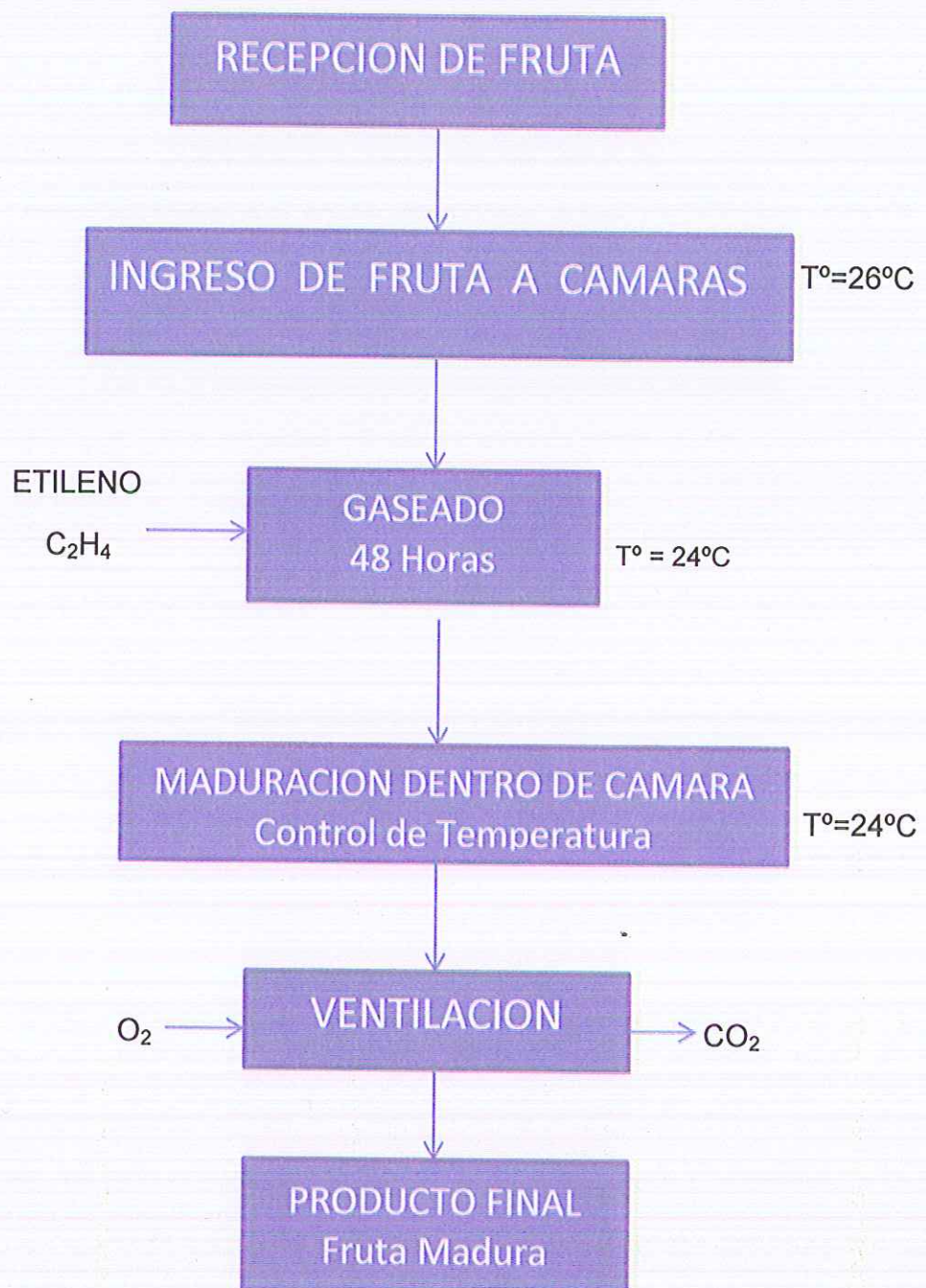
Fuente: (Leonel Pilligua Chilan 2006).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO.

El proceso normal de maduración del banano es:



RECEPCIÓN DE FRUTA.

Luego que la fruta ingresa en camiones como materia prima, se procede a lavarla, desgajarla, retirar cualquier material extraño y colocarlos en recipientes plásticos llamados Bines.

INGRESO DE FRUTA A CÁMARAS.

Por medio de montacargas son transportados y apilados los Bines dentro de cámaras de acuerdo a la capacidad y volumen de la cámara como también dependiendo de la calidad del banano.

GASEADO.

Se verifica que la cámara esté completamente sellada para aplicar el gas etileno. La concentración del etileno depende tanto de la estación del año como también de la relación entre el volumen total de la cámara y el volumen utilizado.

MADURACIÓN DENTRO DE CAMARAS.

Este proceso depende de dos factores como son temperatura y concentración de etileno, generando desprendimiento de CO₂ con absorción de O₂ y liberación de calor.

VENTILACIÓN.

Esta operación debe hacerse permanentemente después de extraer el etileno de la cámara, posterior a las 48 horas del gaseo, esto quiere decir extraer dióxido de carbono e inyectar oxígeno. Cuando aumenta la respiración disminuye el oxígeno y aumenta dióxido de carbono que si no es extraído retrasa la maduración.

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.

El experimento consistió en determinar parámetros idóneos para una maduración acelerada del banano.

El estudio se basó en un diseño multifactorial formado por 3 factores y sus niveles.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.

Los factores utilizados en el siguiente diseño fueron la temperatura, concentración del etileno y tiempo.

El primer factor que se utilizó en la experimentación fue la temperatura. Los 2 niveles que se utilizaron en el primer factor fueron 24 y 27°C.

La temperatura de 24°C es considerada la temperatura habitual que se emplea en la maduración del banano (Fisher, 1935).

La temperatura de 27°C se planteó como límite máximo debido a que temperaturas mayores ocasionan daños en los tejidos internos de la fruta.

El segundo factor que se utilizó en el diseño experimental fue el etileno.

Para determinar la concentración máxima y mínima del etileno se calculó en base a las dimensiones y volúmenes ocupados en una cámara de maduración detallados en la siguiente tabla:

TABLA 2

DIMENSIONES Y CAPACIDAD DE LA CAMARA

DIMENSIONES	
LARGO	22,7 MT
ANCHO	11 MT.
ALTURA	4.5 MT.
CAPACIDAD TOTAL	1123,65 M3
VOLUMEN OCUPADO POR LA FRUTA	546 M3
CAPACIDAD EN KILOS	155100 Kg
CAPACIDAD EN BINES	470 Bin

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco.

La concentración del etileno que se debe suministrar en la cámara, se lo obtiene realizando los siguientes pasos.

Se determina el volumen libre de la cámara mediante la siguiente formula: volumen libre = (volumen total de la cámara en m3 – volumen ocupado por la fruta en m3)

Una vez obtenido el volumen libre de la cámara, se debe obtener la cantidad de etileno en litros mediante la siguiente fórmula.

Cantidad de etileno = (volumen libre * %de etileno*1000).

*el % de etileno para el banano va desde los rangos de 0.0020879 a 0.00313185.

Los 2 niveles para el segundo factor fueron dos concentraciones 120l y 180l.

120l, es la dosis recomendada para la maduración de frutos en cámara.

El etileno al ser considerado una hormona que activa y acelera los procesos metabólicos en la fruta, se planteó realizar un aumento en la concentración a 180l.

El tercer factor que se evaluó fue el tiempo de maduración esto fueron evaluados a partir de una línea de tiempo que va del día 4 al 7 (96H a 168H).

Se trabajó a partir de las 96H ya que en ese tiempo se empiezan los cambios significativos en la maduración.

En la tabla 3 de la matriz experimental, se detalla los tratamientos que se obtuvieron.

TABLA 3
TABLA DE COMBINACIONES DE LOS FACTORES

MUESTRAS			
T24°C 120L 96H	T24°C 120L 120H	T24°C 120L 144H	T24°C 120L 168H
T24°C 180L 96H	T24°C 180L 120H	T24°C 180L 144H	T24°C 180L 168H
T27°C 120L 96H	T27°C 120L 120H	T27°C 120L 144H	T27°C 120L 168H
T27°C 180L 96H	T27°C 180L 120H	T27°C 180L 144H	T27°C 180L 168H

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco.

Determinados los factores y los niveles a utilizar en la experimentación se procedió a realizar el experimento mediante los siguientes pasos:

Los bananos fueron lavados, clasificados y revisados, se descartaron todos los que presentaban daños físicos y/o evidencia de algún agente contaminante, esto se realizó para prevenir algún error en el momento de la toma de datos para el análisis.

Una vez clasificadas y marcadas las muestras fueron llevadas a la cámara de maduración, se graduaron la temperatura y la dosificación del etileno de acuerdo al tratamiento descrito en la tabla 3, durante los dos primeros días se mantuvo el etileno en la cámara, a partir del tercer día se empezó a ventilar la cámara para que sea retirado.

Durante los 4 días que se ejecutó el estudio se realizaron diferentes tipos de análisis físico químicos, todos los datos obtenidos fueron anotados en la tabla que se encuentra en el Apéndice A.

2.4 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO.

Los análisis físico químicos sirven para determina el grado de madurez del banano. En la tabla 4 se detalla los parámetros y rangos que se deben obtener.

TABLA 4
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO

PARÁMETROS	RANGOS
Grados Brix	21-24
pH	4.65 – 4.9
Consistencia	3 a 7 cm./30 seg.

Elaborado por: Luis Blanco, Juan Carlos Carrasco.

Los análisis físico-químicos necesarios para el proceso de puré aséptico son los siguientes:

GRADO BRUX.

Para la determinación de los grado Brix se realizó a través del contenido de sólidos solubles totales del jugo extraído de la pulpa, mediante un refractómetro a 20°C. La determinación de los sólidos solubles se realizó mediante el acuerdo de la Association of Official Agricultural Chemists AOAC (1990) método 932.12. En el Apéndice B se detalla el procedimiento a seguir para determinar el grado Brix.

El pH.

Los datos del pH brinda la medida de la acidez o alcalinidad de un producto y la determinación del pH es considerado como un índice de madurez en el banano. (Romero, 2003).

El valor del pH fue medido mediante el acuerdo de la Association of Official Agricultural Chemists AOAC (1990) método 981.12.

En el Apéndice C se detalla el procedimiento a seguir para determinar el pH.

CONSISTENCIA.

El análisis de consistencia se basa en el espacio que recorre el material o muestra por consecuencia de su propio peso en un lapso de tiempo de 15 o 30 segundos a una temperatura de 20°C.

En el Apéndice D se detalla el procedimiento a seguir para determinar la consistencia.

CAPÍTULO 3

En este capítulo se analiza los resultados obtenidos de la aplicación de análisis de varianza de modelo lineal estadístico del diseño experimental.

Para el análisis de los resultados se ha utilizado el software estadístico MINITAB 17.

3.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.

Los parámetros pH, Grado Brix y Consistencia van a determinar el grado de aceptación de nuestro producto.

En el estudio se confrontaron las variables respuesta, con los factores y sus niveles, estas se analizaran a través de la tabla Anova y análisis de comparación Tukey, que permitirá conocer la diferencia entre las muestras.

Cada parámetro posee su rango de aceptación para banano a usarse en puré de banano, en la tabla 4 se observa los rangos de las variable de repuesta.

ANÁLISIS DE GRADOS BRIX VS LOS FACTORES DE TEMPERATURA, TIEMPO Y ETILENO.

Se evaluó la variable Grado Brix a través del programa estadístico MINITAB 17 y se obtuvo las medias, la desviación estándar y por medio del método de análisis Tukey se identificó las muestras diferentes.

TABLA 5
TABLA DE RESULTADOS DE LA VARIABLE BRIX

TRATAMIENTOS	GRADO BRIX (MEDIA/DESVIACION ESTÁNDAR)
24°C-120L -96H	21,43 ±2,00 ^{abc}
24°C-120L-120H	22,96 ±0,76 ^{abc}
24°C-120L-144H	23,15 ±0,83 ^{abc}
24°C-120L-168H	23,40 ±0,92 ^{ab}
24°C-180L -96H	20,59 ±2,06 ^c
24°C-180 -120H	23,54 ±0,48 ^{ab}
24°C-180L-144H	23,69 ±0,51 ^{ab}
24°C-180L-168H	23,94 ±0,45 ^a
27°C-120L-96H	21,41 ±1,04 ^{bc}
27°C-120L-120H	23,08 ±0,70 ^{abc}
27°C-120L-144H	23,43 ±0,76 ^{ab}
27°C-120L-168H	23,79 ±0,67 ^{ab}
27°C-180L-96H	22,19 ±0,55 ^{abc}
27°C-180L-120H	23,06 ±0,74 ^{abc}
27°C-180L-144H	23,66 ±0,77 ^{ab}
27°C-180L-168H	23,99 ±0,59 ^a

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco.

En la tabla 5 mediante la determinación de Grado Brix se observaron los siguientes resultados obtenidos:

Dentro de la agrupación de datos se observa que existen 2 datos que poseen una característica diferente con la variable control, la muestra 24°C180L96H y 27°C120L96H.

La muestra 27°C120L96H alcanzó la medida de control en un tiempo de 96 horas. Esto se debió a un aumento en la actividad metabólica, por consecuencia de la temperatura de 27°C. Esto contribuyó a una mayor presencia de oxígeno en la fruta, que permitiría facilitar a una mayor disponibilidad de azúcares debido a la degradación oxidativa.

La muestra 24°C180L96H aunque demostró una maduración temprana y resulto ser una muestra diferente no se la tomó en cuenta debido a que no cumplió con el parámetro de control.

Se concluye que la temperatura es un factor influyente con respecto a los Grados Brix, al aumentar la actividad metabólica de la respiración contribuye a una mayor presencia de azúcares en un tiempo estimado de 96h,

ANÁLISIS DEL PH VS LOS FACTORES TEMPERATURA, TIEMPO Y ETILENO

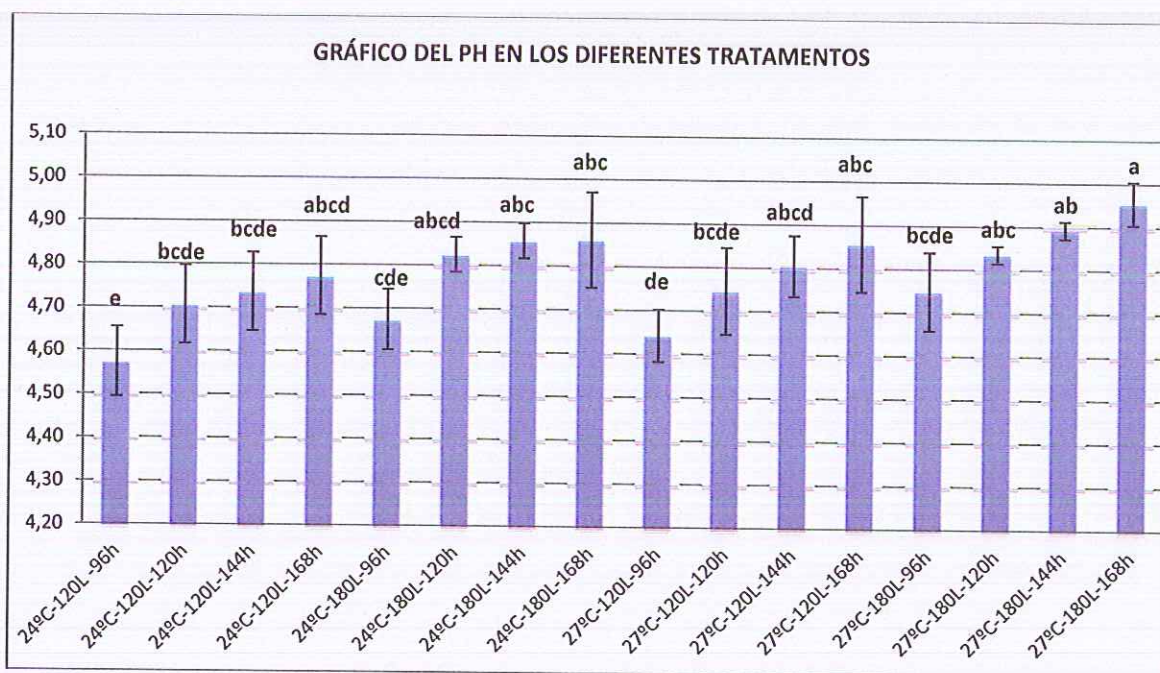


Figura 3.1. Gráfica de las Medias del pH. Parámetro pH (4.65 - 4.9)
Fuente Luis Blanco Y Juan Carlos Carrasco.

En la Figura 3.1 se observa los siguientes resultados obtenidos, que la muestra 27°C120L96H presento un pH de 4,64(+/-) 0,06 el cual está dentro de los parámetros de control y la muestra 24°C120L96H también puede ser considerada como otra alternativa, estas muestras son la más cercanas a cumplir los parámetros de aceptación.

El incremento del pH se debe principalmente a la disponibilidad de los ácidos orgánicos, a medida que va pasando en el tiempo estos empiezan a disminuir, ya que son estabilizadores del balance (azúcar /ácidos).(Millán & Ciro Velásquez, 2012)

ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA VS LOS FACTORES TEMPERATURA TIEMPO Y ETILENO.

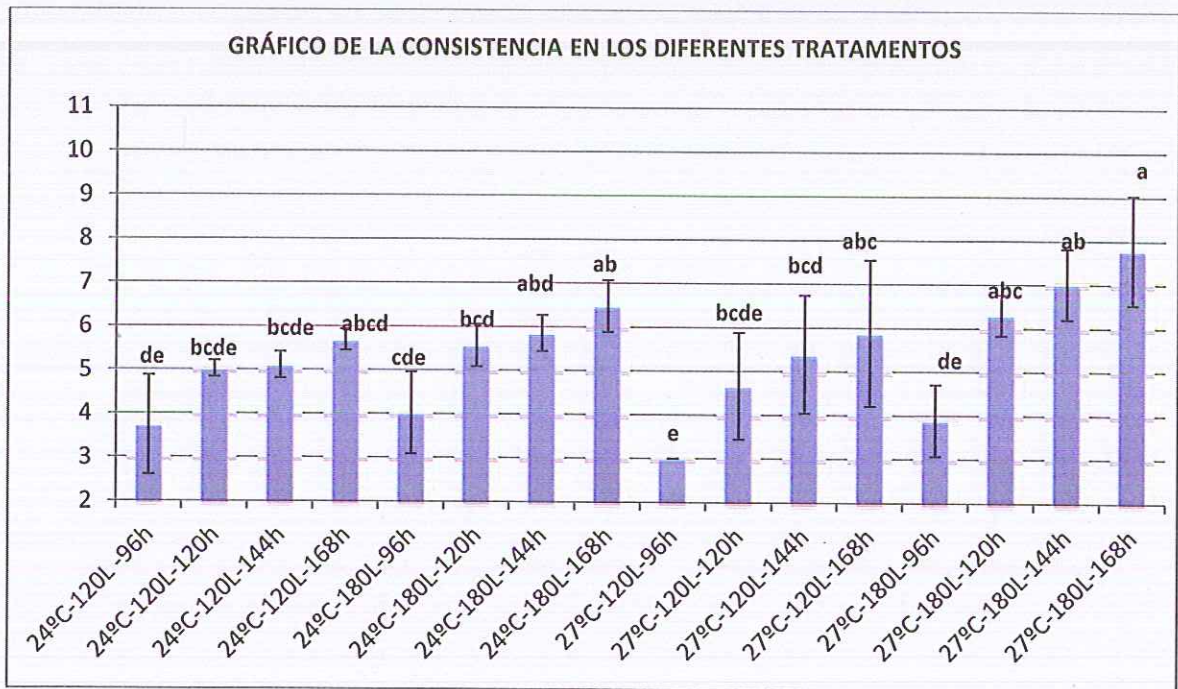


Figura 3.2. Gráficas de Medias de la Consistencia. Parámetro (3-7)
Fuente Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco.

En la Figura 3.2. La muestra 27°C120L96H presentó una consistencia de 3 (+/-) 0,00 el cual presentó una característica diferente a la media de control, además se encuentra dentro de los parámetros de control que se describe en la tabla 4.

Se puede observar que el etileno acelera los procesos externos como la consistencia pero no a los procesos internos. Por ende hay que tener en cuenta la disponibilidad de este componente por que puede causar problemas en el proceso de maduración.

3.2 CÁLCULO DE CARGA FRIGORÍFICA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.

3.2.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE.

En este proyecto trabajaremos con el refrigerante R22 por sus características y propiedades, por lo cual nuestra selección estará basada para este refrigerante.

SELECCIÓN DE LA UNIDAD CONDENSADORA.

En el mercado encontramos compresor-condensador con el nombre de unidad condensadora y es esta la que vamos a seleccionar con el calor total de la carga frigorífica $Q_r = 94333.75 \frac{Kcal}{h}$

Se detalla los cálculos más adelante y se selecciona el equipo de acuerdo al catálogo del fabricante para refrigerante R- 22. (Ver Apéndice E).

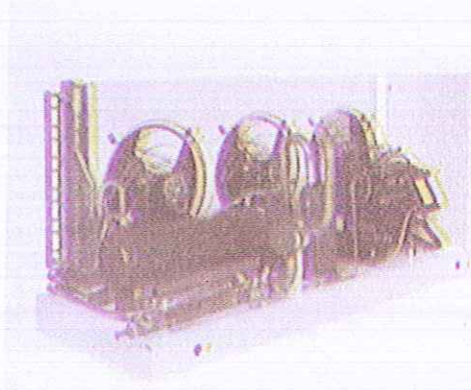


Figura 3.3. Unidad Condensadora.

Fuente: (Leonel Pilligua Chilan 2006).

Entramos a la tabla en él y vemos que la unidad condensadora para esta cámara es el modelo **BDT1200H2** con tres compresor **COPELAN DE 12HP**.

3.2.2 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

Para sacar el valor de U entraremos en la siguiente tabla, en la mayoría de los casos tenemos que interpolar:

TABLA 6
COEFICIENTES DE TRANSFERENCIAS DE CALOR.

$\Delta T(^{\circ}C)$	$U(\frac{Kcal}{m^2 h^{\circ}C})$
>60	0.15
50	0.20
40	0.25
30	0.30
20	0.35
10	0.40

Elaborado por: Leonel Pilligua Chilan 2006

Dónde:

U= Coeficiente de transferencia de calor.

Para entrar a esta tabla necesitamos conocer el valor de ΔT el cual lo determinaremos de la siguiente manera como vemos en la ecuación:

$$\Delta T = T_{med} - T_{int}$$

Dónde:

T_{med} = Temperatura a la que se le agrega los grados de acuerdo a su ubicación.

T_{int} = temperatura interior de la cámara o de almacenamiento.

La temperatura del exterior va a estar afectada por unos cuantos grados de temperatura debido a la ubicación del sol como vemos en la tabla 7. Se admite que en las proximidades del techo y paredes expuestas al sol, la temperatura exterior promedio se debe aumentar de la siguiente manera como veremos en la siguiente tabla:

TABLA 7
TEMPERATURAS DE ACUERDO A LA UBICACIÓN DE LA CÁMARA.

PAREDES	T_{ext} ($^{\circ}C$)	TEMPERATURA ADICIONAL($^{\circ}C$)	T_{med} ($^{\circ}C$)
Techo	29	15	44
Pared con orientación norte	29	10	39
Pared con orientación oeste	29	5	34
Pared con orientación este o sur	29	5	34

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco

3.2.3 CÁLCULOS DE LA CARGA FRIGORÍFICA DEL SISTEMA.

El cálculo que realizaremos a continuación sirven para determinar la cantidad de calor que necesito remover del sistema, en otras palabras esto sería la capacidad que tiene que disipar el evaporador, tenemos que calcular los aportes externos al sistema, aportes internos y de los aportes varios como lo realizaremos a continuación:

APORTES EXTERNOS.

Los aportes externos son dados por las paredes de la cámara como veremos a continuación en los siguientes cálculos.

Para calcular el calor generado nos basaremos en la siguiente ecuación:

$$Q = U * A * (T_{med} - T_{int})$$

Dónde:

Q = Calor generado por las paredes, pisos y techos.

A = Área de transmisión de calor.

T_{med} = Temperatura exterior a la que se le agrega los grados de acuerdo a su ubicación.

T_{int} = temperatura interior de la cámara o de almacenamiento.

APORTE POR PARTE DEL TECHO.

$$Q = U * A * (T_{med} - T_{int})$$

$$T_{med} = 44^{\circ} C$$

$$T_{alm} = 24^{\circ} C$$

$$U = 0.35 \frac{Kcal}{m^2 h^{\circ} C}$$

$$Q_1 = 0.35 * 11 * 22.7 * (44 - 24)$$

$$Q_1 = 1747.9 Kcal/h$$

APORTE DE LA PARED LATERAL OESTE.

$$Q = U * A * (T_{med} - T_{int})$$

$$T_{alm} = 24^{\circ} C$$

$$T_{med} = 34^{\circ} C$$

$$U = 0.40 \frac{Kcal}{m^2 h^{\circ} C}$$

$$Q_2 = 0.40 * 22.7 * 4.5 * (34 - 24)$$

$$Q_2 = 408.6 Kcal/h$$

APORTE DE LA PARED ESTE.

$$Q = U * A * (T_{med} - T_{int})$$

$$T_{alm} = 24^{\circ} C$$

$$T_{med} = 34^{\circ} C$$

$$U = 0.40 \frac{Kcal}{m^2 h^{\circ} C}$$

$$Q_3 = 0.4 * 22.7 * 4.5 * (34 - 24)$$

$$Q_3 = 408.6 Kcal/h$$

APORTE POR PARTE DE LA PARED DELANTERA.

$$Q = U * A * (T_{med} - T_{int})$$

$$T_{alm} = 24^{\circ}C$$

$$T_{med} = 34^{\circ}C$$

$$U = 0.40 \frac{Kcal}{m^2 h^{\circ}C}$$

$$Q_4 = 0.40 * (11 * 4.5 - 2 * 3) * (34 - 24)$$

$$Q_4 = 174 Kcal/h$$

APORTE POR PARTE DE LA PARED POSTERIOR.

$$Q = U * A * (T_{med} - T_{int})$$

$$T_{alm} = 24^{\circ}C$$

$$T_{med} = 39^{\circ}C$$

$$U = 0.38 \frac{Kcal}{m^2 h^{\circ}C}$$

$$Q_5 = 0.38 * 11 * 4.5 * (39 - 24)$$

$$Q_5 = 282.15 Kcal/h$$

APORTE DE LA PUERTA.

$$Q = U * A * (T_{med} - T_{int})$$

$$T_{alm} = 24^{\circ}C$$

$$T_{med} = 34^{\circ}C$$

$$U = 0.40 \frac{Kcal}{m^2 h^{\circ}C}$$

$$Q_6 = 0.40 * 2 * 3 * (34 - 24)$$

$$Q_6 = 24 Kcal/h$$

Ahora determinamos el aporte calorífico total externo.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

$$Q = 3045.25 \text{ Kcal/h}$$

CÁLCULOS DE APORTES INTERNOS.

Los aportes internos están dados por el producto, el calor de respiración del producto y de los empaques que estos contengan.

CALOR APORTADO DEL PRODUCTO.

Para realizar los siguientes cálculos debemos conocer los siguientes datos dados a continuación en la siguiente tabla

TABLA 8
PROPIEDADES DEL PRODUCTO

Temperatura exterior	29° C
Temperatura de almacenamiento	24° C
Temperatura inicial del banano	26° C
Humedad relativa	85- 90%
Calor de respiración	8540 $\frac{\text{Kcal}}{\text{TM} * \text{dia}}$
Calor específico	0.81 $\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^\circ \text{C}}$
Masa del producto	155100Kg/día

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco.

$$Q_{u1} = c * M * (T_i - T_a)$$

Dónde:

c = calor específico del producto.

M = masa total del producto.

T_i = temperatura inicial del producto.

T_{alm} = temperatura de almacenamiento del producto.

$$Q_{u1} = 0.81 \frac{Kcal}{Kg * ^\circ C} * 155100 \frac{Kg}{dia} * (26 - 24)^\circ C * \frac{1 dia}{24h}$$

$$Q_{u1} = 10469.25 \frac{Kcal}{h}$$

CALOR PRODUCIDO POR LA RESPIRACIÓN DEL PRODUCTO.

Este calor lo determinamos con la siguiente ecuación, la cual involucra el calor de respiración del producto y la masa del producto:

$$Q_{u2} = l * M$$

l = calor de respiración.

M = masa del producto en toneladas.

$$Q_{u2} = 8540 \frac{Kcal}{TM * dia} * 155100 Kg * \frac{1 TM}{1000 Kg} * \frac{1 dia}{24h}$$

$$Q_{u2} = 55189.75 \frac{Kcal}{h}$$

CALOR PRODUCIDO POR EL EMBALAJE.

El banano está almacenado en contenedores plásticos llamados Bines, sin necesidad de pallets. Cada Bin pesa 40 kg, con capacidad de 330 kg de banano. A continuación se presenta en la tabla 9 los calores específicos para los diferentes embalajes:

TABLA 9
DATOS DEL PRODUCTO DE EMBALAJE.

TIPOS DE EMBALAJES	CALORES ESPECÍFICOS(J/Kg*K)
Cartón	1340
Plásticos	1000
Metal	480
Madera	1255

Elaborado por: Leonel Pilligua Chilan 2006.

$$Q_{u1} = c_1 * M * (T_i - T_a)$$

c_1 = calor específico del embalaje.

M = masa del embalaje.

T_i = temperatura inicial del embalaje.

T_{alm} = temperatura de almacenamiento del producto.

$$Q_{u3} = 1000 \frac{J}{Kg * K} * 18800 \frac{Kg}{dia} * (29 - 24) K * \frac{1 dia}{24 h} * \frac{1 Kcal}{4186.8 J}$$

$$Q_{u3} = 935.48 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_{TV} = 10469.25 + 55189.75 + 935.48 = 66594.48 \frac{Kcal}{h}$$

CÁLCULOS DE APORTES VARIOS.

Se hace referencia a los calores aportados por la renovación del aire, por los ventiladores, el personal que trabaja dentro de la cámara y por la iluminación de la cámara.

RENOVACIÓN DEL AIRE.

La carga por renovación del aire en la cámara lo calcularemos con la siguiente ecuación:

$$Q_{AIRE} = N * \frac{V_{ol}}{V_a} * (h_a - h_f)$$

N = Cambios de aire.

V_{ol} = Volumen de la cámara de conservación.

V_a = Volumen específico del aire.

h_a = Entalpía del aire del medio

h_f = Entalpía del aire dentro de la cámara.

Del diagrama Psicométrico determinaremos las entalpías y volumen específico tanto del aire como la de almacenamiento y estos son:

- Para el aire con $T_{ext} = 29^{\circ}C$ y una humedad relativa $\phi = 80\%$ tenemos:

$$h_a = 84 \frac{KJ}{Kg} = 20.06 \frac{Kcal}{Kg}$$

$$V_a = 0.89 \frac{m^3}{Kg}$$

- Para el almacenamiento con $T_{int} = 24^{\circ}C$ y una humedad relativa $\phi = 85\%$ tenemos:

$$h_a = 69.49 \frac{KJ}{Kg} = 16.60 \frac{Kcal}{Kg}$$

Se calcula el número de renovaciones de aire en 24h, debido a la apertura de puertas e infiltraciones, según el volumen de la cámara y el nivel de temperatura de la misma, ver tabla 10.

TABLA 10
NÚMERO DE RENOVACIONES DE ACUERDO AL VOLUMEN DE LA
CÁMARA.

VOLUMEN DE LA CÁMARA (m^3)	TEMPERATURAS	
	$>0^{\circ}C$	$<0^{\circ}C$
5	47	36
30	17	13
60	12	9
150	7	5.5
200	6	4.5
1200	2.2	1.7
3000	1.4	1.1
15000	0.90	0.80

Elaborado por: Leonel Pilligua Chilan 2006.

Con el volumen de la cámara es $1123.65 m^3$ de la tabla dada anteriormente interpolamos el número de renovaciones de aire en 1 día de 24h y sabiendo que la temperatura de almacenamiento es $>0^{\circ}C$, de la tabla nos da:

$$N_1 = 2.7$$

En esta parte se incluirán 2 renovaciones técnicas adicionales que están dentro de un rango normalizado en cámaras frigoríficas, entonces el número total de horas es:

$$N = N_1 + 2 = 4.7$$

$$Q_{AIRE} = 4.7 \frac{\text{renova}}{\text{dia}} * \frac{1123.65 \text{m}^3}{0.89 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}} * (20.6 - 6.21) \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{dia}}{24 \text{h}}$$

$$Q_{AIRE} = 23735.53 \text{Kcal/h}$$

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE LOS VENTILADORES.

En la práctica se opta por realizar un valor aproximado que está en función del volumen de la cámara y del calor desprendido por los ventiladores.

$$Q_v = V_{ol} * Q_{dv}$$

Dónde:

V_{ol} = volumen de la cámara.

Q_{dv} = Calor desprendido por los ventiladores

$$Q_{dv} = 41.868 \frac{\text{KJ}}{\text{m}^3 * \text{dia}} = 10 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3 * \text{dia}}$$

$$Q_v = 1123.65 \text{m}^3 * 10 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3 * \text{dia}} * \frac{1 \text{dia}}{24 \text{h}}$$

$$Q_v = 468.19 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

APORTE DEL PERSONAL QUE LABORA EN LA CÁMARA.

Este calor dependerá del número de personas que entren diariamente en la cámara, del trabajo que en ella realicen y el tiempo de permanencia en la misma, calculamos mediante la siguiente formula: De la siguiente tabla 11 dada a continuación determinamos la potencia calorífica liberada por las personas.

TABLA 11

POTENCIA CALORÍFICA LIBERADAS POR LAS PERSONAS.

TEMPERATURA DE LA CÁMARA	POTENCIA CALORÍFICA LIBERAD POR PERSONAS(KJ/H)	POTENCIA CALORÍFICA LIBERAD POR PERSONAS(KCAL/H)
15	645	154
10	754	180
5	862	206
0	971	232
-5	1080	258
-10	1185	283
-15	1294	309
-20	1403	335
-25	1616	362

Elaborado por: Leonel Pilligua Chilan 2006.

Sabiendo que la temperatura de almacenamiento es de 24 °C verificamos en la tabla e interpolando resulta:

$$CP = 103 \frac{Kcal}{h}$$

Asumimos para nuestro cálculo que el personal labora dentro de la cámara un tiempo de 5h/día y el número de personas igual a 2.

Con todos estos datos listos procedemos a calcular el calor aportado con las personas con la siguiente ecuación:

$$Q_p = N_p * CP * t$$

Dónde:

N_p = número de personas que trabajan dentro de la cámara.

CP = calor corporal de las personas (KJ/h) o (Kcal/h)

t = tiempo de permanencia de las personas dentro de la cámara en un día.

$$Q_p = 2 \text{ pers} * 103 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} * 5 \frac{\text{h}}{\text{dia}} * \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}}$$

$$Q_p = 42.92 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

APORTE CALORÍFICO DE LAS LUMINARIAS.

Estas dependen del nivel lumínico proyecto en el recinto frigorífico y del tiempo de utilización. Generalmente el nivel lumínico será bajo entre 20 y 60

luces por lo que la potencia instalada será del orden de $1-10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.

Ahora vemos que por cada metro cuadrado utilizamos 10W, se calcula la potencia instalada en luminarias en la cámara, de acuerdo al área del techo:

$$A_{\text{techo}} = 11 \text{ m} * 22.7 \text{ m} = 249.7 \text{ m}^2$$

Con la siguiente ecuación se calcula las necesidades de luminarias:

$$Q_{\text{ilum}} = 860 * P_i * t_i$$

Dónde:

P_i = Potencia de las luminarias en KW.

t_i = tiempo de permanencia que están prendido los focos.

Primero se calcula la potencia disipada por los focos como vemos a continuación:

$$P = A_{\text{techo}} * 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 249.7 \text{ m}^2 * 10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 2497 \text{ W} = 2.497 \text{ KW}$$

Asumimos que el tiempo que estas luces están prendidas es el mismo que el personal está dentro de la cámara siendo este igual 5h/día.

$$Q_{ilum} = 860 * 2.497KW * 5 \frac{h}{dia} * \frac{1dia}{24h}$$

$$Q_{ilum} = 447.38 \frac{Kcal}{h}$$

Ahora calculamos el calor:

$$Q_R = Q_{AIRE} + Q_v + Q_p + Q_{ilum}$$

$$Q_R = 23735.53 + 468.19 + 42.92 + 447.38 = 24694.02 \frac{Kcal}{h}$$

El cálculo del calor total requerido es:

$$Q_T = Q + Q_{TU} + Q_R$$

$$Q_T = 3045.25 \frac{Kcal}{h} + 66594.48 \frac{Kcal}{h} + 24694.02 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_T = 94333.75 \frac{Kcal}{h}$$

3.3 ANÁLISIS DE COSTOS.

Para el análisis de costos se tomó en cuenta los consumos energéticos que conlleva madurar el banano en una cámara de maduración durante una semana desde el inicio de la maduración de color verde hasta la maduración final color amarillo.

Se estimaron costos de mano de obra para operar y llenar la cámara de maduración, el gas Etileno, así como también los consumos energéticos de los equipos eléctricos que mantienen las temperaturas y ventilación de la cámara durante una semana, con su respectivo mantenimiento y depreciación.

TABLA 12
COSTO DE MANO DE OBRA

Costo de Mano de Obra (para 1 cámara de maduración)					
Área	Función	Cantidad	Horas por día	Días laborados	Total HH
Maduración	Montacarguista	1	8	2	16
	Madurador	1	8	7	56
				HH/semana	72

Salario mensual	435,21
Horas mensual	240
Costo HH	1,81

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco.

TABLA 13
COSTO DE ENERGÉTICO

Consumo Energético en Kw-H/Semana					
Equipo	Potencia (Hp)	Cantidad	Tiempo de Operación (H)	Factor	Consumo Kw-H
Compresores de Evaporadores	12	3	144	0,74	3836.16
Ventiladores de Compresores	3	3	144	0,74	635,47
Extractor-Ventilador	1	4	120	0,74	353,04
			Kw-H/Sem		4824.67

Etileno	costo
Termo de 13243 lts	490,8

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco.

En el siguiente cuadro se condensa todos los costos que implica madurar una cámara de 1123 m³ con una capacidad de 155 TM de Banano, durante una semana de maduración convencional.

TABLA 14
COSTO DE MADURACIÓN

Costo Estimado de Maduración de 1 cámara 155TM/semana				
Elementos del Costo	Unidad de Medida	Cantidad por semana	Costo Unitario	Costo Total
Materia Prima (Etileno)	Lts	180	0,0371	6,67
Mano de Obra	HH	72	1,8134	130,56
Consumo Energético				
Agua	m3	3	2	6
Electricidad	kw-H	4824.67	0,089	429.39
Gas Montacarga	Kg	32	0,9	28,8
Mantenimiento	H	8	1,8134	14,51
Depreciación	\$			117,84
			\$/Día	104.82
			\$/Sem Normal	733.77
			\$/Sem Aceler	419.29
			\$/TM normal	4.73
			\$/TM aceler	2,71
			Ahorro/Tm	2.02

Elaborado por: Luis Blanco y Juan Carlos Carrasco.

El análisis de costos demuestra que durante una semana normal de 7 días cuesta \$733.77 y un costo por TM de \$4.73 mientras que la maduración acelerada en 4 días cuesta \$419.29 y un costo por TM de \$2.71 lo que nos da un ahorro por TM de \$2.02

El ahorro para una producción anual estimada de 50000 TM es de \$101000.00

CAPÍTULO 4

4.1 CONCLUSIONES.

El tratamiento de maduración acelerada de banano a una temperatura de 27°C y 120l/m³ de etileno, cumple a las 96H los parámetros óptimos de pH, grados Brix y consistencia.

El ahorro por tonelada métrica en la maduración acelerada del banano es de \$2.02 dólares.

El ahorro para una producción anual estimada de 50000 TM es de \$101000.00

4.2 RECOMENDACIONES.

Es importante tener bajo control el parámetro de la temperatura como factor predominante en la maduración acelerada del banano ya que influye directamente en la respiración y cambios de los procesos metabólicos, obteniendo parámetros óptimos de Grados Brix y pH. A diferencia de la concentración del etileno que influye solo en la apariencia, color y consistencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Bedoya, G. (2014). *Rol del Etileno en la maduración de los frutos*, Centro de Investigación Biológica, 10.
- Chang-Yuen, K., & Sáenz, M. V. (2005). *Efecto del 1-metil-ciclopropeno (1-mcp) en la maduración de banano*. *Agronomía Costarricense*, 29(3), 211–220.
- Fisher, R. (1935). *The Design of Experiments (8th ed.)*. California: Oliver and Boyd, 252.
- Millán, L. de J., & Ciro Velásquez, H. (2012). *Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (CAVENDISH VALERY)*. *Corporación Universitaria Lasallista*, 191.
- Navas, C. (2011). *Diseño de la Línea de producción de compotas de banano*. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 109.
- Ordóñez, A. (2005). *Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefón como agente madurador*, *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 89.
- Pino, P. (2013). *Evaluación del proceso de liofilización en banana como tecnología de transformación alimentaria*, *Universidad Nacional de Buenos Aires*, 144.
- Romero, A. (2003). *Aplicación de levadura candida spp. como una alternativa viable para la retardación en la pudrición del banano (musa acuminata)*, *Pontificia Universidad Javeriana*, 131.
- Vera, J. A., & Urruela, R. S. (2012). *Producción de alcoholes volátiles durante la maduración de los frutos*, *Universidad de Complutense, Madrid*, 11.

APÉNDICES

APÉNDICE A

MATRIZ DE RESULTADOS																	
	24°C- 120L 96h	24°C 120L 144h	24°C 120L 168h	24°C 180L 96h	24°C 180L 144h	24°C 180L 168h	24°C -180L 120h	24°C 180L 23	24°C 180L 23.4	27°C- 120L 96h	27°C- 120L 120h	27°C- 120L 144h	27°C- 120L 168h	27°C- 180L -96h	27°C- 180L 120h	27°C- 180L 144h	27°C- 180L 168h
PH	4.52	4.63	4.68	4.70	4.68	4.70	4.85	4.86	4.70	4.71	4.83	4.84	4.85	4.79	4.85	4.86	4.90
GRADO BRIX	21	22.4	22.4	22.5	21	22.9	23	23	23.4	20.8	23	23.2	23.5	21.6	22.6	24	24.1
CONSISTE NCIA	3	4.9	4.8	6	5	6	6	6	7	3	6	7	8	5	6	7.5	9

APÉNDICE B

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (Grados Brix).

1.- OBJETO.

Esta técnica establece el procedimiento para determinar la cantidad de sólidos solubles en una muestra de puré de banano.

2.- TERMINOLOGÍA.

GRADOS BRUX.- El valor del Brix es el porcentaje en peso de sucrosa en una solución pura de sucrosa. Este valor es usado como una práctica del control de calidad como la medida del porcentaje en peso del total de sólidos solubles en productos cítricos.

Sólidos Solubles.- Los sólidos solubles en su mayoría son azúcares y ácidos orgánicos. En frutas maduras el porcentaje de azúcares aumenta mientras que el porcentaje de ácido decrece. Los principales azúcares en cítricos son: sucrosa, glucosa y fructosa.

La sucrosa representa aproximadamente $\frac{1}{2}$ del total de azúcares, mientras que la fructosa y glucosa representan $\frac{1}{4}$ cada una.

3.- DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES.

3.1. PRINCIPIO.

La determinación de sólidos solubles se basa en la medida de sólidos totales mediante la utilización de un refractómetro, luego de ser colocada una pequeña cantidad de muestra sobre el prisma sensor.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

- Refractómetro.
- Espátula.
- Beacker de 250 ml.

3.3 PROCEDIMIENTO.

- Asegurarse que el refractómetro se encuentre calibrado, para proceder a realizar la lectura, caso contrario calibrarlo (ver calibración equipos).
- Mezclar bien la pulpa de banana en el beacker de 250 ml y temperada a 20 ° C
- Levantar la tapa protectora del prisma, verificar que esté limpia.
- Llevar un poco de pulpa de muestra con la espátula hacia el prisma evitando burbujas de aire o porciones sólidas de muestra.
- Digitar el botón MODE.
- La lectura obtenida en el display directamente, es la medida de la concentración de la sacarosa que posee la muestra.
- El resultado mostrado en la pantalla del refractómetro es expresado en porcentaje.

APÉNDICE C

DETERMINACIÓN DE POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

1.- OBJETO.

Esta técnica establece el procedimiento para determinar el potencial de hidrógeno (pH) en las muestras de puré de banano, y conocer de esta manera su alcalinidad o acidez.

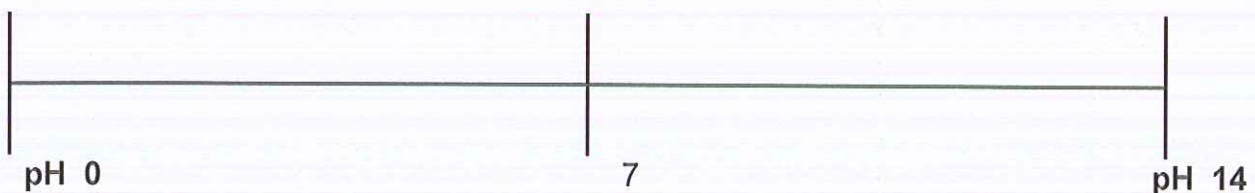
2.- TERMINOLOGÍA.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH).- Representa el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia y se lo define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno (H⁺) en la solución.

El valor de pH está definido por la Ecuación de Sorenson:

$$HP = - \log H^+$$

La escala de pH es considerada desde 0 a 14.



3.- DETERMINACIÓN.

3.1. PRINCIPIO.

Se basa en la medición de la concentración de iones hidrógeno por medio de un pH-Metro.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

- Beaker de vidrio de 250 ml.
- pH-metro.
- Agitador.
- Papel toalla.

3.3 REACTIVOS.

- Solución Buffer de pH 4.00
- Solución Buffer de pH 7.00
- Agua destilada para limpieza

3.4 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- Las muestras deben estar acondicionadas en el beacker a una temperatura que puede oscilar entre 20 y 25 °C.

4.5 PROCEDIMIENTO.

- Calibrar el equipo antes de iniciar la medición.(ver calibración de equipos)
- Colocar aprox. 100grs. de puré de banano en un beacker de 250 ml.
- Colocar el electrodo dentro del beacker que contiene la muestra, en este punto puede ayudarse de un agitador para moverla y obtener una lectura real, el electrodo debe estar colocado preferentemente de manera vertical o ligeramente inclinado.
- Presionar el botón READ, para proceder a la lectura.
- Reportar la lectura luego que el valor mostrado se estabilice.
- Una vez realizada la medida se debe lavar el electrodo con suficiente agua destilada teniendo en cuenta de no golpear el bulbo del electrodo, al secarlo

realizarlo de arriba hacia abajo con un movimiento suave y constante, sin tocar el bulbo.

- Mantener el electrodo en solución de mantenimiento para electrodo cloruro de potasio 3M, o en su caso agua destilada, hasta su próxima medición.
- La determinación del pH de cualquier muestra mediante un pH-metro reporta el valor directamente, no se necesita hacer ningún cálculo.

APÉNDICE D

DETERMINACIÓN DE CONSISTENCIA.

1.- OBJETO.

El objetivo de la siguiente técnica es llegar a determinar la consistencia de materiales viscosos, en este caso el puré de banano.

2.- TERMINOLOGÍA.

CONSISTOMETRO DE BOSTWICK.- Usado para determinar la consistencia de materiales viscosos, por la medida de la distancia que el material recorre bajo su propio peso en un intervalo de tiempo.

CONSISTENCIA.- Atributo reológico rutinariamente determinado durante el proceso y en el producto final. Se define como una forma de fricción interna, ya que los fluidos presentan cierta resistencia al movimiento de deslizamiento.

3.- DETERMINACIÓN DE CONSISTENCIA.

3.1. PRINCIPIO.

Esta técnica se basa en la medida de la distancia que recorre el material o muestra como consecuencia de su propio peso en un intervalo de tiempo de 15 o 30 segundos a una temperatura de 20°C.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

- Consistómetro de Bostwick.
- Espátula

- Timer o cronómetro.
- Beacker de 250 ml.

3.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- Se toman aproximadamente 150 gramos de puré de banano en un beacker de 250 ml de capacidad, la muestra debe ser enfriada hasta una temperatura de 20°C.

3.4 PROCEDIMIENTO.

- Calibrar el consistómetro de Bostwick (ver en calibración de equipos)
- Bajar la compuerta y asegurarla con el disparador.
- Verificar la calibración del equipo.
- Llenar el reservorio con la muestra previamente preparada.
- Enrasar con una espátula el nivel de la muestra en el reservorio y tratar de no dejar espacios de aire en la cavidad.
- Presionar el disparador para abrir la compuerta y al mismo tiempo presionar el timer.
- Proceder a la lectura de la distancia recorrida luego de haberse completado el tiempo.
- La lectura estará determinada por el punto máximo de la curva obtenida en el recorrido.
- Reportar el resultado de la lectura en cm/30 seg.

APÉNDICE E

Gases Refrigerante Refrigerant	Referencia Comercial Commercial Reference	Modelo del Compresor Compressor Model	Capacidad Frigorífica Cooling Capacity M-HBP								Desplazamiento Displacement	Unidades Dimensionales Dimensional Units (mm)			
			-15°C		-6,7°C		0°C		7,2°C			cm³/rev	A	B	C
			Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h					
R-12	1/3	UAE4430AS (1)	1040	305	1434	435	1260	535	2304	675	8,85	330	230	300	
	1/3+	UAE4440AS (1)	1367	400	1866	546	2332	683	2956	866	12,01	410	230	320	
	1/2	UAE4445AS (1)	1652	493	2332	693	2958	866	3576	1047	14,17	410	230	320	
	2/3	UAE4419AS (1)	1692	495	2638	778	3355	1041	4705	1378	14,17	410	230	320	
	7/8	UAE4426AS (1)	2340	632	4040	1195	5164	1512	6360	1862	18,60	410	230	320	
R-134a	1/3+	UIY9419AS (1)	1254	366	1795	526	2114	678	2961	867	9,76	410	230	320	
	1/3	UIY9421AS (1)	1525	447	2105	616	2636	736	3433	1005	10,87	410	230	320	
	1/2+	UIY9423AS (1)	1693	496	2469	723	3105	909	3811	1116	12,43	410	230	320	
	1/3	UIY9430AS (1)	1099	319	1532	449	1954	572	2464	712	8,85	330	230	300	
	1/3+	UIY9440AS (1)	1480	433	2071	606	2641	785	3451	1005	12,01	410	230	320	
	1/2	UIY9448AS (1)	1697	497	2444	716	3141	920	3977	1165	14,17	410	230	320	
	1/2+	UIY9453AS (1)	1970	577	2818	825	3585	1050	4510	1321	16,00	410	230	363	
	2/3	UIY9466AS (1)	2467	723	3533	1124	4067	1434	5653	1657	18,60	410	230	363	
	3/4	UIY9475AS (1)	2519	738	3604	1055	4585	1343	5769	1649	22,30	410	230	363	
7/8	UIY9489AS (1)	2840	832	4050	1195	5164	1512	6360	1862	26,00	410	230	363		
R-22	1/3	UAE9415AS (1)	1131	331	1534	449	2135	675	2469	712	9,87	410	230	320	
	1/3+	UAE9422AS (1)	1409	413	2049	600	2610	770	3381	990	7,57	410	230	320	
	1/2+	UAE9430AS (1)	1713	502	2064	604	2332	633	3700	1093	8,85	410	230	320	
	2/3	UAE9440AS (1)	2136	625	3069	896	3348	1127	5000	1464	-	-	-	-	
	7/8	UIY9443AS (1)	2519	825	3970	1161	5114	1493	6576	1916	16,00	490	330	407	
	1	UIY9454AS (1)	3049	893	4506	1319	5836	1710	7126	2087	18,80	490	330	407	
	1 1/4	UIY9467AS (1)	3585	1050	5110	1497	6794	1939	8722	2553	22,30	490	330	700	
1 1/3	UIY9474AS (1)	4926	1442	6502	1904	8419	2416	10665	3173	26,00	490	330	700		
R-404A	1/3+	UAE9422AS (1)	1595	467	1803	578	2035	596	2329	682	7,57	410	230	320	
	1/2+	UAE9430AS (1)	1762	516	2131	674	2459	720	2869	840	10,10	410	230	320	
	2/3	UAE9440AS (1)	2397	702	2853	837	3281	961	3797	1112	13,24	410	230	320	
	1	UIY9456AS (1)	2978	872	3702	1034	4385	1254	5191	1570	18,80	410	230	363	
	1 1/4	UIY9472AS (1)	3347	950	4139	1212	4781	1400	5678	1648	22,30	410	230	363	
	1 1/3	UIY9486AS (1)	3818	1124	4822	1412	5724	1676	6316	1996	26,00	410	230	363	

Gases Refrigerante Refrigerant	Referencia Comercial Commercial Reference	Modelo del Compresor Compressor Model	Capacidad Frigorífica Cooling Capacity LBP								Desplazamiento Displacement	Unidades Dimensionales Dimensional Units (mm)			
			-34,4°C		-23,3°C		-17,8°C		-12,2°C			cm³/rev	A	B	C
			Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h	Btu/h	Kcal/h					
R-12	1/3	UAE2410AS (1)	405	119	716	210	995	291	1345	394	12,04	330	215	300	
	1/3+	UAE2413AS (1)	566	166	955	280	1193	349	1574	461	14,17	410	215	320	
	1/2	UAE2415AS (1)	670	196	1184	347	1532	449	1915	561	16,03	410	215	320	
	1/2+	UAE2419AS (1)	640	187	1189	348	1591	466	1984	531	18,80	410	267	363	
3/4	UAE2426AS (1)	770	225	1557	456	2057	602	2565	741	26,00	410	267	363		
R-134a	1/3	UIY11410AS (1)	457	133	902	264	1170	341	1480	411	8,37	416	287	286	
	1/3+	UIY11413AS (1)	530	170	1075	315	1395	403	1719	503	10,86	446	287	286	
	1/2	UIY11413AS (1)	641	185	1189	348	1542	457	1951	574	12,57	446	287	286	
R-404A	1	UIY2431AS (1)	1057	318	2749	805	3597	1053	4675	1369	18,80	410	230	363	
	1 1/4	UIY2438AS (1)	2344	636	3067	895	3869	1133	5712	1673	22,30	410	230	363	
	1 1/2	UIY2446AS (1)	2180	618	3786	1102	4214	1254	6200	1835	26,00	410	230	363	

Las Unidades Condensadoras señaladas con la (1) pueden ser adquiridas con o sin el tanque de líquido.

Temperatura de Evaporación

Evaporating Temperature

LBP	-23,3°C
MHP-CRP	-6,7°C
LBP-A/C	7,2°C

