



T  
621.570724  
C921  
c.3

# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Mecánica**

**“PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA DETERMINAR EL  
PROTOTIPO APROPIADO DEL CONGELADOR DUREX  
CAW-400-82 ADECUADO A LOS REQUERIMIENTOS DEL  
CLIENTE Y EL MERCADO ECUATORIANO”**

### **INFORME TECNICO**

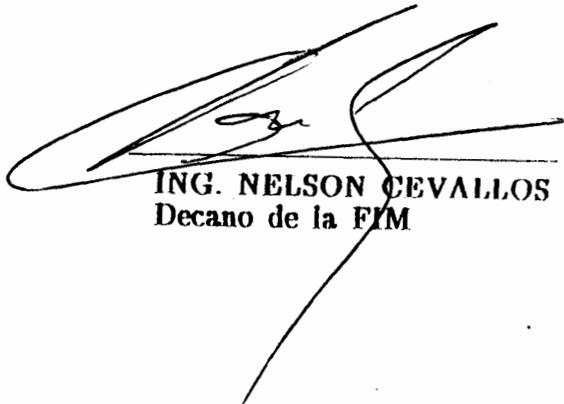
**Previo a la obtención del Título de:  
INGENIERO MECANICO**

**Presentado por:  
Jorge Crespo Espinoza**

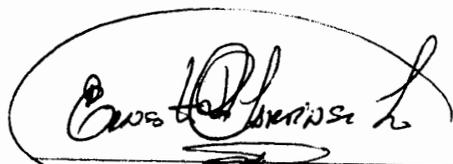
**Guayaquil - Ecuador**

**1.992**





ING. NELSON CEVALLOS B.  
Decano de la FIM



ING. ERNESTO MARTINEZ  
Director del Informe Técnico



ING. MARIO PATIÑO  
Miembro del Tribunal de Grado



01/11/2008

**DECLARACION EXPRESA**

Declaro que:



**"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica"**

(Reglamento de Exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

.....  
**JORGE T.CRESPO ESPINOZA**



**DEDICATORIA**



A MIS PADRES  
A MI ESPOSA  
A MIS HIJAS  
A MIS HERMANOS  
A MI SUEGRA  
A LA ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL

## RESUMEN



La industria Electrodomésticos DUREX S.A. siendo líder en el mercado en los productos de la línea blanca, fabrica como parte de su producción los congeladores CAW-400 de diseño americano y ajustado a las normas UL..... Este diseño no satisfacía los requerimientos del usuario en Ecuador, puesto que las condiciones de operación del artefacto variaban ampliamente con respecto a las condiciones de referencia utilizadas para su diseño.

El clima ecuatoriano, específicamente de la región de la costa, que se ubica en la zona tórrida, de clima cálido-húmedo, y en épocas cortas considerado de alta humedad y selvático, puede promediarse temperaturas de 33°C y una humedad de 55 H.R.

En estas condiciones, el congelador no enfriaba lo suficiente, puesto que no lograba mantener los alimentos en buen estado. Por otro lado producía cierta exudación del frontal del gabinete, es decir presentaba una superficie mojada, que hasta humedecía el piso. Además no lograba completar su ciclo de refrigeración, y el compresor funcionaba en vacío, es decir con presiones negativas.

El Departamento de Control de Calidad, debía solucionar este problema. En bodega se encontraban varias remesas del producto fabricado que no podían salir a la venta. El autor de este trabajo, como Jefe de Pruebas de dicho Departamento, debía ser quien realice las pruebas y de las recomendaciones apropiadas.

Procedí a diseñar un conjunto de pruebas sistemáticas, con cambios específicos

del control automático además de pruebas con alimentos, y estimación del índice de recuperación.

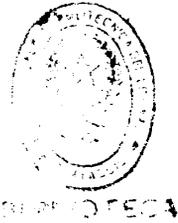


SIBLIOTECA

## INDICE GENERAL

Página

RESUMEN	5
INDICE GENERAL	8
INDICE DE APENDICES	9
INDICE DE FIGURAS	10
INDICE DE TABLAS	13
NOMENCLATURA	14
CAPITULO 1	
1.-INTRODUCCION	
1.1 PRESENTACION DEL PROBLEMA	16
1.2 CONCEPTOS BASICOS	17
1.3 PLANTEAMIENTO DE PRUEBAS	30
2.-PRUEBAS EXPERIMENTALES	
2.1 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DURANTE EL CICLO INICIAL	43
2.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DESPUES DE 24 HORAS DE OPERACION	43
2.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL CONGELADOR SOMETIDO A CONDICIONES DE TRABAJO (APERTURA Y CIERRE DE PUERTA)	44
2.4 PRUEBA DURANTE EL PERIODO DE RECUPERACION (EN APERTURA Y CIERRE DE PUERTA)	44
2.5 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL CONGELADOR SOMETIDO A CONDICIONES DE CARGA (UBICACION DE ALIMENTOS EN INTERIOR)	45
2.6 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DESPUES DE 24 HORAS DE OPERACION CON CARGA	45
3.-PRESENTACION DE RESULTADOS DE PRUEBAS E INTERPRETACION	46
4.-ALTERNATIVAS DE SOLUCION Y RECOMENDACIONES	56
CONCLUSIONES	59
APENDICES	62
BIBLIOGRAFIA	90



**INDICE DE APENDICES:**

	PAGINA
APENDICE N° 1 5 TABLAS DE DATOS DE LAS PRUEBAS	62
APENDICE N° 2 TEORIA SOBRE LA DETERMINACION DE LOS TUBOS CAPILARES	81
APENDICE N° 3 DIAGRAMA DE MOLLIER PARA EL FREON 12	89

## INDICE DE FIGURAS

Nº DESCRIPCION	PAGINA
1.-Sistema de Refrigeración por compresión mecánica	21
2.-Curva de presiones de condensación a diversas presiones de aspiración y temperatura ambiente R-12	26
1.1.Temperatura del Centro geométrico en función del tiempo del congelador CAW-400-82 (rechazado por el usuario) pero con poliuretano de 33 mm (CAU-400 N° 1).	37
1.2.Temperatura del Centro geométrico en función del tiempo del congelador de rechazo con dos cambios: instalación de poliuretano y cambio del condensador por el TBF500-425cc	39
1.3.Temperatura del centro geométrico en función del tiempo del congelador de rechazo con condensador TBF500-425cc y un aislamiento de espesor de 58 mm	40
1.4.Temperatura del centro geométrico en función del tiempo del congelador de rechazo con los siguientes cambios: espesor 58 mm , evaporador 674 cc condensador 425 cc.	41
3.1.Comportamiento de la Temperatura del centro geométrico en su ciclo inicial	46
3.2.Comportamiento de la temperatura del centro geométrico en condiciones de estabilidad	47
3.3.Comportamiento de la temperatura del centro geométrico en función del tiempo con el artefacto sometido a apertura y cierre de puerta	49
3.4.Comportamiento de la temperatura del centro geométrico en función del tiempo en el período de recuperación	50
3.5.Comportamiento de la Temperatura del centro geométrico en función del tiempo con el artefacto cargado de alimentos	52
3.6.Comportamiento de la temperatura del centro geométrico con el artefacto operando con cargas de alimento después de 24 horas de continuo funcionamiento	53

**7.- Resultados de Pruebas de funcionamiento del  
Congelador CAW-400-82 en tres prototipos**

55

## INDICE DE LAS FIGURAS DEL APENDICE 2

Nº DESCRIPCION	PAGINA
A.1 Producciones frigoríficas en dependencia con temperaturas de evaporación y condensación	85
A.2 Relación del nivel de la carga con el rendimiento del sistema	86
A.3 Adaptación de tubos capilares a grupos funcionando con R-12 considerando la producción frigorífica y la temperatura de evaporación	88

## INDICE DE LAS FIGURAS DEL APENDICE 3

Nº DESCRIPCION	PAGINA
A.3.1 Diagrama de Mollier para el Freón 12	89



## INDICE DE TABLAS

Nº	DESCRIPCION	PAGINA
1	Prueba ciclo inicial	63
2	Prueba operando después de 21 horas de funcionamiento	69
3	Prueba de Apertura y cierre de puertas	70
4	Prueba con cargas de alimentos	74
5	Pruebas con cargas de alimentos (luego de 24 horas)	78



## N O M E N C L A T U R A

$P_b$	presion de baja
$P_a$	presion de alta
Oper	operacion
A	apagado
P	prendido
$T_eE$	temperatura de entrada al evaporador
$T_sE$	temperatura de salida del evaporador
$T_1$	temperatura del centro geométrico de primera parrilla
$T_2$	temperatura del centro geométrico de segunda parrilla
$T_3$	temperatura del centro geométrico de tercera parrilla
$T_4$	temperatura del centro geométrico de cuarta parrilla
$T_b$	temperatura del bulbo o termostato
$T_e$	temperatura del centro geométrico del congelador
$T_c$	temperatura de carcaza del compresor
$T_{ec}$	temperatura de entrada del condensador
$T_{sc}$	temperatura de salida del condensador
$T_\alpha$	temperatura ambiente
P.D.	pull down
R.T	Run time
D	diametro exterior
d	diametro interior
L	longitud
$V_t$	volumen total
$T_l$	temperatura lateral del tanque
$T_p$	temperatura posterior del tanque
$T_{ext}$	temperatura exterior del gabinete

$t_a$	período de tiempo que permanece el compresor apagado durante el ciclo
$t_p$	período de tiempo que permanece el compresor en operación durante el ciclo
IR	Indice de recuperación
Hr	Hora (tablas)



# CAPITULO I

## INTRODUCCION



### 1.1 PRESENTACION DEL PROBLEMA

En el año de 1986 en las líneas de producción de Electrodomésticos DUREX S.A. se ensamblaban los congeladores CAW 400. Estos artefactos de diseño americano que cumplen las normas UL no satisfacen los requerimientos del usuario ecuatoriano, puesto que las condiciones de operación son diferentes. El artefacto no enfria lo suficiente, a tal punto que en épocas de elevada temperatura los alimentos se descomponen fácilmente además de que por la elevada humedad del ambiente, el frontal del gabinete exuda, es decir se humedece completamente y moja el piso.

El porcentaje de devoluciones es del 100 %. De igual manera el número de reclamos corresponde al número de artefactos vendidos.

Este problema me es asignado, y debe ser resuelto lo mas urgente posible puesto que el número de reclamos y de devoluciones es elevado. En un plazo de tres a seis meses debe corregirse el problema.

El problema involucra un cambio de diseño, es decir debe variarse las especificaciones de sus partes, con el fin de elevar la capacidad de refrigeración y adecuar su operación a elevadas condiciones de humedad y alta temperatura, que son las condiciones reales de nuestro medio.

El problema se complica puesto que no existen normas ecuatorianas que determinen las capacidades de refrigeración requeridas para el medio, ni tampoco se dispone de normas de realización de pruebas. Razón por la cual

se diseña un programa sistemático de pruebas.

Con las tablas de resultados se logra un análisis de las alternativas de solución con las respectivas recomendaciones.

## 1.2 CONCEPTOS BASICOS

Refrigeración es la extracción de calor de una sustancia o espacio produciendo en ella una temperatura inferior a la de sus alrededores. El enfriamiento se efectúa por la evaporación del líquido refrigerante bajo presión y temperaturas reducidas. Luego mediante la compresión mecánica, se eleva la temperatura de saturación del vapor, lo que permite que este se condense por transferencia ordinaria de calor al aire del ambiente o al agua de enfriamiento. El líquido a presión relativamente alta se expande en un cambiador de calor, donde se evapora; el proceso de expansión se efectúa ordinariamente en una válvula de estrangulamiento. Un sistema mecánico de refrigeración es un ciclo termodinámico cerrado.

La producción de refrigeración está gobernada por tres leyes básicas:

1.- *Todos los líquidos al evaporarse absorben calor de cuanto les rodea.*

Esta ley hace posible la producción de frío. Para enfriar un cuerpo se aplica esta ley, haciendo evaporar un determinado líquido en un aparato adecuado, a fin de que el calor latente necesario para la evaporación se extraiga de las sustancias que deseamos enfriar

2.- *La temperatura a que hierve o se evapora un líquido depende de la presión que se ejerce sobre dicho líquido.*

La importancia de esta ley reside en que si podemos disponer de una presión distinta sobre el líquido que está evaporando y produciendo frío, se



alterará la temperatura a que se evapora y, por consiguiente, podrá variarse también el grado de frío producido.

3.-Todo vapor puede volver a condensarse, convirtiéndose en líquido, si se comprime y enfría debidamente.

Esta ley permite recoger el vapor formado por la evaporación del líquido, comprimirlo en un compresor adecuado, enfriarlo en un condensador y convertirlo nuevamente en líquido, que puede evaporarse otra vez y producir más frío, y repetirse el ciclo.

Un refrigerante es una sustancia que absorbe calor de otra sustancia o de un espacio. Su punto de ebullición es bien bajo lo cual, le hace ser extremadamente volátil y, por consiguiente, aunque se conserven en un depósito hermético, el calor extraído de la atmósfera sería suficiente para causar su ebullición. Esto se evita sometiéndolos a presión.

En refrigeración se emplea usualmente, como unidad de medida, la frigoría, que es la cantidad de calor que se debe extraer a un litro de agua para rebajar un grado centígrado su temperatura. La frigoría es simplemente una kilo-caloría y se emplea para expresar la carga de refrigeración o capacidad de una planta frigorífica. Así pues, una planta con una capacidad de 10000 frigorías por hora es capaz de extraer 10000 kilo-calorías o 39680 BTU por hora.

Otro término usado muy a menudo para denotar la capacidad de una planta frigorífica es la tonelada de refrigeración, que es la cantidad de calor absorbida por la fusión de una tonelada de hielo sólido en 24 horas.

**Componentes de una instalación frigorífica.**—Toda instalación frigorífica consta de tres unidades principales, a saber:

1)Refrigerador.—Se trata simplemente del armario, cámara o depósito debidamente aislado, en cuyo interior se desea mantener una temperatura inferior a las del ambiente exterior.

2)Evaporador.—Recipiente que va colocado en el interior del refrigerador donde se evapora el refrigerante líquido. Va conectado a la unidad condensadora por medio de tuberías, una para el suministro de líquido refrigerante (línea de líquido) y otra, para el retorno (línea de aspiración) del refrigerante evaporado a la citada unidad.

3)Unidad condensadora.—Es el conjunto formado de compresor y condensador que comprime los vapores refrigerantes que vienen del evaporador, expulsando su calor latente, y los retorna al estado líquido.

Los sistemas frigoríficos utilizados para la producción de frío son: el de absorción y el de compresión mecánica. El último trabaja bajo el ciclo automático y va dispuesto con reguladores que conectan y desconectan el compresor de acuerdo con unos límites de temperatura establecidos. El ciclo de funcionamiento es el siguiente:

1.—Evaporación.—El calor entra en el refrigerador por radiación, sobre las paredes del refrigerador. Por conducción, através del aislamiento. Por convección, dentro del circuito de aire en el interior del refrigerador, por las entradas de género a temperaturas altas y por la abertura de puertas. Este calor sensible se dirige hacia las paredes del evaporador, provocando la ebullición del refrigerante líquido y convirtiéndose en calor latente de evaporación.

2.—Compresión.—Dicho refrigerante evaporado es aspirado por el compresor, en el que al ser comprimido en un espacio reducido aumenta la temperatura y,

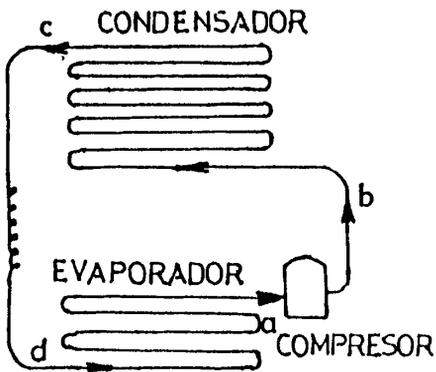
por consiguiente, de presión, pasando al condensador.

3.-Condensación.-La temperatura del refrigerante, en estado de vapor y comprimido, es superior a la del medio de enfriamiento (aire o agua) absorbiendo éste el calor latente y dando lugar a la condensación del refrigerante que afluye entonces a presión y en estado líquido al depósito, de donde se dirige nuevamente al evaporador para la repetición del ciclo.

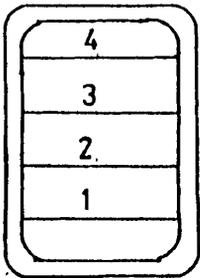
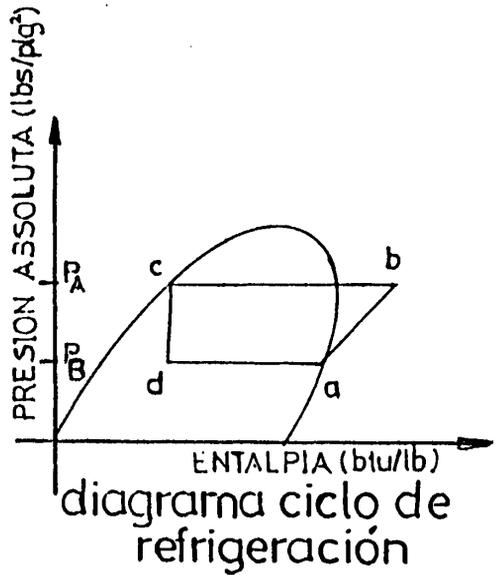
El automatismo del sistema se consigue por medio de una válvula de expansión (capilar), colocada a la entrada del evaporador, que regula el paso del refrigerante líquido al mismo, y de un control de tipo presostático o termostático que efectúa la parada y puesta en marcha del compresor a fin de mantener la temperatura deseada en el interior del refrigerador.

Cuando el compresor se para, no se obtiene refrigeración alguna, ya que si bien el refrigerante hierve a una presión baja, deja en cambio de hacerlo cuando aquella sube a un punto demasiado alto. De ello se deduce que el sistema se divide en dos partes de alta presión y de baja presión. (Figura 1). La parte de alta presión comprende desde la válvula de descarga del compresor, pasando por el condensador, depósito de líquido y línea de líquido, hasta la válvula de expansión o capilar en el evaporador. El lado de baja presión empieza en la salida de dicha válvula de expansión o tubo capilar, y comprende el evaporador, tubería de aspiración y entrada en el compresor por la válvula de aspiración hasta la descarga del mismo.

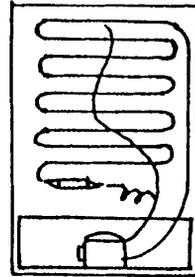
DESCARGA Y ASPIRACION.-El refrigerante líquido a alta presión, que procede del depósito de la unidad condensadora, pasa por la válvula de expansión para convertirse en líquido a baja presión. Dicha válvula, que es la



sistema de refrigeración por compresión



vista anterior parrillas N° 1-2-3-4



vista posterior condensador

**FIGURA 1.- SISTEMA DE REFRIGERACION POR COMPRESION MECANICA**

divisoria entre las partes de alta y baja presión del sistema, tiene dos funciones distintas: 1.-Mantener una alta presión en la línea de líquido, depósito y condensador, con objeto de que el refrigerante conserve su estado líquido. 2.-Regular el paso del refrigerante líquido al evaporador en la proporción necesaria para compensar la cantidad del mismo evaporado previamente.

La válvula de descarga del compresor es, a su vez, la que divide la parte de baja y alta presión. A través de ella se descarga en el condensador el vapor refrigerante comprimido.



**PRESIONES Y TEMPERATURAS.**—Todo aumento de temperatura da por resultado un aumento de presión en el refrigerante y viceversa, el descenso de temperatura da lugar también a un descenso de presión. A la inversa, el cambio de presión motiva a su vez un cambio de temperatura en igual relación de más a menos. De ello se deduce también que, cuanto más alta sea a temperatura del medio refrigerador en el condensador (aire o agua) mayor deberá ser la presión del gas comprimido.

La presión tiene la misma propiedad del calor, tendiendo a equilibrarse entre los dos lados del sistema, a menos de que, por algún medio mecánico, se evite la igualdad. (Marcombo, 1978).

Con un control de la presión ejercida sobre el refrigerante en el evaporador, se obtienen temperaturas más bajas o más altas que las de su correspondiente punto de ebullición. Así por ejemplo, si en un sistema que utiliza R-12 como refrigerante para obtener en el evaporador una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  debe mantenerse en la parte baja del sistema una presión de 17 libras manométricas (25 libras de presión atmosférica). En cambio si la temperatura en el evaporador ha de ser de  $-18^{\circ}\text{C}$  (superior al del punto de ebullición de dicho refrigerante) corresponderá entonces una presión de 9 lbs/pul<sup>2</sup>. Y a la inversa, si interesa una temperatura en el evaporador de  $-1^{\circ}\text{C}$ , deberá entonces subir la presión de baja a 28,5 lbs/pul<sup>2</sup>.

La temperatura del ambiente circundante en los condensadores enfriados por aire, o bien la del agua en los que emplean este medio de enfriamiento, deberá ser siempre menor que la existente dentro del condensador a fin de que pueda efectuarse la transferencia del calor latente absorbido por el refrigerante en el proceso de evaporación. Así pues, las presiones de

condensación serán siempre mayores que las correspondientes a la temperatura del aire ambiente o del agua.

**Propiedades Generales de los refrigerantes.**—Para obtener una buena refrigeración, desde el punto de vista comercial, todo refrigerante debe reunir en el mayor grado posible las siguientes cualidades:

a) Calor latente de evaporación.—El número de calorías a obtener en su ebullición ha de ser muy elevado, a fin de emplear la menor cantidad posible de refrigerante en el proceso de evaporación, para obtener una temperatura determinada.

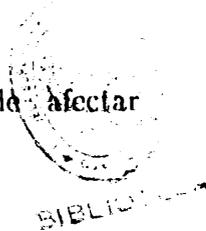
b) Punto de ebullición.—Deberá ser lo suficientemente bajo para que sea siempre inferior a la temperatura de los alimentos que se depositen en el refrigerador para su enfriamiento o conservación.

c) Temperatura y presiones de condensación.—Habrán de ser bajas para condensar rápidamente a las presiones de trabajo normales y a las temperaturas usuales del medio enfriador que se emplee en el condensador (aire o agua).

d) Volúmen específico del refrigerante evaporado.—Es el espacio que ocupa el refrigerante en estado de vapor; el cual ha de procurarse sea lo mas reducido posible.

e) Temperatura y presión crítica.—Todos los refrigerantes tienen un punto en que no condensan, por grande que sea la presión que se les aplique. esta temperatura se llama **punto crítico**, y la presión correspondiente a dicha temperatura se llama **presión crítica**. Por consiguiente, resulta necesario que dicho punto crítico sea bien alto.

f) Efecto sobre el aceite lubricante.—Todos los compresores requieren lubricación, por lo que la naturaleza del refrigerante no ha de afectar seriamente la del aceite empleado, descomponiéndolo.



g) Propiedad de inflamación o explosión.—Es muy conveniente que no sean inflamables o explosivos.

h) Acción sobre los metales.—No deben atacar los metales empleados en las diversas piezas de la instalación.

i) Propiedades tóxicas.—No deben ser, en modo alguno, tóxicos y, por consiguiente, no han de resultar nocivos para el cuerpo humano.

j) Facilidad de localización en las fugas.—Es muy interesante que por su composición resulten de fácil localización en las fugas que se produzcan en el sistema.

En los congeladores que se van a realizar las pruebas, se utiliza como refrigerante el R-12 que es uno de los compuestos de la familia de los generalmente llamados freón mas usados en refrigeración. Se compone de un átomo de carbono, dos de cloro y dos de flúor, para formar una molécula de Diclorodifluorometano. Su fórmula química es  $\text{CCL}_2\text{F}_2$ . No tiene olor ni color.

Su punto de ebullición es de  $-30^\circ\text{C}$ , a la presión atmosférica. En la figura 2, se detalla la relación entre presiones de aspiración, condensación y temperatura del medio enfriador empleado en el condensador.

El R-12 tiene un calor latente de evaporación mas bajo que el cloruro de metilo o anhídrido sulfuroso, lo que significa que se necesitará una cantidad ligeramente superior de R-12 para producir igual cantidad de refrigeración que empleando aquel como refrigeraute. Es cerca de tres veces mas denso que el

---

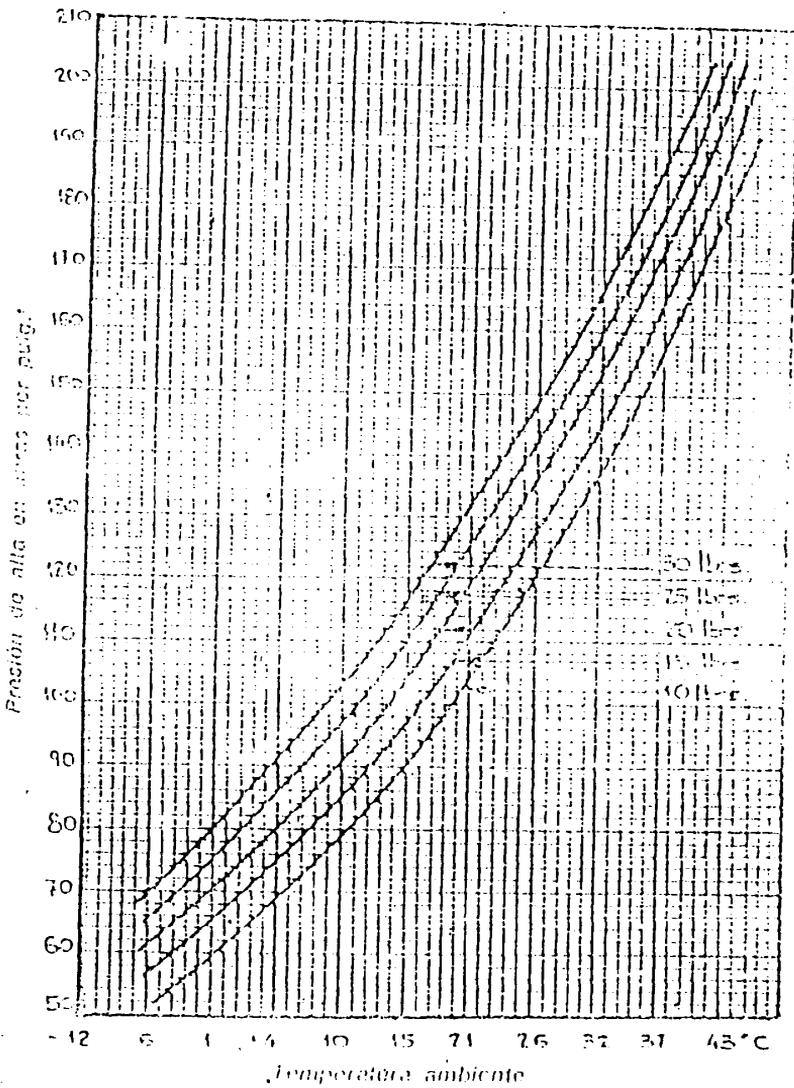
la piel; sin embargo, si se exponen a una llama se descomponen formando productos tóxicos sumamente irritantes. No son inflamables ni explosivos.

Debe evitarse que entre la humedad en el sistema, ya que forma partículas de hielo en la válvula de expansión, pero puede extraerse la humedad por medio de un filtro secador colocado en el sistema.

Como ya se indicó anteriormente, la función específica de la unidad condensadora, que es en sí la parte de mayor importancia de una instalación frigorífica, consiste en extraer el refrigerante evaporado del evaporador, comprimirlo en un punto en que pueda efectuarse la condensación y volverlo a su estado líquido de origen a fin de que se emplee nuevamente en el proceso de producción mecánica del frío.

Para poder deducir la capacidad del condensador correspondiente a la potencia frigorífica de un determinado compresor, que es la que se produce en el evaporador, deben añadirse las calorías del trabajo mecánico de compresión y rozamientos, para lo cual se utiliza curvas de estimación y que establecen la relación debida de acuerdo con las temperaturas de evaporación y condensación.

En cuanto a lo que respecta al rendimiento de un compresor frigorífico, debe tenerse en cuenta: 1.-El aumento de espacio muerto disminuye el rendimiento volumétrico del compresor, 2.-El aumento de la diferencia entre las presiones de descarga y de aspiración disminuye el rendimiento volumétrico, 3.-Dicho rendimiento volumétrico varía en sentido inverso a la relación de compresión, que es el resultado de dividir la presión absoluta de descarga por la presión absoluta de aspiración.



**FIGURA 2.-CURVA DE PRESIONES DE CONDENSACION A DIVERSAS PRESIONES DE ASPIRACION Y TEMPERATURA AMBIENTE.-R-12 (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)**

Para obtener la presión absoluta de descarga y de aspiración deben añadirse 15 lbs/pul<sup>2</sup> a la presión atmosférica señalada por los manómetros, cuando el sistema trabaja en vacío la presión absoluta de aspiración se obtiene reduciendo 30 pulgadas de la lectura en pulgadas del manómetro y dividiendo por 2.

La relación de compresión máxima que se considera como normal es de 10:1 y cualquier relación que se eleve por encima de este valor será siempre motivo de serias dificultades en un sistema frigorífico, ya que tendrá que soportar

indefectiblemente una temperatura de descarga anormal. Por consiguiente es importante, al escoger el tipo de compresor y refrigerante, calcular previamente la citada relación de compresión y evitar así los peligros que representa trabajar con una presión de aspiración muy baja en relación con la de descarga.

A continuación se describe un ejemplo que refleja su relación de compresión:

Ejemplo 1:	Presión de descarga:	160 lbs/pul <sup>2</sup>	
	Presión de aspiración:	10	
	Relación de compresión:		
	Alta presión abso.=	160+15	175
	Baja presión abs. =	10+15	25
			7:1

Se observa la gran influencia que la presión de aspiración tiene sobre la presión de compresión. las variaciones en la presión de descarga no producen en cambio un efecto demasiado notable.

#### TEMPERATURA DE CONDENSACION.

Dependiendo de los medios de enfriamiento, como promedio, pueden fijarse las siguientes temperaturas de condensación:

Aire:	Temperatura del aire a la entrada de condensador	30°C
	Aumento de temperatura a la salida del condensador	15°C
	Temperatura de condensación	45°C
Agua:	Temperatura del agua a la entrada del condensador	20°C
	Aumento de temperatura a la salida del agua	15°C
	Temperatura de condehsación	35°C

Naturalmente estos datos, que son los ideales para obtener el normal rendimiento de la unidad condensadora, se hallan siempre relacionados con la



superficie de radiación del condensador y del caudal de aire o agua, para poder mantener las diferencias de temperatura referidas.

En cuanto al evaporador, se puede anotar que su capacidad frigorífica depende de los siguientes factores:

- a) Superficie del evaporador
- b) Diferencia de temperaturas entre la ebullición del refrigerante y la que se desea obtener
- c) Coeficiente que varía de acuerdo con el tipo de evaporador a emplear, formación de hielo y otros factores.

El cálculo del evaporador, tiene por finalidad determinar la superficie necesaria para obtener la debida absorción de calorías por día durante el tiempo de funcionamiento del compresor. Cuanto mayor sea la superficie del evaporador y mayor la diferencia de temperaturas entre la ebullición del refrigerante y la que se desea obtener, mayor será su capacidad.

La escarcha que se produce en las paredes del evaporador, hace que descienda la temperatura del refrigerante en ebullición en el interior del evaporador, disminuya la producción frigorífica, aumente el tiempo de funcionamiento del equipo. Por esto es conveniente obtener un descarchado periódico.

Los controles automáticos constituyen uno de los factores de mas importancia en toda instalación frigorífica automática, ya que de su preciso y exacto funcionamiento depende la marcha perfecta del sistema, con la sucesión normal de los ciclos de parada y puesta en marcha y el mantenimiento uniforme de la temperatura que desee obtenerse.

La colocación del bulbo es de extrema importancia y en algunos casos determina el buen o mal funcionamiento del sistema. Las reglas fundamentales

establecen que el bulbo debe sujetarse a las mismas condiciones de temperatura existentes en la superficie del evaporador. A fin de asegurar un cierre perfecto de la válvula cuando el compresor deja de trabajar, el bulbo debe sujetarse en la línea de aspiración donde la temperatura sea la misma que la del evaporador durante el ciclo de parada.

**TUBO CAPILAR.**—A consecuencia de la simplicidad de diseño y de su reducido costo, se ha generalizado cada vez mas el empleo del tubo capilar como dispositivo regulador del refrigerante en los sistemas de refrigeración, especialmente en los armarios de uso doméstico, pequeños armarios comerciales, etc. prescindiendo así de las válvulas de expansión con la consiguiente reducción en el costo y en las dificultades de servicio. Particularmente se emplea el tubo capilar en combinación con compresores de tipo hermético. El tubo capilar es simplemente un tubo de cobre de diámetro muy pequeño (normalmente entre 0.7 y 1.2mm), que conecta el lado de alta presión al de baja y que, por lo general, va soldado a la tubería de aspiración con objeto de promover el intercambio de calor. No existe fórmula matemática que pueda dar la dimensión exacta para un capilar destinado a una determinada aplicación. De todas maneras se pueden utilizar como referencia o punto de partida curvas apropiadas que relacionan la longitud del tubo capilar con la capacidad de refrigeración, y la correspondiente curva del factor de corrección de dicha longitud en función del subenfriamiento del líquido.

Las finalidades principales del tubo capilar son:

- a) Suministrar la cantidad requerida de refrigerante al evaporador en las condiciones de trabajo previstas, y
- b) Permitir un equilibrio rápido de las presiones durante el período de parada.

La primera condición puede fácilmente cumplirse empleando bien un tubo capilar corto de pequeño diámetro, o un tubo capilar largo de mayor

diámetro. El segundo objetivo puede lograrse mas facilmente con tubos mas largos y de mayor paso, pero esto depende también del régimen de temperaturas deseado.

Para un rápido equilibrio de presiones se necesita una carga de refrigerante pequeña lo cual no siempre es posible, ya que dicha carga es proporcional al volumen interior del evaporador, por lo que, en consecuencia, cada sistema requiere un estudio adecuado.

Si ha de sustituirse un tubo capilar, se recomienda emplear siempre otro de la misma longitud y diámetro. Finalmente unas pocas palabras acerca del control de los sistemas que emplean unidades con tubo capilar: En vista de las características de equilibrio del sistema, no pueden utilizarse controles de presión para regular el sistema. Solamente pueden utilizarse controles de temperatura sensibles.

**CONTROLES.**—Existen dos sistemas distintos para accionar el mecanismo de parada y puesta en marcha del motor en el compresor de una instalación frigorífica electroautomática: Presostato o control de presión, y termostato o control de temperatura. Este último actúa por la presión creada en un bulbo y elemento termostático en virtud de los cambios de temperatura del refrigerante líquido empleado en dicho elemento.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DE PRUEBAS

En la página 41 se indican las 6 pruebas planificadas a realizarse; pero estas pruebas se proponen luego de realizar un análisis tentativo que permite elaborar el lineamiento o marco de referencia. Este análisis se presenta a continuación.

Se comprueba la respuesta exacta del control de temperatura en una cámara ambiental controlada, verificando el tiempo de encendido y apagado en tres posiciones diferentes: posición mínima, media y máxima. Esto permite

verificar los datos de operación indicados por el fabricante. Determino el control que mejor se ajusta a las especificaciones técnicas dadas en el plano suministrado por el fabricante, y que se indica a continuación:

**Fecha:** Octubre 24 de 1985

**Fabricante:** Robert Shaw

**Control:** RC-13275-2

condición	mínima	media	máxima
conecta	9°F	4°F	-2°F
desconecta	-9°F	-15°F	-22°F

En el proceso de mejoramiento del sistema se debe considerar la necesidad de utilizar partes y materiales existentes en las bodegas de la empresa. De igual manera se debe buscar el mejoramiento mas económico, que no demande nuevos diseños de partes con el concebido costo económico por concepto de importación y tiempo que todo esto conlleva.

El primer paso consiste en realizar una prueba de operación del congelador que era motivo de rechazo por parte de los usuarios. Este era el CAW-400-82 que tiene como aislante la lana de vidrio. En ese entonces la empresa ya adquiere la nueva tecnología del espumado automático con poliuretano, el mismo que tiene muchas ventajas sobre el aislante tradicional: -el tiempo de producción era mas corto,-Ocupaba menor espacio, -Permite una mayor consistencia al gabinete-No es atractivo para los roedores- mayor durabilidad- mas higiénico-. Como consecuencia se debe considerar el espumado como un requerimiento del nuevo modelo.



**PRUEBA INICIAL. DETERMINACION DE LA CARGA.**- Al iniciar las pruebas no se tiene el equipo apropiado. Es necesario solicitar al departamento de servicio técnico varios manómetros y el equipo de carga de refrigerante. Termocuplas no se tienen.

En forma aleatoria se determinan 3 congeladores del modelo CAW- 400 de bodega de producto terminado. Los manómetros son ubicados a la salida del compresor antes del condensador con las recomendaciones de las normas EMBRACO (Normas utilizadas en pruebas de compresores) y las normas ISO con el fin de leer la presión alta y otro a la entrada del compresor con el fin de leer la presión de baja.

Los datos de las presiones expresadas en psi de los 3 congeladores son los siguientes:

<b>FA416192</b>	<b>CAW-12</b>	<b>DZ 384198</b>
<b>-2 135</b>	<b>-2 130</b>	<b>-2 220</b>

De acuerdo a estos datos determina que existe presión negativa en el lado de baja. Consulté a los técnicos de la Compañía EMBRACO respecto a las presiones requeridas en el sistema. Ellos indican que es necesario mantener presiones de 2 a 5 psi en el lado de baja, y de 155 a 170 psi en el lado de alta. Para este nivel de presiones se necesitan de acuerdo a las pruebas 400 grs de freón, esto se determina inyectando el refrigerante con flujo lento y pausado para permitir que el sistema se estabilice y se registren valores de presión correctas.

Se detecta que los 400 gramos de Freón en el sistema que producen las presiones indicadas anteriormente, ocasionan el acumulamiento de escarcha en

la tubería de retorno, lo cual es un indicativo de exceso de carga. Entonces se procede a extraer refrigerante de forma lenta y pausada con el fin de eliminar la producción de escarcha. Al lograr este objetivo, nuevamente se detecta presión negativa en el lado de baja.

En este punto es necesario sospechar que alguna parte del sistema no está correcta. Al consultar las normas de EMBRACO bajo licencia Danfoss se determina que el modelo de prueba que tiene 375 cc y que utiliza un compresor de 1/4 Hp, requiere un capilar de 0.80 a 1.00 mm de diámetro interior. El modelo tiene instalado originalmente un capilar de 0.65 mm. Esto es un indicativo de que el capilar debe cambiarse. A manera de información se presenta la norma de EMBRACO para el sistema en estudio:

capacidad (lt)	compresor	capacidad	ref-com	$\phi$
275-450	ff8-5bk	855 btu/h	1/4	.8__9__1

Según la norma debe instalarse un capilar de diámetro de rango 0.8 y 1.0 mm. Pero en la bodega de materiales se disponen de capilares de 0.7 mm de diámetro. Con el fin de utilizar estas partes, se instala un capilar de 0.7 mm de diámetro y se procede a realizar las pruebas.

Se determina nuevamente la carga de refrigerante que corresponde al sistema, como resultado se obtiene un límite máximo de 270 gramos de refrigerante, un exceso de este límite siempre produce escarcha en la tubería de retorno. De todas maneras con los 270 gramos se registran presiones negativas en el lado de baja. Presumiblemente la variación del diámetro del capilar requiere una variación en la longitud del mismo. La teoría de los capilares indica que para permitir rápidamente un equilibrio de presiones en el paro, en marcha *cíclica*

se debe limitar la longitud de un capilar a un valor no superior a 5000 veces el diámetro interior.

La norma de la Unidad Hermética S.A. que fabrica compresores bajo licencia TECUNSEK, con pruebas realizadas por E. Kipp y H. Schmidt (Kaltetechnik, Agosto 1961) sugiere los siguientes datos para dos sistemas:

compresor	$\varphi$ (mm)	L(m)	Te	Frig/h
AE-5ZF9	.7	1.75	-25°C	132
AE-5ZF9	.7	1.50	-22°C	150
AE-4Z11	.8	2.0	-27.5°C	150

Estos datos permiten reflexionar en disminuir la longitud del capilar. Aparentemente esto es lo correcto, puesto que se debe por otro lado disminuir las caídas de presiones. Teoría adicional sobre los capilares se presenta en el anexo.

Realizo un conjunto de pruebas, con cortes progresivos de la longitud del capilar. Los resultados se presentan a continuación:

corte	longitud(mm)	$\phi_i$	niveles de las presiones
original	2349		desconecta conecta
primer	2234	0.7	-2 y 165/ 8 y 110 psi
segundo	1860	0.7	-4 y 140/ 10 y 75 psi
tercer	1770	0.8	0 y 160/ 11 y 15 psi
cuarto	1655	0.8	1.5 y 165/12 y 14 psi
quinto	1517	0.8	3 y 165 / 15 y 15 psi

Análisis de los resultados: con el primer corte, de acuerdo a la tabla las

presiones no se igualan en el instante previo al arranque del compresor, factor importante para prolongar la vida útil del compresor, además de que en estas condiciones el compresor está obligado a vencer una presión adversa de 75 psi que puede resultar que el compresor se dispare y no arranque.

Con el segundo corte, la diferencia de presión en la posición de conectado ha mejorado (disminuído) pero en la posición de desconectado continúan presiones negativas.

Los resultados demuestran que no es posible utilizar los capilares disponibles en bodega, su diámetro de 0.7 mm no permite que el sistema opere correctamente. El siguiente paso es ajustar el tamaño del capilar a la norma de Embraco bajo licencia Danfoss que determina un aumento de diámetro, se escoge uno de 0.8 mm y se realiza un corte a 1770 mm. De acuerdo a la tabla se observa que ya no existen presiones negativas en el instante en que el compresor desconecta y la diferencia de presión es apenas de 4 psi en estado de reposo, es decir el aumento de diámetro produce los resultados esperados.

Con el fin de igualar aun más las presiones es decir bajar la diferencia de presión de 4 psi, procedí a realizar un nuevo corte bajando a 1655 mm, y con el mismo diámetro de 0.8 mm. La tabla indica una diferencia de presión de 2 psi, y presiones positivas. Esto indica que los continuos cortes producen cada vez diferencias de presiones menores. Con este razonamiento realizo un quinto corte, reduciendo a 1517 mm. Los resultados indican que las presiones se han equilibrado en 15 psi en la posición de reposo, y no existen presiones negativas en el instante en que el compresor desconecta. Lo cual demuestra que se ha logrado el objetivo deseado. Como conclusión de estas pruebas se indica que se debe utilizar en el artefacto un capilar de 0.8 mm de diámetro

interior y de 1517 mm de longitud, con una carga de freón de 270.

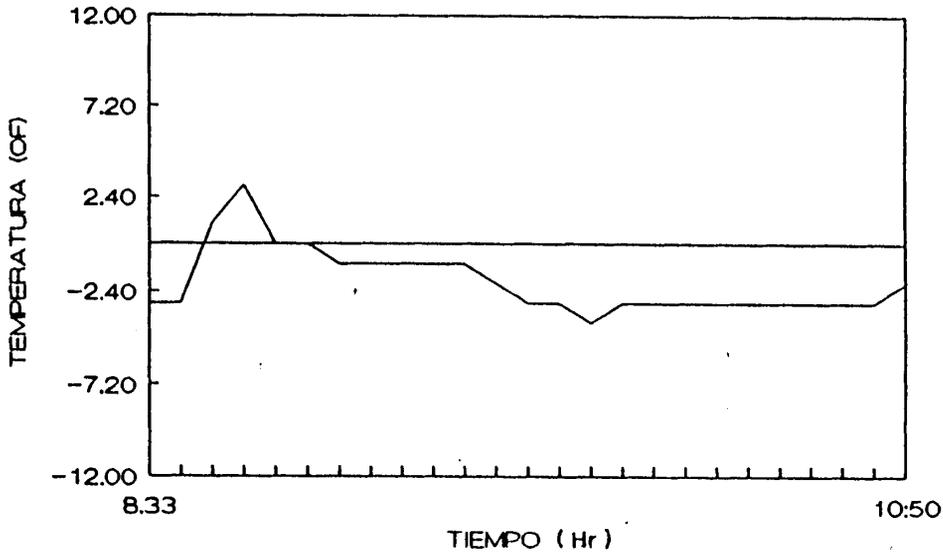
El siguiente paso de este proceso investigativo es el de analizar las características de operación del sistema, es decir el registro de las temperaturas internas del artefacto. La capacidad del compresor así como las dimensiones del capilar permiten determinar la temperatura en el evaporador de acuerdo a los abacos suministrados por la L'Unite Hermetique S.A (Ver anexo 2 y/o figura A.3) bajo licencia Tecumsek. Estos datos de referencia sirven para comparar con los registros de las pruebas. Para realizar estas pruebas la empresa tuvo que adquirir equipos tales como termocuplas cobre, constantan, con el termómetro digital, así como el termómetro con graficador marca Bacharach.

El modelo de rechazo con el reemplazo de la lana de vidrio por el poliuretano, con el nuevo capilar y la carga correspondiente de refrigerante constituye el congelador CAU-400-Nº 1, al mismo que se le somete a

pruebas de operación. Registro el comportamiento de la temperatura del centro geométrico en función del tiempo, los resultados se muestran en la figura 1.1.

La figura indica que el artefacto si hace ciclo entre valores de  $-3^{\circ}\text{F}$  y  $3^{\circ}\text{F}$  a una temperatura ambiente de  $80^{\circ}\text{F}$ , pero luego de permanecer por un período de 5 minutos apagado el compresor arranca, permaneciendo así por un tiempo de 2 horas y 10 minutos, sin lograr realizar su ciclo (en la figura anterior se puede observar la línea horizontal constante de la temperatura) justamente cuando la temperatura ambiente se había elevado sobre los  $85^{\circ}\text{F}$ . Por lo

expuesto presumo que el condensador no tenía la capacidad requerida par



**FIGURA 1.1 TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO DEL CONGELADOR CAW-400-82 (RECHAZADO POR EL USUARIO) PERO CON POLIURETANO de 33 mm (CAU-400 N° 1)**

a estas condiciones atmosféricas. El primer paso debe ser el de mejorar la capacidad de transferencia (expulsión) de calor cambiando el condensador, es decir el condensador original de marca Sparvel 133 cm<sup>3</sup> es sustituido por el modelo existente y disponible en la bodega de la empresa, es decir el de marca TBF500 de 425 cm<sup>3</sup> de volumen.

Este modelo se lo identifica como el CAU-400 N° 1 con condensador TBF500-425 cm<sup>3</sup>, el mismo que es sometido a las pruebas de operación. Los resultados de muestran en la figura 1.2. En dicha figura se observa que la temperatura del centro geométrico ha mejorado (descendido).

Lamentablemente se puede notar que en la parte exterior del gabinete existe

elevada humedad, que incluso moja el piso. El mejoramiento de la capacidad de refrigeración resulta en un incremento de la transferencia de calor. Se somete a pruebas de operación con control de la temperatura de las paredes del gabinete. Estas pruebas indican de que el espesor del aislamiento no es suficiente como para evitar que la temperatura del gabinete no descienda. Se intenta superar este problema aplicando una capa mas gruesa de poliuretano.

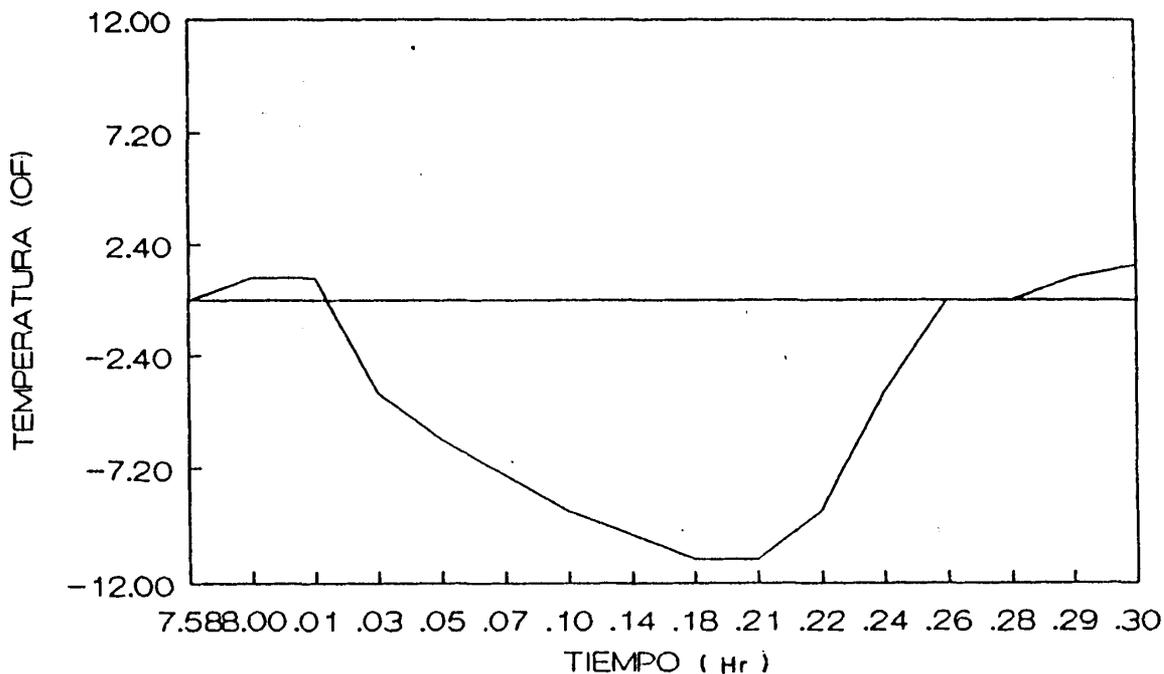
Las posibilidades en la línea de producción: métodos de trabajo, moldes, matrices permiten producir espesores de 58 mm de poliuretano. Con este nuevo espesor, se somete a las pruebas de operación y los resultados se presentan en la figura 1.3.

El nuevo aislamiento supera los problemas de exhudación a pesar de ser sometida a condiciones rigurosas de humedad en una cámara ambiental de pruebas. Por otra parte los ciclos se mantienen en forma constante y con buena capacidad frigorífica, lográndose niveles de temperaturas entre  $-14^{\circ}\text{F}$  y  $4^{\circ}\text{F}$ .

Finalmente con el objetivo de mejorar aún mas el rendimiento, se procede a cambiar el evaporador original del artefacto de rechazo, es decir el evaporador de tubo y varilla General Electric de 597 cc por uno de marca Bundy de 674 cc. Los resultados de operación en estas condiciones se presentan en la figura 1.4.

El gráfico muestra que la pendiente de la curva es mayor y que desciende a niveles mas inferiores (aprox.  $-15^{\circ}\text{F}$ ). Aqui es conveniente anotar que este comportamiento se asemeja a las características de operación del congelador horizontal modelo CD-400 (aprox.  $-12.5^{\circ}\text{F}$ ), indicando esto un resultado

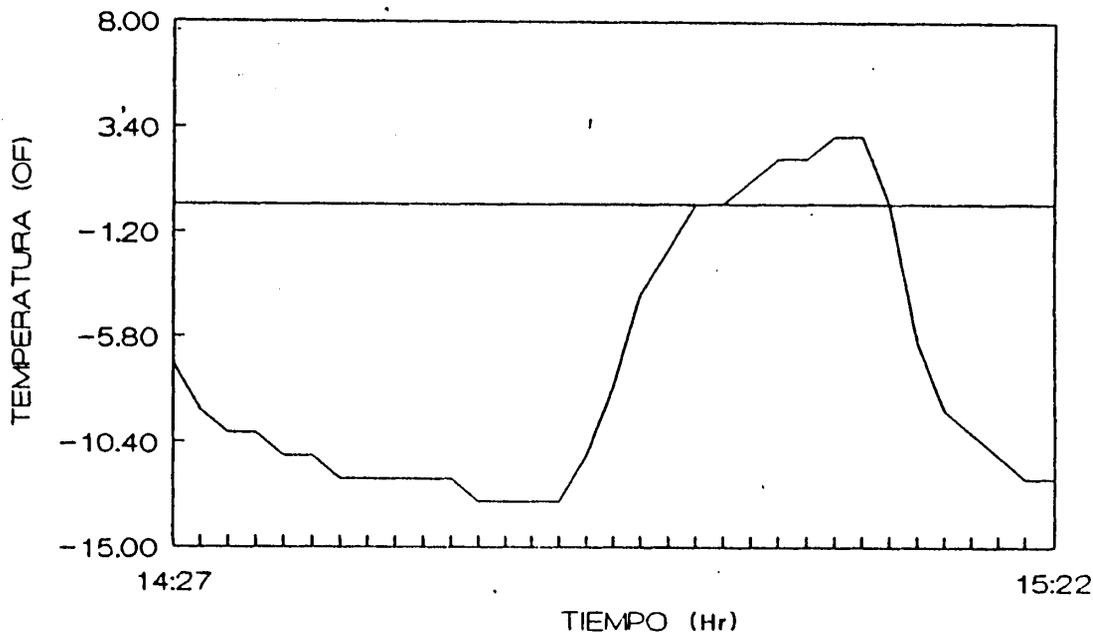
positivo.



**FIGURA 1.2** TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO DEL CONGELADOR DE RECHAZO CON DOS CAMBIOS: Instalación de poliuretano y cambio de condensador por el TBF 500-425 cm<sup>3</sup>.

Hasta este punto todas las pruebas desarrolladas no consideran condiciones de carga, ni de otras condiciones severas de trabajo. Esto conduce a asegurar aún mas un mejor rendimiento del artefacto. En las bodegas de materiales se tienen una gran cantidad de condensadores de 597 cc, y puesto que se ha incrementado la capacidad del evaporador, se presume teóricamente que es conveniente incrementar el tamaño del condensador, por lo tanto el nuevo paso es sustituir el condensador de 425 cc y reemplazarlo por uno de 597cc.

Las pruebas realizadas hasta este punto indican la pauta para continuar con

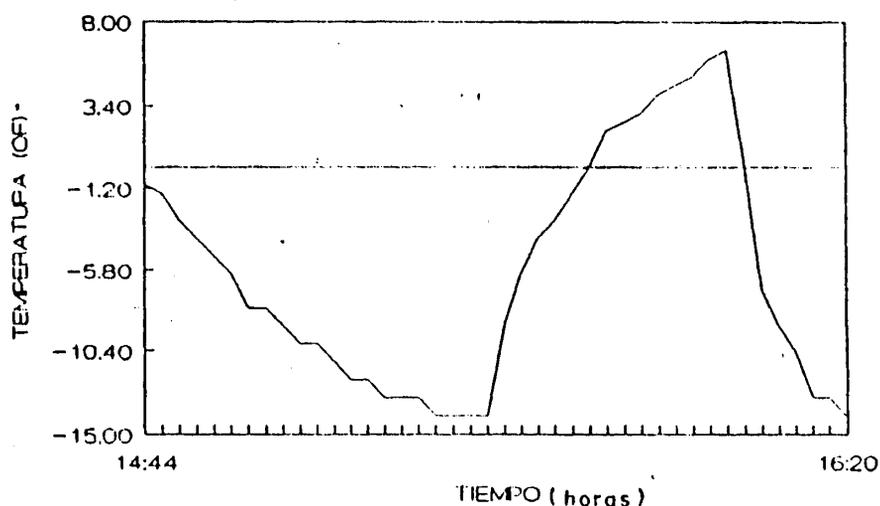


**FIGURA 1.3 TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO DEL CONGELADOR DE RECHAZO CON CONDENSADOR TBF500 425 CM<sup>3</sup> Y UN AISLAMIENTO DE ESPESOR DE 58 MM.**

las investigaciones. Los resultados indican los lineamientos del modelo que presumiblemente es el de mejor opción, que incorpora el condensador de 597 cc, como último cambio.

Debido a los costos de fabricación e inyección del poliuretano, se planifica en probar el modelo de mejor opción con un aislamiento de poliuretano de sólo 33 mm de espesor. Con estos dos modelos se planifica realizar un conjunto de pruebas que representen operaciones sin carga, con cargas y condiciones rigurosas de trabajo. Las pruebas de los dos modelos se realizan conjunta y simultáneamente con el congelador de rechazo que incorporaba lana de vidrio

como aislante. Los resultados de los tres artefactos permiten analizar comparativamente y obtener el modelo de mejor operación.



**FIGURA 1.4** TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO del congelador de rechazo con los siguientes cambios: espesor 58mm, evaporador 674 cc, condensador de 425cc.

A continuación se presentan los 3 modelos y las características de sus sistemas:

CARACTERISTICAS	CAW-400	CAU-Nº 1	CAU-Nº 2
compresor	1/4 HP	1/4 HP	1/4
capilar	0.80mm	0.8mm	0.8mm
long.capilar	1517mm	1517mm	1517mm
evaporador	674cc	674cc	674cc
condensador	597cc	597cc	597cc
	TBF-500	(TBF-500)	(TBF-500)
control automático	R-S	R-S	R-S
espesor aislamiento:	69mm	33mm	58mm
refrigerante	254gr	310gr	310gr
volumen tanque	319cc	375cc	375cc

Las pruebas planificadas son:

- 2.1 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DURANTE EL CICLO INICIAL
- 2.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DESPUES DE 24 HORAS DE OPERACION
- 2.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE CONGELADOR SOMETIDO A CONDICIONES DE TRABAJO (APERTURA Y CIERRE DE PUERTA)
- 2.4 PRUEBA DURANTE EL PERIODO DE RECUPERACION (EN APERTURA Y CIERRE DE PUERTA)
- 2.5 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL CONGELADOR SOMETIDO A CONDICIONES DE CARGA (UBICACION DE ALIMENTOS EN INTERIOR)
- 2.6 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DESPUES DE 24 HORAS DE OPERACION CON CARGA

Para el modelo de mejor opción se complementa con pruebas que permiten determinar la carga de refrigerante apropiada, reubicación del termostato, determinación del mejor control automático, balance de la presión de alta y baja.

Para las pruebas con carga de alimentos se utiliza la norma UL, la misma que utiliza una fórmula teórica de la estimación del peso de alimento y el uso de cubos de madera que representan el efecto de paquetes de alimentos.



## CAPITULO 2

### PRUEBAS EXPERIMENTALES

Antes de determinar los tres prototipos e iniciar las pruebas simultáneas se determina la carga de refrigerante y la característica del ciclo de refrigeración.

#### 2.1 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DURANTE EL CICLO INICIAL

\*Esta prueba se realiza con el fin de determinar la duración del ciclo el pull down y el run time de los prototipos.

Las definiciones siguientes son obtenidas de las normas ISO/DIS 8187:

**La duración del ciclo** es el período comprendido entre dos instantes de arranque sucesivos, o apagados sucesivos, bajo condiciones de operación estables, que se obtienen luego de 18 a 24 horas de continuo funcionamiento.

**Pull down** es el periodo en que el artefacto luego del inicio de su operación logra ciclar es decir realiza la primera operación de apagado del compresor debido a que en el interior del artefacto (centro geométrico) se ha registrado la temperatura requerida para activar al sensor (termostato o bulbo).

**El run time (RT)** es la relación que existe entre el tiempo que permanece el compresor prendido y el tiempo en que permanece apagado.

#### 2.2 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DESPUES DE 24 HORAS DE OPERACION

Esta prueba se realiza con el fin de conocer el comportamiento del artefacto en condiciones estables, mencionadas previamente de acuerdo a las



normas ISO/DIS 8187.

### **2.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE CONGELADOR SOMETIDO A CONDICIONES DE TRABAJO (APERTURA Y CIERRE DE PUERTA)**

Esta prueba determina la capacidad del artefacto para responder a condiciones simuladas de operación. Parte del problema de los congeladores de diseño original es la ineficiencia con que responden al uso por parte del usuario y se desestabilizan térmicamente ocasionando perjuicios a los alimentos almacenados.

Para realizar esta prueba, se utiliza la norma de procedimiento de los estándares ISO/DIS 8187. Los tres congeladores deben ser abiertos simultáneamente y permanecer así por un período de 15 segundos, luego del cual se procede a cerrar la puerta. Este proceso se repite cada 15 minutos (5 oportunidades).

### **2.4 PRUEBA DURANTE EL PERIODO DE RECUPERACION (EN APERTURA Y CIERRE DE PUERTA)**

Esta prueba es desarrollada a continuación de la anterior, es decir se concentra en los resultados luego de la última apertura de puerta. Se dá énfasis al período en el cual el artefacto cicla o sea su compresor se apaga luego de que la temperatura en el centro geométrico registra un mínimo, lo cual indica que la temperatura en el sensor o bulbo es la que comunica al compresor a desconectarse.

Para la prueba se cierra la puerta y se determina el período en el cual el compresor se apaga, y a su vez se registra la temperatura mínima a la cual llega el centro geométrico en el preciso instante en que cicla.

## **2.5 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL CONGELADOR SOMETIDO A CONDICIONES DE CARGA (UBICACION DE ALIMENTOS EN EL INTERIOR)**

Para realización de esta prueba se utiliza la norma ISO, la cual sugiere que por cada pie<sup>3</sup> de volumen del interior del tanque debe multiplicarse por el factor 2.57, y su resultado corresponde a una carga x de kilos de alimentos y es así como utilizamos 30 litros de agua que es el equivalente de carga para esta prueba.

La prueba permite estimar la capacidad del artefacto para mantener la temperatura adecuada de conservación de los alimentos. Se introducen los alimentos en el interior del artefacto, este experimenta un incremento de temperatura. Por un período de 7 horas se registran los valores de la temperatura del centro geométrico, los mismos que son graficados en función del tiempo. El análisis permite comprobar que cada artefacto se recupera es decir su temperatura interior desciende paulatinamente.

## **2.6 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DESPUES DE 24 HORAS DE OPERACION CON CARGA DE ALIMENTOS.**

Es la continuación de la prueba anterior, pero se estudia el comportamiento del artefacto para largos períodos de refrigeración con carga de alimentos. Es un indicativo de la capacidad de mantener las cargas a temperaturas lo suficientemente bajas, que eviten que se malogren los alimentos.

Se dá énfasis al período de 24 horas porque en principio se conoce que el artefacto alcanzaría en este tiempo su estabilidad.

### CAPITULO 3

#### PRESENTACION DE RESULTADOS DE PRUEBAS E

#### INTERPRETACION

#### RESULTADO DE PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DURANTE EL CICLO INICIAL

A continuación se presenta en la figura N 3.1 la curva de temperatura del centro geométrico en función del tiempo (ciclos iniciales) para los tres prototipos:

#### TEMPERATURA CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO (CICLO INICIAL)

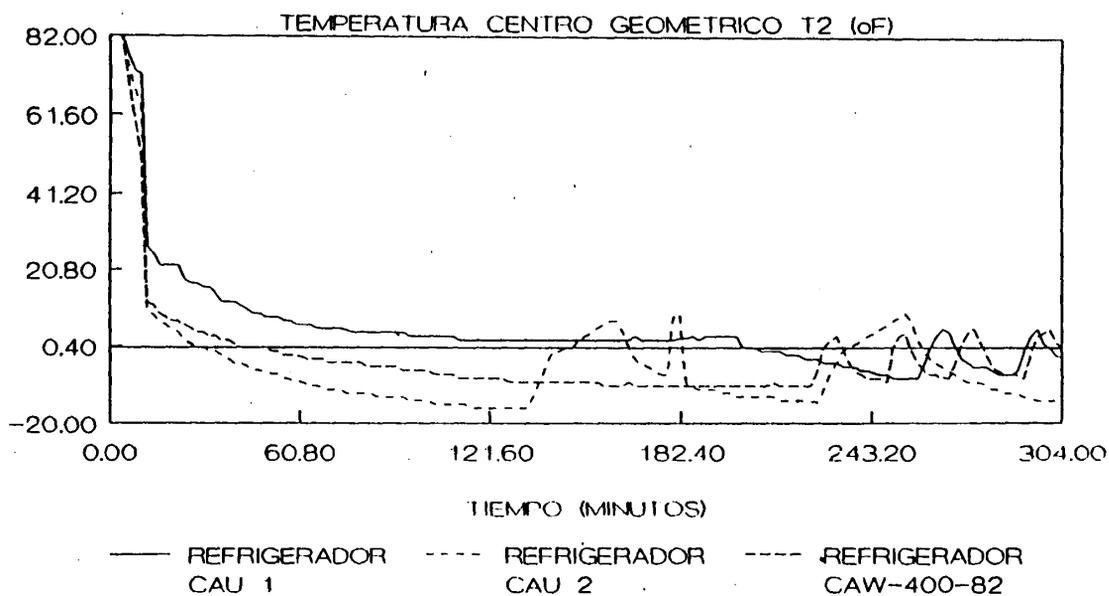


FIGURA N° 3.1 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN SU CICLO INICIAL

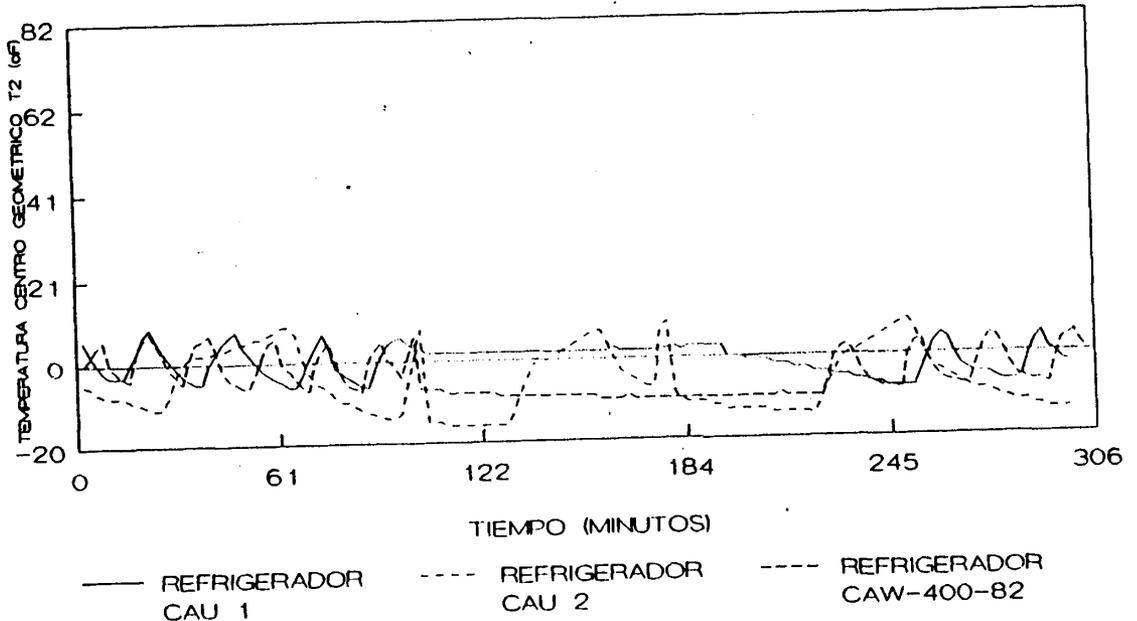
De la figura anterior, en su primer ciclo se obtienen los siguientes resultados:

CAU N° 1	CAU N° 2	CAW-400-82
P.D.= 5H10	3H00	4H37
R.T.= 72%	74%	69.56%

El prototipo CAU N° 2 tiene mejor pull down, y a su vez de acuerdo a la figura 3.1 registra una mejor temperatura de refrigeración (-16 °F) en el centro geométrico.

### RESULTADO DE PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DESPUES DE 21 HORAS DE OPERACION

#### TEMPERATURA CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO (DESPUES 21H)



**FIGURA 3.2 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN CONDICIONES DE ESTABILIDAD**

En la figura N° 3.2 se presenta el comportamiento de la temperatura del centro geométrico del artefacto en función del tiempo, para condiciones de estabilidad de operación.:

Esta prueba demuestra que la CAU N° 2 tiene el mejor run time, y la mejor

temperatura de refrigeración en el centro geométrico del artefacto, que se resumen a continuación:

CAU N° 1	CAU N° 2	CAW-400-82
R.T.= 61.90%	48.38%	57.145
TE = -5	-13	-5

Además de acuerdo a la figura anterior, la CAU N° 2 registra las temperaturas mas bajas de refrigeración, cumpliendo con nuestro objetivo de mejorar la capacidad frigorífica del artefacto.

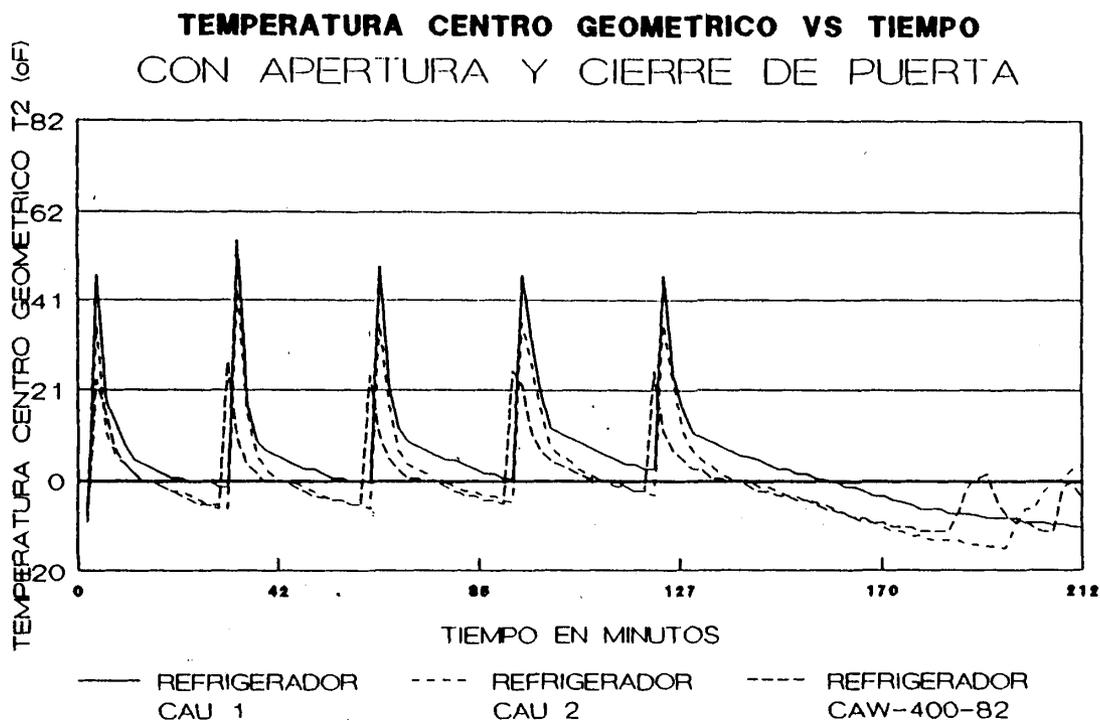
### RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL CONGELADOR SOMETIDO A CONDICIONES DE TRABAJO

En la figura 3.3 se muestra la variación de la temperatura del centro geométrico en función del tiempo, con el artefacto sometido a continuas aperturas de puerta.

La figura indica diferentes incrementos de temperatura para un mismo período de apertura de puerta, y a su vez los artefactos se recuperan en forma diferente, como se indican a continuación:

CAU N° 1	CAU N° 2	CAW-400-82
TE= 50°F	35°F	22°F
TE= -10°F	-15°F	-11°F

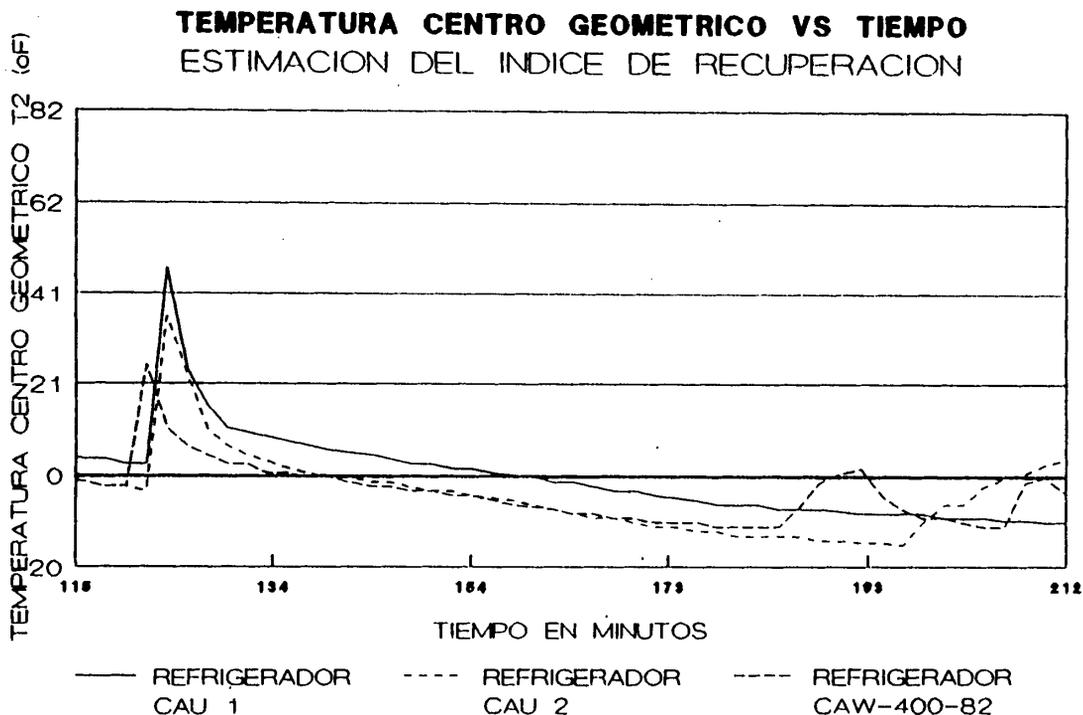
El artefacto CAU N° 2 alcanza mejores temperaturas en el centro geométrico que los otros dos modelos (-15°F)



**FIGURA 3.3 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO CON EL ARTEFACTO SOMETIDO A APERTURA Y CIERRE DE PUERTA.**

### **RESULTADO DE LA PRUEBA DURANTE EL PERIODO DE RECUPERACION EN APERTURA Y CIERRE DE PUERTA**

La figura 3.4 muestra el comportamiento de la temperatura del centro geométrico en función del tiempo, en el período de recuperación, luego de la última apertura de puerta:



**FIGURA 3.4 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO EN EL PERIODO DE RECUPERACION**

De la figura anterior se puede resumir la siguiente tabla:

CAU N° 1	CAU N° 2	CAW-400-82
TE= 50°F	35°F	22°F
TE= -10°F	-15°F	-11°F
tr= 77m	58m	46m
$\Delta T = 60^\circ\text{F}$	50°F0	33°F

Con el fin de asociar el descenso de temperatura durante el ciclo con el tiempo en que el artefacto logra dicho descenso y cicla, se puede definir un término que para propósitos de este informe se lo llama índice de recuperación, y que se lo expresa como sigue:



$$I.R = \frac{\Delta T}{t_r}$$

Donde  $\Delta T$  es el descenso de temperatura desde el punto máximo hasta la temperatura mínima en que se da el ciclado. Y  $t_r$  es el tiempo en que tarda el artefacto en lograr dicho descenso y por tanto ciclar. Con este análisis se obtienen los siguientes valores para I.R.

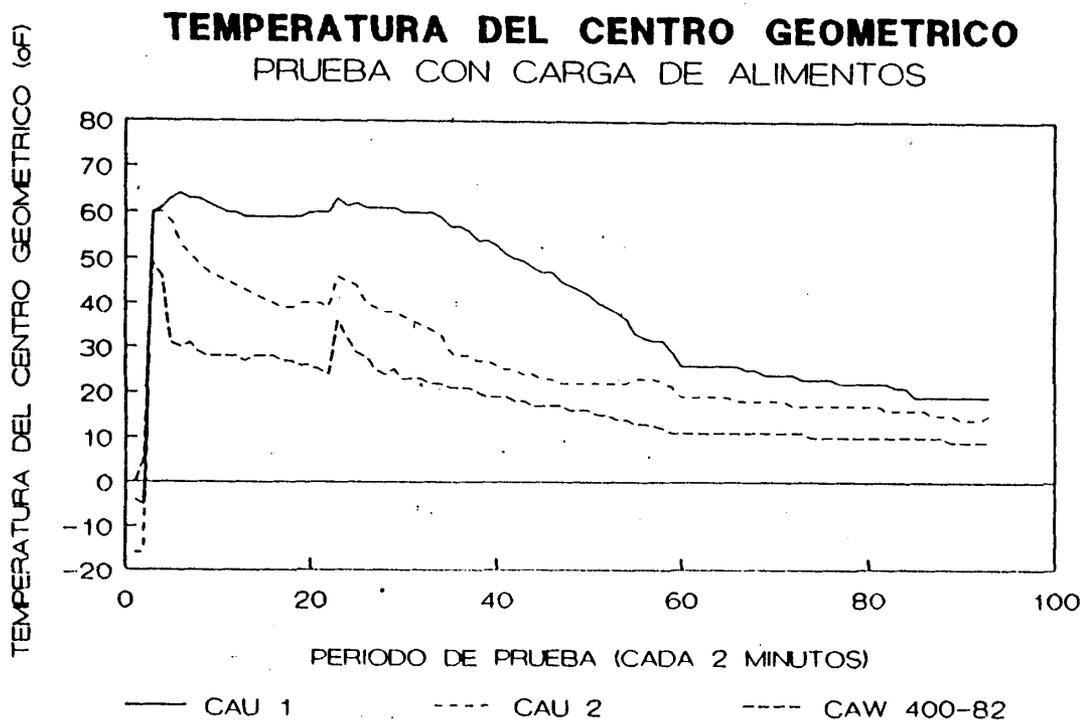
	CAU N° 1	CAU N° 2	CAW-400-82
I.R	0.78 °F/m	0.86°F/m	0.72°F/m

Una comparación de esta tabla, indica que el congelador CAU N° 2 tiene el mas alto indice de recuperación, es decir que a menor tiempo el descenso de temperatura del centro geométrico es mayor; lo cual es el que mejor satisface los parámetros de diseño exigido por el usuario.

Por otro lado se observa además que en el congelador CAU N° 2 la temperatura del centro geométrico (-15 °F) siempre se conserva mas baja que la de los otros artefactos (-10 °F y -11°F respectivamente) lo que satisface de igual forma el objetivo buscado.

## RESULTADOS DE LA PRUEBA CON CARGA DE ALIMENTOS

En la figura 3.5 se muestra el comportamiento de la temperatura del centro geométrico en función del tiempo. En esta figura se puede apreciar en el inicio de las misma el incremento de temperatura que experimenta el centro geométrico debido a la ganancia de calor que le producen las cargas de alimentos. Estos incrementos son diferentes. A continuación se aprecia en la curva la forma como el artefacto responde y en un período determinado permite que su temperatura vuelva a descender.



**FIGURA 3.5 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO EN FUNCION DEL TIEMPO CON EL ARTEFACTO CARGADO DE ALIMENTOS.**

Con el fin de analizar las tres curvas, utilizamos de nuevo el concepto de índice de recuperación. Los resultados son los siguientes:

	CAU N° 1	CAU N° 2	CAW-400-82
I.R	5.85°F/h	6.42°F/h	5.71°F/h

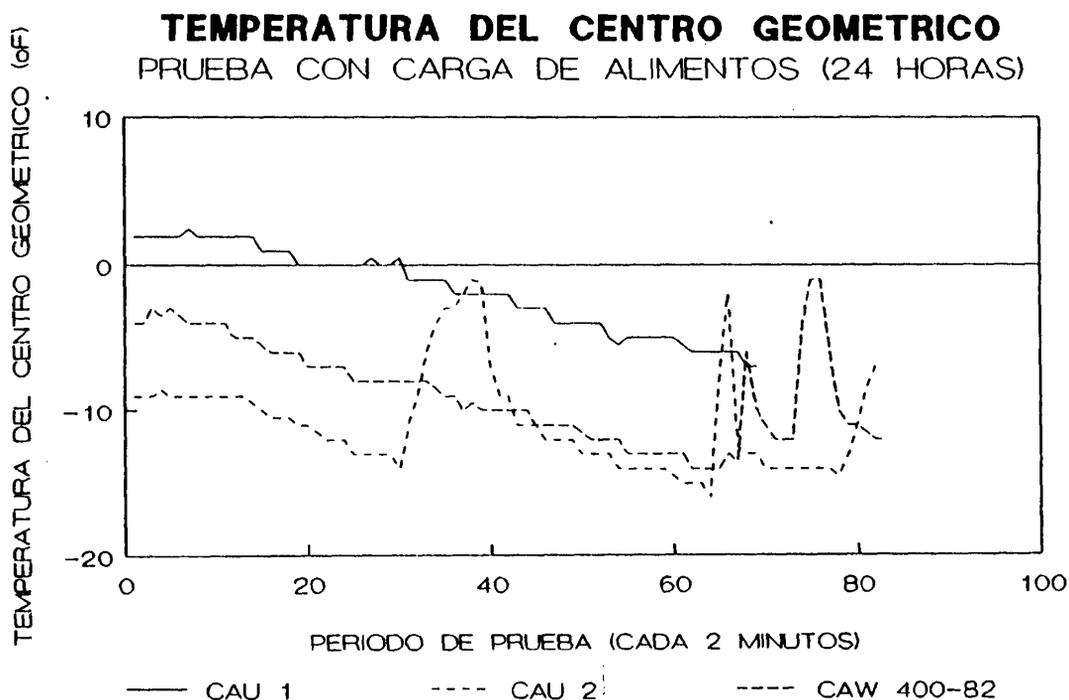
Nuevamente la CAU N° 2 tiene un mejor rendimiento de recuperación de su temperatura baja, puesto que en una hora desciende el centro geométrico aproximadamente 7 °F. Los otros dos artefactos tienen una rapidez de enfriamiento menor, esto es aproximadamente 6 °F por hora. Aunque esta diferencia aparentemente se considere pequeña se notará su mayor influencia en el análisis de la siguiente prueba.

## RESULTADOS DE LA PRUEBA DESPUES DE 24 HORAS DE OPERACION CON CARGAS DE ALIMENTOS

En la figura 3.6 se muestra la temperatura del centro geométrico en función del tiempo con el artefacto operando con cargas de alimento.

Las lecturas se empiezan a registrar luego de las 24 horas de continuo funcionamiento. Como se puede apreciar, el congelador CAU N° 2 es el primero en ciclar, y lo hace a una temperatura de  $-14^{\circ}\text{F}$  en un período de aproximadamente 24 horas después de introducidos los alimentos. Luego el compresor de este artefacto se acciona a una temperatura de  $-1^{\circ}\text{F}$  en el centro geométrico y desciende a  $-15^{\circ}\text{F}$  momento en el cual vuelve a ciclar y así sucesivamente de acuerdo a la figura.

El congelador CAU N° 1 no logra hacer su ciclo hasta las 29 horas después de introducidos los alimentos y a una temperatura mínima de  $-7^{\circ}\text{F}$  y el



**FIGURA 3.6** COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL CENTRO GEOMETRICO CON EL ARTEFACTO OPERANDO CON CARGAS DE ALIMENTO DESPUES DE 24 HORAS DE CONTINUO FUNCIONAMIENTO

congelador CAW 400-82 lo hace a las 30 horas y a una temperatura de  $-12^{\circ}\text{F}$ .

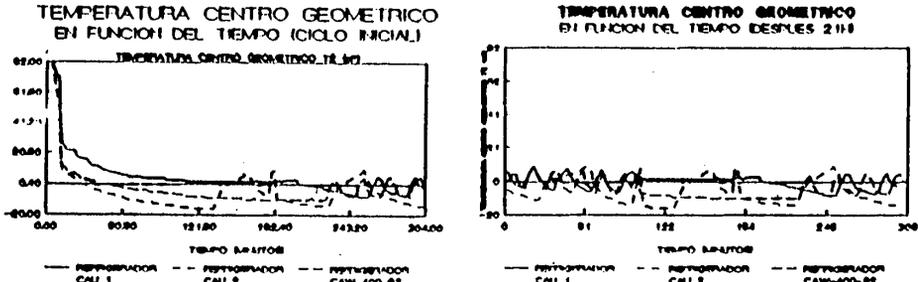
En resumen se aprecia que el congelador CAU N° 2 logra hacer dos ciclos mientras el CAW-400-82 ha hecho uno solo y el congelador CAU N° 1 no realiza ningún ciclo durante el período de pruebas. Además las temperaturas del CAU N° 2 son mas favorables para los objetivos de esta investigación.

En la página siguiente se presenta la figura N° 7 que en forma global muestra los resultados de todas las pruebas de funcionamiento del congelador CAW-400-82 en realizadas en los tres prototipos. Esta figura permite al lector comparar rapidamente los diferentes comportamientos de los congeladores sometidos a diferentes pruebas.

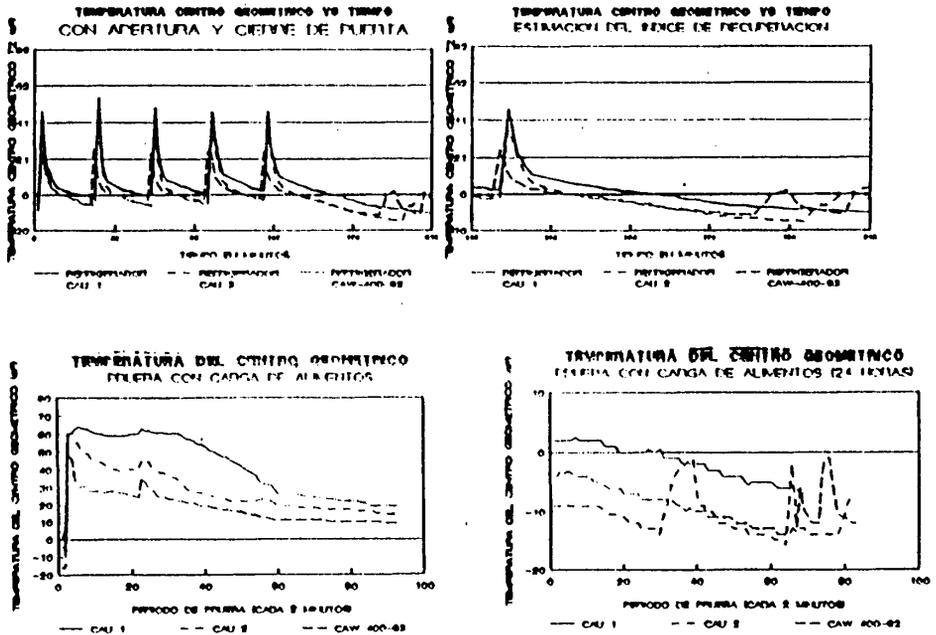
# RESULTADOS DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CONGELADOR CAW-400-82 EN 3 PROTOTIPOS

FUNCIONAMIENTO SIN CARGA, ABIERTA DE PUERTAS Y CON CARGA DE ALIMENTOS.

## Funcionamiento sin carga



## funcionamiento de apertura de puertas y carga de alimentos



**FIGURA No 7**

RECOPIADO POR JORGE CRESPO/JEFE DE PRUEBAS PARA APLICACION  
EN EL INFORME TECNICO DE LA ESPOL

## CAPITULO 4

### ALTERNATIVA DE SOLUCION Y RECOMENDACIONES

Luego de realizada las pruebas, es conveniente analizar, en base a los resultados, las características de cada uno de los prototipos, y decidir la mejor alternativa.

#### CONGELADOR CAW-400-82

A pesar de haber realizado los cambios en su diseño, este prototipo presenta los siguientes puntos negativos o limitaciones:

- a) el gabinete tiene un espesor de 69 mm como consecuencia el tamaño de su gabinete es demasiado grande.
- b) como consecuencia del punto anterior, el volumen interior del tanque esto es 319 cc<sup>3</sup> es menor que el volumen interior del congelador CAU-400 (igual a 375 cc<sup>3</sup>)
- c) otro defecto constituye el problema de la exudación. Constantemente la parte frontal superior del artefacto se presenta completamente húmeda, que incluso moja al piso especialmente en épocas de elevada humedad en el ambiente.
- d) El aislamiento de este artefacto debe ser mejorado, el proceso de instalar lana de vidrio como aislante en estos artefactos era obsoleto. La empresa ya ha mantiene el sistema de inyectar el espumado con poliuretano, con excelentes resultados. Este proceso se aplica como mejoramiento del prototipo.

#### CONGELADOR CAU N° 1

Este prototipo tampoco resulta ser una buena alternativa por las siguientes razones:

- a) La cañería antiexudación que ha sido instalada con el fin de elevar la temperatura de rocío y evitar la condensación que humedece el gabinete del artefacto; complica exageradamente la fabricación de este prototipo, debido a

las siguientes causas:

1.- Para la fabricación e instalación de estas cañerías se utiliza períodos adicionales en mano de obra y tiempo de máquina: costos extras de materiales, fabricación de platinas de sujeción, soldadura, construir dispositivos para conformar las cañerías.

2.- La ubicación de estas cañerías es complicada y se corren riesgos de malograrlas en las esquinas y curvaturas de las mismas, produciéndose obstrucción en el paso del refrigerante. Es necesario desarrollar nuevos procesos de fabricación y quizás es necesario adquirir una máquina adicional para la producción.

3.- Si se tiene obstrucción de las cañerías o agujeros prácticamente se pierde todo el tanque, puesto que en este prototipo se instala el aislamiento via espumado por inyección del poliuretano, que hace imposible operar en el interior del tanque sin la destrucción del mismo.

4.- La complicación anterior incide tanto en el proceso de fabricación como en un caso potencial de futuros reclamos de clientes con la imposibilidad de dar servicio de mantenimiento a dichas cañerías por las razones ya discutidas.

5.- Con el fin de superar los problemas, se debe eliminar dichas cañerías de calentamiento, lo cual significa que nuevamente tenemos que enfrentar el problema de la exudación del frontal del gabinete.

#### **CONGELADOR CAU-400 N° 2**

Los resultados determinan que este prototipo presenta las mejores condiciones de operación:

1.-En estado estable marca un aceptable RT

2.-Su pull down es el mejor, es decir que hace ciclo con prontitud y con



buena temperatura interna,

3.-Al someterse a la carga de alimentos se recupera en tan solo 24 horas.

4.-Su respuesta a la pérdida de frío debido a la apertura de puertas es el mejor de los tres prototipos, su índice fué de 86%, y los otros marcan índices de 78 y 72%.

5.-La temperatura del centro geométrico se ubica aceptablemente en niveles de conservación de alimentos.

6.-El espesor de 58 mm de espumado con poliuretano asegura un buen aislamiento que impede que la temperatura de la pared del gabinete no descienda y se eleve sobre la temperatura del rocío, evitandose la condensación de la humedad del ambiente. Por lo tanto ya no existe exudación en el gabinete. Ya no es necesario instalar cañerías antiexudación.



## C O N C L U S I O N E S

Este trabajo de investigación logra finalmente determinar luego de un conjunto de pruebas el prototipo que presenta las mejores condiciones de operación ajustadas a los requerimientos del usuario ecuatoriano.

Es necesario tomar precauciones para que en el futuro no se repitan estos problemas graves que afectan el prestigio de la empresa. Las pérdidas por los reclamos, reparaciones, así como los costos por el re-proceso y la instalación de nueva línea de producción, etc. se las estima que deben fluctuar en un 40 a 45% de las utilidades planificadas sobre este producto. Por otro lado la desconfianza que genera en los clientes es imposible de medirlo o cuantificarlo, pero incide inclusive en las ventas y comercialización de los otros productos fabricados en la empresa.

Como conclusión a lo expuesto, recomiendo que en la línea de producción exista un control severo desde los inicios del diseño mismo, así como en cada etapa del proceso. Se debe fabricar bien desde el inicio. Recomiendo además la creación de una oficina en la cual se desarrollen las normas de control de calidad apropiadas para el país. De igual manera recomiendo la instalación de un laboratorio de control y realización de auditorías de calidad. Instalé una cámara ambiental que simula las diferentes condiciones climáticas en las cuales el artefacto debe operar.

El trabajo investigativo por otro lado me permite obtener la suficiente información que me conduce a desarrollar sistemáticamente pautas o lineamientos aplicables a todos los productos fabricados:

i) **Capacitación del personal.**—Los datos numéricos de las pruebas permiten determinar con exactitud las características de la operación de los artefactos.

Así por ejemplo se advierte a los trabajadores de la línea de ensamble que determinado artefacto debe registrar un valor de temperatura en un tiempo fijado, la carga de refrigerante para tal modelo. Se indican los procedimientos para realizar la prueba: lectura del amperaje en el arranque y ii)

**Se desarrolla un programa de control:** Cada día se debe seleccionar por muestreo de la línea de ensamble un 10 % de la producción, para someterlas a las pruebas de rigor. Si la prueba era positiva, se autoriza el egreso de esos productos al mercado. Si es negativa se procede a desembalar un 10 % de los productos de bodega con el fin de chequar su operación. Si de este muestreo un artefacto es decir el 10%, resulta defectuoso, toda la producción de ese grupo regresa a la línea para realizar auditoría total.

También se realiza el muestreo y prueba del diámetro del capilar así como las lecturas de las presiones tanto de alta como de baja. La posición del bulbo debe ser ubicada de acuerdo al modelo del artefacto.

iii) **Se implementa un programa de control de los proveedores.** Se les entrega los límites de aceptación de los lotes (AQL) que oxila de acuerdo al tipo y funcionamiento de las partes y componentes. Así por ejemplo la norma en DUREX S.A determina defectos críticos mayores y menores. Comuunemente se escoje un AQL igual a 1% para defectos mayores, y un AQL igual a 2.5% para defectos menores. Los defectos críticos no son aceptados.

iv) **Se inicia la aplicación de un paquete estadístico (Statgrafics) de control de calidad con la utilización del computador.**

Todo este mejoramiento de los procesos, consecuentemente incide positivamente en lo resultados. Así por ejemplo:

a) El porcentaje de reclamos que es del 15 % , baja en el segundo año de implementación del programa a 5 %, con una tendencia a disminuir a pesar

de que las ventas se han incrementado.

b) Los costos por servicio de garantía descienden. En los años anteriores a la realización de este trabajo se registran gastos superiores al presupuesto determinado por la empresa para gastos de servicio (SERVIELEC). Varios años después de la implementación del programa el costo baja a un 40%.

C) Por otro lado las utilidades se incrementan, de acuerdo a los resultados del POA (PLAN OPERATIVO ANUAL). Los costos de producción descienden, puesto que los costos por re-proceso así como el tiempo demandado en las horas-hombre disminuye.

Finalmente, se debe anotar que este trabajo se debe realizar con prioridad en base a los resultados. La urgencia así lo amerita. Se debe considerar que la investigación no concluye, el tema puede servir para la realización de futuras investigaciones con perspectivas académicas y de mayor conceptualidad teórica. Sería muy interesante implementar la realización de las pruebas a través del uso del data logger (data acquisition), el cual permite registrar automáticamente los datos en la memoria del computador, y con la ayuda de la hoja electrónica realizar el gráfico de los mismos en función de varios parámetros. Esto permite observar instantáneamente y en cualquier momento el comportamiento actual del artefacto en prueba, y realizar inmediatamente los cambios que se requieran para obtener el mejoramiento de la operación.

APENDICE N° 1



**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: Marzo/87 (\*)=sin datos

**TABLA No 1 PRUEBA CICLO INICIAL**

CONGELADOR: CAU No 1

CAU No 2

CAW-DUREX 400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talf a
10.32	83	82	84	82	82	85	83	83	83	89
.33	83	82	84	82	82	84	*	83	85	89
.42	81	77	107	79	74	110	87	70	126	91
.46	79	73	108	77	68	121	81	60	129	90
.48	79	72	122	76	64	126	81	51	135	92
11.24	66	27	165	24	10.5	175	16	12	170	92
.26	64	25	166	21	8.5	176	14	11	170	95
.30	62	22	169	18	7	178	13	9	171	94
.32	60	22	170	17	6	179	11.5	8	172	93
.34	59	22	170	15	5	180	11	7	172	94
.36	56	22	172	13	4	181	10	7	173	93
.40	53	18	174	11	2	182	9	6	172	94
.42	51	17	174	11	1	182	8	5	173	94
.44	49	17	175	9	0	182	7	4	172	94
.46	46	16	175	8	0	182.5	6.5	4	172	93
.48	43	16	176	7	-1	183	6	3	172	95
.50	40	14	176	6	-1	183	5	3	172	94
.52	33	12	178	6	-2	183	5	2	172	94
.54	25	12	179	6	-3	184	5	2	171	94
.56	22	12	179	4	-4	184.5	4	1	171	95
.58	20	11	179	4	-4	185	4	0	172	96
12.02	19	10	180	2	-5	185	3	0	172	96
.04	18	9	181	2	-6	185	2.5	0	171	95
.06	17	9	181	2	-6	185	2	0	171	95
.08	17	8	181	1	-6.5	185	2	0	171	96
.12	16	8	181	1	-7	186	2	-1	172	96
.14	14	8	182	0	-7	186	1	-1	171	94

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: Marzo/87

**TABLA No 1 (CONTINUACION 1) PRUEBA CICLO INICIAL****CONGELADOR: CAU No 1****CAU No 2****CAW-DUREX 400**

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Tal a
12.16	14	7	183	0	-8.5	186	.5	-2	172	96
.18	13	6	183	-1	-9	186	0	-2	170	95
.20	13	6	183	-1	-9	186	0	-2.5	161	95
.22	13	6	183	-1	-10	186	0	-3	171	96
.24	12	5	183	-2	-10	186	0	-3	170	95
.26	12	5	183	-2	-10.5	186	0	-3	172	95
.28	11	5	183	-2	-11	187	0	-4	172	97
.30	11	5	184	-3	-11	187	0	-4	172	97
.32	11	5	184	-3	-11	187	-1	-4	172	95
.34	11	4.5	185	-3	-12	187	-1	-4	171	95
.36	11	4	184	-4	-12	186	-1	-4	171	94
.38	11	4	184	-4	-12	186	-1	-4	171	94
.40	10	4	184	-4	-12	186	-1	-5	172	96
.42	11	4	184	-4	-12	186	-1	-5	172	95
.44	10	4	184	-5	-13	186	-1	-5	172	95
.46	11	4	184	-5	-13	186	-1	-5	172	95
.48	11	4	184	-5	-13	185	-2	-5	171	94
.50	11	4	184	-5	-13	185	-2	-5	171	94
.52	10	4	184	-5	-13	185	-2	-6	172	95
.54	10	3	183	-6	-14	185	-2	-6	172	95
.56	10	3	183	-6	-14	185	-3	-6	171	94
.58	9	3	183	-6	-14	184	-3	-6	170	95
13.00	10	3	183	-6	-14	184	-3	-6	172	95
.05	10	3	183	-7	-15	185	-3	-7	172	98
.06	9	3	184	-7	-15	185	-3	-7	172	97
.08	9	3	182	-7	-15	185	-3	-7	172	96
.10	10	3	182	-7	-15	185	-3	-7	171	96

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: Marzo/87

TABLA No 1 (CONTINUACION 2) PRUEBA CICLO INICIAL

CONGELADOR: CAU No 1

CAU No 2

CAW-DUREX 400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Tal a
13.16	9	2	182	-8	-15.5	185	-4	-8	172	97
.18	9	2	182	-8	-15	185	-4	-8	171	97
.20	9	2	182	-8	-16	185	-4	-8	172	97
.22	9	2	182	-8	-16	184	-4	-8	170	96
.24	9	3	182	-8	-16	184	-4	-8	171	95
.26	9	2	182	-8	-16	184	-4	-8	171	96
.28	9	2	182	-8	-16	184	-4	-8	171	96
.30	9	2	181	-8	-16	184	-5	-8	170	96
.32	9	2	182	-9	-16	184	-5	-9	171	97
.34	8	2	181	-9	-16	184	-5	-9	171	97
.36	9	2	181	-9	-16	184	-5	-9	171	98
.38	8	2	181	-9	-16	184	-5	-9	171	98
.40	8	2	182	-9	-16	183	-5	-9	170	98
.42	8	2	182	-5	-12	177	-6	-9	171	98
.44	8	2	181	-1	-8	172	-5	-9	171	98
.46	8	2	183	3	-4	168	-5	-9	170	97
.48	8	2	183	6	-1	164	-6	-9	170	97
.50	8	2	183	8	-1	160	-5	-9	171	98
.52	8	2	183	10	0	158	-5	-9	171	97
.54	9	2	183	12	0	156	-5	-9	171	97
.56	8	2	183	14	2	154	-5	-9	170	98
.58	9	2	183	15	3	152	-5	-9	171	97
14.00	9	2	183	16	4	150	-5	-9	171	98
.02	9	2	183	17	5	149	-6	-10	170	97
.04	9	2	184	19	6	148	-6	-10	171	97
.06	9	2	183	20	7	147	-6	-10	170	97
.08	8	2	183	21	7	146	-6	-10	170	97

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: Marzo/87

TABLA No 1 (CONTINUACION 3)

PRUEBA CICLO INICIAL.

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talfa
14.10	9	2	183	12	4	152	-6	-9	171	98
.12	9	2	183	8	0	155	-6	-10	170	97
.14	10	3	183	6	-3	159	-6	-10	170	97
.16	9	2	183	4	-4	162	-6	-10	170	98
.18	9	2	183	2.5	-5	164	-6	-10	170	97
.20	9	2	183	2	-6	166	-6	-10	170	98
.22	8	2	184	1	-7	167	-6	-10	170	98
.24	9	2	183	0	-7	169	-6	-10	170	98
.26	9	2	184	0	-8	170	-6	-10	170	98
.28	9	2.5	183	-1	-9	171	-6	-10	171	96
.30	10	3	183	-1	-9	172	-6	-10	170	97
.32	9	2	183	-2	-10	173	-6.5	-10	169	96
.34	9	3	183	-2	-11	174	-6	-10	169	96
.36	9	3	183	-3	-11	174	-6	-10	170	96
.38	10	3	182	-3	-11	174	-6.5	-10	169	95
.40	9	3	182	-4	-11	174	-6	-10	169	94
.42	10	3	182	-4	-12	174	-6	-10	169	93
.44	10	3	182	-4	-12	174	-6	-10	168	92
.48	5	0	182	-5	-13	174	-7	-10	168	91
.50	4	0	181	-5	-13	174	-6.5	-10	167	90
.52	3	0	180	-5	-13	174	-6	-10	167	90
.54	3	-1	180	-5	-13	175	-6	-10	168	89
.56	2	-1	180	-5	-13	174	-6	-10	166	88
.58	2	-1	179	-5	-13	175	-6	-9	165	88
15.00	2	-1	179	-5	-13	175	-6	-10	166	88
.02	1	-2	179	-6	-14	175	-6	-10	167	86
.04	1	-2	178	-6	-14	175	-6	-10	167	86

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: Marzo/87

TABLA No 1 (CONTINUACION 4)

PRUEBA CICLO INICIAL.

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talfa
15.06	1	-2	177	-6	-14	175	-6	-10	166	86
.08	1	-3	177	-6	-14	175	-6	-10	166	85
.09	1	-3	176	-7	-14	174	-6	-10	164	85
.10	1	-3	177	-7	-14	174	-2.5	-6	161	84
.12	1	-4	176	-7	-14.5	174	2.5	0	155	84
.14	1	-4	176	-4	-11	168	7	2	152	84
.16	0	-4	175	0	-7	162	9	3	157	84
.18	-05	-5	175	3	-4	158	1.5	-0	158	84
.20	-05	-5	174	6	-1	155	-1	-4	159	84
.22	0	-5	174	8	.5	151	-3	-6	159	83
.24	-.05	-6	174	11	1	148	-4	-7	159	84
.26	-1	-6	173	12	2	146	-5	-8	160	85
.28	-1	-6.5	173	14	3	144	-5	-8	160	84
.30	-1.5	-7	173	16	4	142	-5.5	-8	160	84
.32	-2	-7	172	17	5	141	-6	-9	154	83
.34	-2	-8	170	18	6	139	3	0	151	84
.36	-2	-8	171	19	7	138	7	3	147	84
.38	-2	-8	172	20	8	137	9	4	153	84
.40	-3	-8	170	21	9	136	1	-1	153	83
.42	-3	-8	170	15	7	140	-2	-4	155	84
.44	-3	-4	166	10	2	143	-3	-6	155	83
.46	-3	0	161	7	-1	147	-5	-7	155	83
.48	0	3	156	4	-3	150	-5	-7	155	83
.49	4	5	155	4	-4	151	-5	-7.5	157	83
.51	8	4	158	3	-5	153	-5.5	-8	153	84
.52	10	0	159	2	-6	154	-1	-4	151	83
.54	9	-3	160	1	-7	156	3	1	147	85

CONGELADOR: CAU No 1



**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87 (\*) = sin datos

**TABLA No 2 OPERANDO DESPUES DE 21 HORAS.**

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talf
8.00	9	6	137	2	-5	134	2	0	135	79
.02	9	3	138	1	-5.5	135	3.5	2	135	79
.04	5	0	139	0	-7	138	7	4.5	133	79
.06	2	-2	142	0	-7.5	140	10	6	130	79
.08	0	-3	144	-.5	-8	144	1	0	136	80
10	0	-3	146	-1	-8	145	-1	-2	138	80
.12	-1	-3	147	-1	-8	147	-1	-3	140	81
.14	2	0	146	-2	-9	149	-2	-4	141	81
.16	5	3	144	-2	-9.5	150	4	3	138	81
.18	10	7	140	-3	-10	151	9	6	135	81
.20	12	9	138	-4	-11	152	11	8	132	82
.21	11	6	141	-5	-11	152	7	5	136	82
.22	11	3	141	-5	-11	151	4	2	137	82
.24	6	1	142	-2	-7.5	148	0	-1	138	81
.26	3	-1	144	2	-3	143	-2	-3	140	81
.28	0	-3	145	5	0	139	-3.5	-5	140	82
.30	-.5	-4	146	7	1.5	137	2.5	1	138	81
.32	-2	-5	147	8	2	134	7	5	135	81
.33	-2.5	-5	148	9	2	133	8	6	134	81
.35	2	0	146	11	2	131	10	7	131	81
.36	4	2	144	11	3	131	7	4	135	81
.38	7	5	140	12	3	128	0	-2	137	81
.40	*	*	*	14	4	127	-3	-4	138	81
.41	11	8	138	14	4	127	-3	-5	139	81
.42	10	4	140	15	5	126	-4	-6	139	81
.43	9.5	4	141	15	5	126	-5	-6	139	81
.44	7	2	142	16	6	125	0	-3	138	81

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 3 APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS**

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Tal fa
10.03	-4	-8	153	0	-6	141	-6	-9	150	84
.04	30	47	151	29	35	142	28	23	148	83
.05	16	18	152	19	11	145	16	15	150	83
.06	14	13	152	13	6	146	13	7	151	84
.07	16	8	152	11	4	148	7	4	151	84
.08	17	5	152	10	2	149	4	2	152	84
.09	16	4	153	8	0	150	1	0	154	84
.10	11	3	154	7	0	151	1	0	155	84
.11	8	2	155	6	-1	152	0	-1	155	84
.12	6	1	155	5	-2	153	0	-2	156	84
.13	4	1	155	4	-2	154	-1	-3	156	84
.14	3	0	156	3	-3	154	-1	-3	157	84
.15	2	0	157	3	-4	155	-2	-4	157	84
.16	1	0	157	1	-5	156	-2	-5	158	84
.17	1.5	-1	158	1	-5	157	-3	-5	158	84
.18	2	-1	158	0	-6	157	-3	-6	159	84
.19	31	55	158	30	44	157	28	27	159	84
.20	16	17	160	19	15	159	11	9	161	85
.21	14	9	161	13	6	160	6	4	162	85
.22	16	6	160	11	3	161	3	2	162	85
.23	16	6	161	10	1	162	2	0	163	85
.24	15	5	162	8	0	162	2	0	163	85
.25	13	4	162	7	0	163	1	0	163	85
.26	10	3	163	6	-1	163	0	-1	164	86
.27	7	3	163	5	-2	164	0	-2	164	85
.28	5	2	163	4	-3	164	-1	-3	164	85
.29	4	1	164	3	-4	165	-1	-3.5	164	85

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 3 APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS (cont. 1)**

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC1	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talf
10.30	3	1	163	2	-4	165	-1.5	-4	164	85
.31	3	0	164	1	-5	165	-2	-4	165	85
.32	3	0	165	1	-5	165	-3	-5	165	85
.33	3	0	164	0	-6	166	-3	-5	165	86
.34	29	49	165	29	36	166	27	24	166	86
.35	17	21	164	30	17	167	13	10	168	86
.36	17	12	164	14.5	7	168	7	5	168	86
.37	18	9	166	17	4	168	5	3	168	87
.38	18	8	166	11	3	169	3	1	168	87
.39	15	7	167	9	2	169	2	1	168	87
.40	12	6	167	8	0	169	2	0	169	87
.41	10	5	167	7	0	170	1	0	169	87
.42	8	5	168	6	-1	170	0	-1	169	87
.43	7	4	168	5	-2	171	0	-2	169	87
.44	6	3	168	4	-2	171	0	-3	169	81
.45	5	2	168	4	-3	171	-1	-3	169	87
.46	4	2	167	3	-3	171	-1	-4	170	88
.47	4	1	168	2	-4	171	-2	-4	170	87
.48	4	1	169	2	-4.5	171	-3	-5	170	88
.50	24	32	169	26	27	171	24	22	171	86
.51	21	20	*	20	16	172	15	11	172	86
.52	20	12	169	15	8	173	9	7	173	87
.53	21	11	170	14	6	173	7	5	173	86
.54	19	10	170	13	5	173	6	4	173	87
.55	13	9	170	11	3	173	5	3	173	87
.56	11	8	171	9	2	174	3	2	174	87

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 3 APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS (cont. 2)**

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talfa
10.57	10	7	171	9	1	174	3	1	174	87
.58	10	6	171	7	0	174	2	1	174	87
.59	8	5	171	6	0	174	2	0	174	87
11.00	8	4	171	5	-1	175	1	-1	174	87
.01	7	4	172	5	-2	174	0	-1	174	87
.02	6	3	172	4	-2	174	0	-2	174	87
.03	7	3	172	3	-3	175	0	-2	174	87
.04	28	47	171	28	36	175	24	25	174	87
.05	19	24	173	21	23	176	13	11	174	88
.06	20	16	173	17	11	176	9	7	176	88
.07	20	11	173	14	7	176	6	5	176	88
.08	19	10	173	13	5	176	5	3	176	87
.09	14	9	172	11	3.5	177	4	3	176	87
.10	12	8	173	10	2	177	3	1	176	88
.11	11	7	174	8	1	177	2	1	177	88
.12	01	6	175	7	0	178	1	0	177	89
.13	9	5.5	174	6	0	178	1	0	177	89
.14	8	5	174	6	-1	177	0	-1	177	88
.15	8	4	175	5	-1	178	0	-2	177	88
.16	7	3	174	4	-2	178	-1	-2	177	89
.17	7	3	174	3	-3	178	-1	-3	177	90
.18	7	2	174	3	-3	179	-2	-3	177	88
.19	6	2	174	2	-4	179	-2	-4	177	88
.20	5	1	173	2	-4.5	179	-2	-4	177	88
.22	4	0.5	173	1	-5	179	-3	-5	177	88
.24	4	0	174	0	-6	179	-3.5	-6	176	89
.26	3	-1	173	-1	-7	179	-4	-6.5	176	88

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 3 APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS (cont. 3)**

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Tal a
11.28	3	-1	173	-1	-8	179	-5	-7	176	88
.30	3	-2	173	-2	-9	179	-5	-8	176	89
.32	2	-3	173	-3	-9	179	-6	-8	175	88
.34	2	-3	172	-4	-10	179	-6.5	-9	176	88
.36	0	-4	172	-4	-11	179	-7	-9	175	88
.38	1	-4.5	172	-5	-11	180	-7	-10	175	89
.40	0	-5	172	-5	-12	179	-8	-10	175	88
.42	0	-6	173	-6	-12	180	-8	-10	175	90
.44	-1	-6	172	-6	-13	180	-8	-11	175	89
.46	-1	-6	172	-7	-13	179	-9	-11	175	88
.48	-1	-7	172	-7	-13	180	-9	-11	175	89
.50	-1	-7	172	-7	-13	180	-9	-11	174	88.5
.52	-1	-7	172	-8	-14	180	-4	-6.5	172	89
.54	-2	-7.5	172	-8	-14	180	2	-1	166	88
.56	-2	-8	172	-8	-14.5	180	6	1	162	89
.58	-2	-8	173	-8	-14.5	180	7	2	161	90
12.00	-2	-8	172	-9	-15	180	-2	-4	166	89
.02	-3	-8	172	-9	-15	180	-5	-7	167	89
.04	-3	-9	172	-3	-10	172	-7	-9	168	89
.06	-3	-9	173	2	-6	177	-7	-9	169	90
.08	-3	-9	172	6	-2	172	-8	-10	170	89
.14	-3	-9.5	172	13	0	153	-9	-11	171	89
.16	-3	-9.5	172	14	1	151	-9	-11	171	90
.20	-4	-10	173	17	3	148	1	-1	164	90
.21	-3.5	-10	173	18	4	147	4	0	161	91

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 4 PRUEBA CON CARGA DE ALIMENTOS**

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Tal f a
9.32	-1	-4	147	-7	-16	158	0	0	145	81
.36	-1	-5	149	-7	-16	161	8	5	140	82
.39	39	60	148	37	60	164	37	49	147	81
.40	37	61	148	38	60	165	39	46	150	82
.42	29	63	149	39	58	167	40	31	155	82
.44	41	64	152	39	53	169	40	30	160	83
.46	41	63	154	40	51	161	41	31	164	83
.48	43	63	155	42	49	173	43	29	168	83
.52	44	61	158	42	46	175	51	28	175	83
.54	45	60	159	42	45	176	52	28	176	83
.56	43	60	159	43	44	177	53	28	179	83
.58	44	59	160	47	43	178	53	27	181	83
10.00	47	59	161	49	42	179	54	28	184	83
.02	49	59	162	51	41	179	54	28	186	83
.04	50	59	162	52	40	180	54	28	186	83
.06	52	59	163	53	39	181	54	27	188	83
.08	54	59	163	53	39	181	54	27	189	82
.10	54	59	163	54	40	182	54	26	190	83
.12	57	60	164	55	40	182	53	26	192	83
.14	58	60	164	55	40	182	53	25	192	82
.18	60	60	165	56	39	183	52	24	194	83
.20	65	63	166	63	46	183	58	36	196	83
.22	65	61.5	165	61	45	183	57	32	196	82
.24	64	62	166	60	44	184	56	29	196	83
.26	64	61	165	60	40	183	55	28	197	82
.28	64	61	166	60	39	183	53	25	198	82.5

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 4 CARGA DE ALIMENTOS (conf. 1)**

CONGELADOR: CAU No 1

CAU-No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talf
10.30	64	61	165	60	38	182	52	25	197	82
.32	64.5	61	165	59	38	182	51	24	199	82
.34	64	60	165	59	37	183	48	23	199	83
.36	64	60	165	59	36	182	47	23	198	83
.38	64	60	165	59	35	183	44	23	199	83
.40	64	60	166	60	34	182	41	22	199	84
.45	64	59	165	60	33	182	36	22	198	85
.55	64	57	166	60	29	183	26	21	200	84
11.00	64	57	167	60	28	184	26	21	199	84
.05	64	56	167	60	28	184	25	21	199	84
.10	63	54	168	59	27	185	24	20	199	84
.15	63	54	168	59	27	185	24	19	199	84
.20	63	53	168	59	26	185	23	19	199	84
.25	63	51	168	59	25	185	23	19	198	84
.30	62	50	169	58	25	186	22	18	197	86
.35	62	49	169	58	24	186	22	18	198	86
.40	62	48	169	58	24	185	21	17	197	86
.45	61	47	170	57	23	187	21	17	198	87
.50	61	47	170	57	23	188	21	17	198	87
.55	61	45	171	57	22	189	21	17	197	87
12.00	60	44	171	56	22	188	21	16	197	87
.05	60	43	171	56	22	189	21	16	197	87
.10	60	42	172	55	22	189	20	16	197	88
.15	59.5	40	172	55	22	190	20	15	196	88
.20	59.5	39	173	54	22	190	20	15	196	89
.25	59	38	173	53	22	190	19	14	196	88
.30	59	36	174	53	22	192	19	14	197	89

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 4 CARGA DE ALIMENTOS (cont. 2)**

CONGELADOR: CAU No 1

CAU-No 2

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talfa
12.45	58	33	176	51	23	194	18	13	196	88
.50	58	32	176	51	23	193	18	13	196	89
.55	58	31	176	50	23	194	17	12.5	196	88
13.00	58	31	176	50	22	195	17	12	197	89
13.15	58	29	177	48	21	197	16	11	196	89
.50	57	26	176	42	19	195	15	11	195	89
.55	56	26	176	42	19	195	15	11	194	89
14.00	56	26	177	41	19	196	15	11	194	89
.05	56	26	177	39	19	196	15	11	194	89
.10	56	26	177	38	19	197	15	11	194	89
.15	56	26	177	36	19	197	15	11	195	89
.20	56	26	178	36	19	196	15	11	194	89
.25	56	25	178	36	18	196	14	11	194	89
.30	56	25	177	36	18	195	15	11	194	88
.35	55	24	177	36	18	195	15	11	194	88
.40	55	24	177	36	18	195	15	11	194	88
.45	55	24	177	36	18	195	15	11	194	88
.50	55	24	177	35	17	194	15	11	193	88
.55	55	23	177	34	17	194	15	11	193	88
15.00	55	23	177	34	17	194	14	11	193	88
.05	54	23	177	33	17	194	14	11	192	88
.10	54	23	177	31	17	194	14	10	192	88
.15	54	22	177	30	17	195	14	10	192	89
.20	54	22	177	23	17	194	14	10	192	89
.25	53	22	177	22	17	194	14	10	192	89
.30	53	22	177	20	17	195	14	10	192	89



**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 5 PRUEBA CON CARGA DE ALIMENTOS (24 horas)**

CONGELADOR: CAU No 1 CAU No 2

CAW-400

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talfa
8.12	6	2	167	-6	-9	174	-1	-4	168	81
.16	6	2	167	-5	-9	174	-1	-4	170	81.5
.18	7	2	167	-5	-9	175	-.5	-3	171	82
.20	6	2	168	-4	-8.5	175	-.5	-3.5	170	82
.22	9	2	167	-4	-9	175	-.5	-3	170	82
.24	11	2	168	-4.5	-9	175	0	-3.5	171	83
.26	9	2.5	167	-5	-9	176	0	-4	171	83
.28	9	2	167	-5	-9	175	0	-4	171	84
.30	10	2	168	-5	-9	175	-1	-4	170	83
.32	7	2	167	-5	-9	175	-1	-4	171	83
.34	9	2	166	-5	-9	175	-1	-4	170	83
.36	10	2	166	-5	-9	175	-1	-5	171	83
.38	8	2	166	--5.5	-9	175	-1	-5	170	83
.40	7	2	167	-6	-9.5	174	-1	-5	170	83
.44	9	1	167	-6	-10	175	-2	-5.5	170	83
.52	5	1	166	-6	-10.5	175	-2	-6	168	84.5
.54	6	1	166	-6	-10.5	175	-2	-6	168	84
.55	6	1	166	-6	-10.5	174	-2	-6	169	84
9.00	4.5	0	167	-7	-11	175	-2	-6	169	85
.05	4	0	167	-7	-11	174	-3	-7	169	87
.10	4	0	167	-7	-11.5	174	-3	-7	170	86
.15	4	0	167	-8	-12	174	-3	-7	170	86
.20	4	0	167	-8	-12	174	-4	-7	171	88
.25	4	0	167	-8	-12	174	-4	-7	170	88
.30	4	0	168	-8	-13	176	-4	-8	171	87
.35	4	0	167	-9	-13	174	-4	-8	170	88
.40	4	-.5	168	-9	-13	174	-4	-8	171	88

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87

**TABLA No 5 PRUEBA CON CARGA DE ALIMENTOS (24 horas) (CONT. 1)**

CONGELADOR: CAU No 1

CAU-No 2

CAW-400-82

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talfa
9.45	4	0	168	-9	-13	175	-4	-8	171	87
.50	4	0	168	-9	-13	175	-4	-8	169	87
.55	4	-5	168	-9	-14	175	-4	-8		86
10.00	5	-1	168	-6	-11	171	-5	-8	171	86
.01	5	-1	168	-3	-9	167	-5	-8	171	86
.04	5	-1	168	1	-6	160	-5	-8	171	86
.11	5	-1	169	0	-4	149	-5	-8.5	170	87
.17	4	-1	169	14	-3	143	-5	-9	167	86
.20	4	-2	169	15	-3	140	-5	-9	169	86
.25	4	-2	169	18	-2	137	-6	-10	169	87
.29	3	-2	170	19	-1	135	-6	-9.5	170	87
.30	3	-2	170	10	-1.5	139	-6	-10	169	88
.35	4	-2	170	-1	-7	149	-6	-10	170	88
.40	3	-2	170	-3	-9	155	-6	-10	169	89
.45	3	-2	170	-4	-9	159	-6	-10	169	89
.50	3.5	-3	170	-5	-10	161	-6.5	-10	169	89
.55	3	-3	170	-6	-11	164	-7	-11	171	90
11.00	3	-3	171	-6.5	-11	166	-7	-11	170	89
.05	3	-3	171	-7	-11	168	-7	-11	171	91
.10	2	-3.5	172	-7	-12	170	-7	-11	171	91
.17	2	-4	172	-7	-12	172	-7	-11	171	91
.20	2	-4	173	-7	-12	174	-7	-11.5	173	92
.25	2	-4	173	-8	-12	176	-8	-12	171	91
.33	2	-4	174	-8	-13	177	-8	-12	172	92
.40	2	-4	175	-8	-13	178	-8	-12	173	92
.45	1.5	-4	173	-8	-13	178	-8	-12	173	93
.50	1	-5	175	-8	-13	180	-9	-12	173	93

**ELECTRODOMESTICOS DUREX S.A**

CONTROL DE CALIDAD

JEFE DE PRUEBAS: ING JORGE CRESPO

FECHA: MARZO/87 (\*)=sin datos

**TABLA No 5 PRUEBA CON CARGA DE ALIMENTOS (24 horas) (CONT.2)**

CONGELADOR: CAU No 1

CAU-No 2

CAW-400-82

Hr	TB	T2	TC	TB	T2	TC	TB	T2	TC	Talfa
12.00	0	-5.5	175	-9	-14	180	-9	-13	173	93
.10	1	-5	176	-9	-14	181	-9	-13	173	92
.20	1	-5	178	-9	-14	182	-9	-13	174	91
.30	2	-5	178	-9	-14	182	-9	-13	175	91
.35	2	-5	178	-9	-14	183	-9	-13	175	91
.40	1	-5	179	-9	-14	183	-10	-13	175	91
.45	1	-5	178	-9	-14.5	183	-10	-13	175	92
.50	1	-5.5	179	-9	-15	183	-10	-14	175	92
13.00	1	-6	179	-9	-15	183	-10	-14	175	91
.05	1	-6	178	-9	-15	183	-10	-14	174	91
.16	1	-6	178	2	-8	167	-10	-13	175	91
14.06	0	-6	174	-7	-12.5	168	-3	-6	162	87
.17	0	-7	172	-7	-13	170	-7	-10	156	87
.20	0	-7	173	-8	-13	171	-8	-11	159	86
.24	*	*	*	-8	-14	171	-9	-12	160	86
.26	*	*	*	-8	-14	171	-10	-12	160	86
.27	*	*	*	-8	-14	172	-10	-12	160	86
.30	*	*	*	-9	-14	171	0	-4	155	86
.33	*	*	*	-9	-14	172	6	-1	148	86
.35	*	*	*	-9	-14	172	7	-1	146	86
.37	*	*	*	-9	-14	172	-3	-6	150	85
.40	*	*	*	-9	-14	172	-7	-10	153	86
.42	*	*	*	-9	-14.5	172	-8	-11	154	86
.43	*	*	*	-8	-13	170	-8.5	-11	154	86
.45	*	*	*	-3	-11	165	-9	-11.5	154	86

## A P E N D I C E N° 2

### DETERMINACION DE LOS TUBOS CAPILARES

La determinación de los tubos capilares sigue siendo una operación delicada marcada por cierto empirismo, dado que no se poseen conocimientos profundos sobre el comportamiento de los elementos que constituyen el circuito frigorífico, ni sobre la influencia de las causas que pueden alterar su funcionamiento.

(Compresor, evaporador, condensador), no lo es el de apel de condiciones de funcionamiento presentando así gran cantidad de casos particulares, a los que el dispositivo de expansión debe satisfacer.

Los principales factores determinantes del caudal estan relacionados con la temperaturas de evaporación y condensación; pero frecuentemente el régimen de funcionamiento de un sistema a expansión por capilar es tributario de esta última.

Es así que se constata, generalmente, que una variación en diez grados de la temperatura de condensación entraña una variación en 5 grados de la temperatura de evaporación; esta observación no constituye una regla fija, sin embargo, la experiencia la verifica frecuentemente.

Otras variaciones intervienen igualmente, de tal manera que la adaptación de un capilar, basadas simplemente en la aplicación de una fórmula, es pura ilusión. Debido a esto, los diferentes autores de trabajo sobre capilares se han limitado a establecer ábacos de empleo cómodo.

Un primer texto fué redactado basándose en los trabajos de J. Prosek en USA y en los ábacos por el publicados.

Estos estudios fueron proseguídos y, entre las publicaciones de varios autores, hemos tomado los trabajos de E. Kipp y H. Schmidt, publicados en la revista "Kältechnik" de Febrero de 1961.

Este método nos interesa especialmente ya que los autores, han tomado como referencia para calibrar los capilares, la medición de los caudales de nitrógeno con la ayuda de un rotámetro, como hacemos en nuestros talleres.

Partiendo de estos trabajos, nosotros hemos establecido los ábacos que se encuentran al final de este artículo. La experiencia ha demostrado que su utilización permite la pre-determinación de tubos capilares con bastante exactitud.

Dichos ábacos permiten la determinación rápida y fácil de los tubos capilares, al régimen previsto, para utilizar compresores y grupos funcionando con los fluidos refrigerantes R-12 y R-22 construídos por Unidad Hermética S.A.

El empleo de estos ábacos es simple. Basta con trazar una recta horizontal por el valor de la producción frigorífica que se desee obtener, hasta el punto de encuentro con la recta vertical correspondiente a la temperatura de evaporación prevista.

En el punto de intersección, podemos escoger el compresor, y el tubo capilar de longitud y diámetro convenientes para asegurar el régimen considerado.

Cuando el punto de intersección está entre dos curvas de producción frigorífica de compresores, el ábaco permite una fácil interpolación.

Las curvas de adaptación de los capilares han sido establecidas para una temperatura de condensación igual a 45 °C. Para temperaturas de

condensación mas elevadas, la longitud de los capilares habrá de aumentarse en un 20 % para cada diez grados centígrados de mas en la temperatura de condensación. Así mismo tendrá que disminuirse en la misma proporción para las temperaturas inferiores a 45 °C.

Ha de quedar bien claro que los valores obtenidos en los ábacos tiene que ser considerados como punto de partida para los primeros ensayos, y que la adaptación de los capilares a aparatos construídos en serie sólo puede ser determinada después de seria verificación.

Esta precaución es tanto mas necesaria cuanto que las diferencias de diámetro, debidas a tolerancias de fabricación, conducen a variaciones de sección y, por lo tanto, de caudal notables. El estado de rugosidad influye igualmente sobre el caudal.

Se recomienda igualmente (E. Kipp y H. Schmidt, Agosto 1961) para permitir rápidamente el equilibrio de presiones en el paro, en marcha cíclica, limitar la longitud del capilar a un valor no superior a 5000 veces el diámetro inferior.

Así un capilar de diámetro interior igual a 1 mm no debería sobrepasar los 5 m y un capilar de diámetro interior igual a 0.8 mm no debería sobrepasar los 4 m.

Hemos igualmente de llamar la atención sobre la importancia de la carga de fluido refrigerante, independientemente del capilar, sobre el regimen de funcionamiento de un sistema.

**Cargas demasiado débiles:** Conducen a bajas temperaturas de evaporación que acarrearán producciones frigoríficas menores y a una utilización parcial del evaporador.

**Cargas demasiado grandes:** Pueden ser causa de una presión de compresión excesiva, de una sobrecarga del compresor como consecuencia de arrastre del líquido, y ello en detrimento de la producción frigorífica en el evaporador.

La figura A.1 muestra las variaciones de régimen debidas a las variaciones de carga en un sistema.

En este caso particular, tomado como ejemplo el régimen óptimo se obtiene para una temperatura de evaporación cercana a los  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , siendo entonces la temperatura de condensación de  $55^{\circ}\text{C}$

Se puede comprobar prácticamente que se ha obtenido un régimen óptimo, con la ayuda de un visor, colocado en el conducto del líquido entre la salida del condensador y la entrada del capilar.

Al principio, con poca carga se observa el paso de una cantidad importante de vapor juntamente con el líquido.

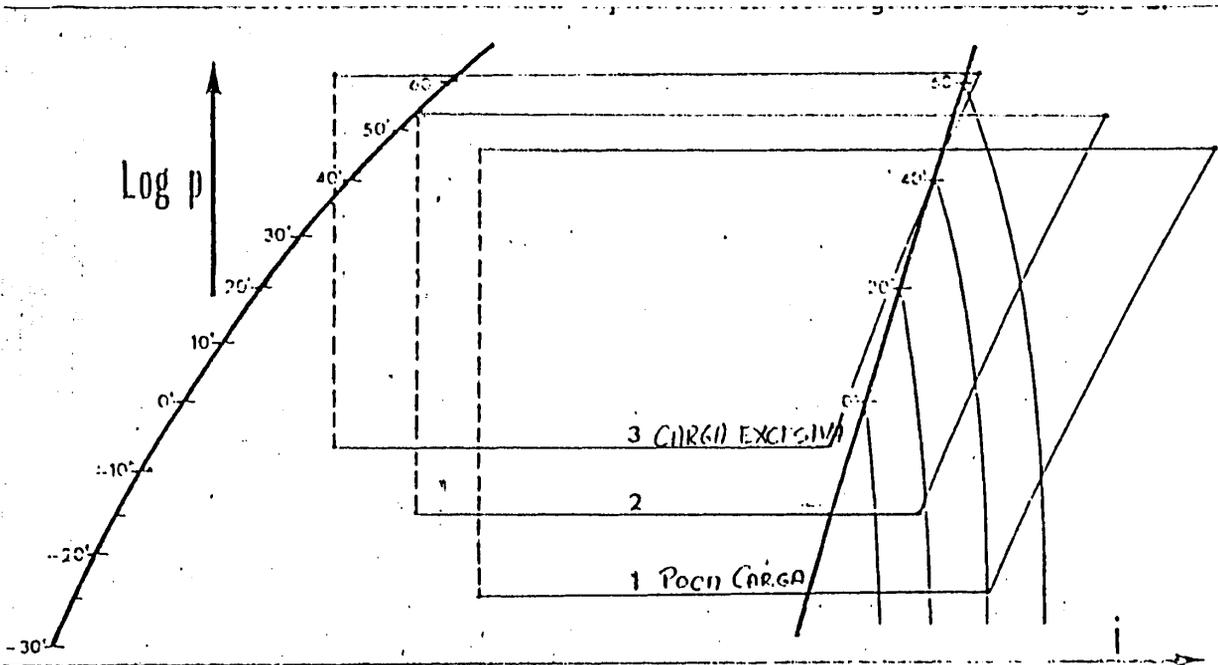
A medida que se aumenta la carga, el caudal de vapores disminuye y, al régimen correspondiente a la evaporación a  $-15^{\circ}\text{C}$ , solamente subsisten algunas burbujas de vapor entre el líquido.

Seguidamente, aumentando aun mas la carga, el visor indica un paso del 100% del líquido, pero el exceso de carga se detecta entonces, a parte de las indicaciones de los manómetros o de la condensación:

-por la formación de escarcha en el tubo de aspiración

-por el aumento de la potencia absorbida por el compresor.

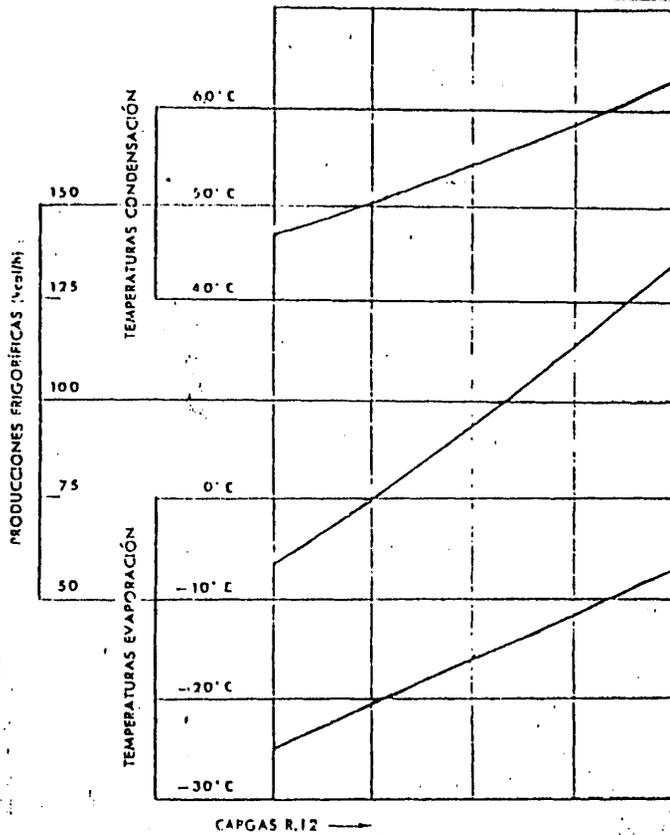
La potencia absorbida sigue una ley de variación parecida a la de la producción frigorífica indicada en la figura A.1, de tal manera que llegaríamos con un exceso de carga a sobrepasar la potencia normal indicada por el



**FIGURA A.1 PRODUCCIONES FRIGORIFICAS EN DEPENDENCIA CON LAS TEMPERATURAS DE EVAPORACION Y CONDENSACION**

compresor.

Estas observaciones encuentran fácil explicación en los diagramas de la figura A.2.



**FIGURA A.2 RELACION DEL NIVEL DE LA CARGA CON EL RENDIMIENTO DEL SISTEMA**

-En 1, con poca carga, no se dispone de suficiente líquido para alimentar correctamente el tubo capilar, a través del cual pasa, entonces una cantidad importante de vapor que ocasiona una gran caída de presión y por lo tanto bajas temperaturas de evaporación, baja producción frigorífica y a la vez, una temperatura de condensación poco elevada debido a que hay poca cantidad de calor a disipar en el condensador.

-En 2, con la carga que da un regimen de evaporación de  $-15^{\circ}\text{C}$ , vemos que la curva de condensación se une a la curva del líquido saturado. Entonces el capilar está correctamente alimentado y la producción frigorífica es intercambiada en el evaporador con un debil recalentamiento a la entrada del compresor; en comparación con el regimen precedente.

-En 3, una carga excesiva ocasiona la acumulación del liquido a la entrada del condensador, y comporta un aumento de la presión que aún permitiendo un subenfriamiento del líquido condensado -la curva de condensación corta la curva del líquido saturado- eleva la temperatura de evaporación y aumenta la producción frigorífica pero el evaporador no puede intercambiar esta producción, resultando de esto que el compresor aspira vapores poco recalentados con el riezgo de aspirar líquido.



## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Ashrae Standards.- The American Society of heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Junio 1967.
- 2.- Fundamentos sobre Refrigeración, SECAP-Misión Española.-Manual de Seminario de Mayo 1988.
- 3.- Adaptación de tubos capilares, L'Unite Hermetique S.A. Manual de Procedimiento. E. Kipp-Schmidt, 1961
- 4.- Fundamentals of Refrigeration. E.I Dupont de Nemours, Copyrighted USA 1963
- 5.- Frio industrial y doméstico en la conservación de los alimentos, J. Vochelle, 1969.
- 6.- Hermetic Notes, under Danfoss Licence
- 7.- Introducción a la termodinámica clásica y estadística, Richard E. Sonntag y Gordon J. Van Wylen, 1979
- 8.- Ingeniería del ámbito térmico, James L. Threlkeld, 1970
- 9.- Major Appliance Business Group, General Electric, Julio 1987
- 10.-Refrigeration Service Engineers Society, Dr. Ralph-C. Downing.-Manual Service, Illinois, USA
- 11.-Refrigeration and Air Conditioning, Wilbert Stocker. Segunda edición. New York, McGraw will 1982.
- 12.-Tablas Comparativas de Compresores Embraco, Brasil, 1985
- 13.-Tables Thermodynamic Properties of Freon 12, E.I. Du Pont de Nemours & Co (INC), USA
- 14.-Tratado práctico de refrigeración automática. José Alarcón Creus, novena edición. Barcelona, 1981.



BIBLIOTECA