

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“AUTOMATIZACIÓN DE CÁMARAS DE FRÍO PARA LECHE”**

**EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del grado de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN  
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**VÍCTOR MANUEL CASTRO RIVAS**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme su amor y corrección para seguir adelante en cada paso que doy todos los días.

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi madre quien ha sido el pilar fundamental en mi hogar.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

**PhD. Douglas Plaza G**

PROFESOR DELEGADO

POR LA FIEC

---

**Ing. Elio Sánchez G**

PROFESOR DELEGADO

POR LA FIEC

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

.....  
Víctor Manuel Castro Rivas

## RESUMEN

El presente informe consistió en la participación de un 50% en el diseño de la automatización de dos cámaras de frío en la Empresa “Indulac” dedicada a la pasteurización de leche.

Para la automatización de estas cámaras se implementó un sistema de control de temperatura a través de un PLC (Controlador Lógico Programable), moto-ventiladores que permiten el enfriamiento de la leche en las condiciones indicadas y mediante parámetros de temperatura que permiten que la leche no llegue a un punto de congelación y su vez realice un “defrost”. Para esto en el diseño se acopló diferentes dispositivos electrónicos que pudieran llevar a cabo las funciones necesarias para cumplir con los parámetros de temperatura. Para obtener los parámetros de temperatura se realizaron pruebas con las cámaras llenas de productos y sin producto debido a la infraestructura de las cámaras que no tenían una forma rectangular.

Gracias al desarrollo de este sistema de control electrónico se obtuvo que la leche permaneciera en las condiciones óptimas y que ya no se produjeran errores de clase humano al momento de controlar manualmente la temperatura de la leche y a su vez beneficio a los operadores en los horarios de control nocturno que realizaban esta labor diaria.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	x
CAPÍTULO 1 .....	xi
1. METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.....	11
1.1 Análisis y revisión de los equipos adquiridos por la empresa.....	2
1.2 Revisión de las líneas de suministro para el enfriamiento.....	2
CAPÍTULO 2.....	6
2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	6
2.1 Cambio de conexión de los difusores .....	6
2.2 Diseño e implementación del sistema .....	8
2.2.1 Programación del PLC.....	8
2.2.2 Diseño del sistema electrónico .....	11
2.2.3 Implementación del sistema en un tablero.....	16
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18
ANEXOS.....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Conexión de difusor inicial.....	2
Figura 1.2	Refrigeración por presión.....	3
Figura 1.3	Válvula solenoide para paso de Amoniaco .....	4
Figura 1.4	Válvula solenoide de Agua para “defrost.....	5
Figura 2.1	Conexión individual de los moto-ventiladores.....	7
Figura 2.2	Circuito de fuerza de los moto-ventiladores.....	7
Figura 2.3	Programación del PLC.....	9
Figura 2.4	Conexión de entradas y salidas del PLC.....	10
Figura 2.5	Control de la cámara de frío.....	12
Figura 2.6	Control de descongelación.....	13
Figura 2.7	Luces piloto de los moto-ventiladores.....	14
Figura 2.8	Luces piloto de las válvulas de amoniaco.....	15
Figura 2.9	Luces piloto de las válvulas de descongelación.....	15
Figura 2.10	Luces piloto de PC de ventiladores.....	16
Figura 2.11	Tablero de cámaras de frío.....	16



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Entradas del PLC.....	11
Tabla 2.2	Salidas del PLC.....	12

## INTRODUCCIÓN

La leche pasteurizada se somete durante un tiempo y una temperatura (80°C), lo suficiente para destruir microorganismos patógenos, aunque no sus esporas, que son formas de resistencia de los microorganismos. Cuando se alcanza el pH óptimo > 4.6 tendremos una acidez baja luego de ese proceso se realiza su respectivo envasado, después del proceso de envasado, se debe tener un enfriamiento final que tiene lugar en la cámara de frío donde estas lo deben mantener en un rango de 4°C hasta unos -5°C. No se puede considerar como un producto de larga duración, por lo que debe mantenerse en refrigeración y consumir en un plazo de 2 a 3 días, se comercializa como leche fresca del día.

El inconveniente con este producto es que si no permanece a la temperatura ya mencionada puede ocasionar que el consumidor final se vea afectado. Por esto se propuso automatizar las cámaras de frío debido a las eventualidades que se pudieran presentar al momento de una operación manual, cuando el operario no mantenga la temperatura en el rango de enfriamiento, al momento de no tener en cuenta el tiempo de "defrost" y olvidar cerrar la válvula de amónico que abre y cierra el paso de este a los difusores para enfriar la cámara ya que si este incrementa su temperatura al ambiente esto ocasionara que los microorganismos patógenos que quedaron en un estado neutro puedan reactivarse y reproducirse ocasionando que la leche cambie su pH y su acidez produciendo que la leche se corte y ya no esté apta para el consumo humano.

## **CAPÍTULO # 1**

### **1. METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA**

Para dar una solución a las cámaras de frío de forma automática y manual se procedió a revisar los equipos que la empresa ya había adquirido para la implementación de estas cámaras y equipos necesarios para las líneas de amoniaco y “defrost”.

### 1.1 Análisis y revisión de los equipos adquiridos por la empresa.

En la fábrica se encontró dos difusores para ser acoplados en nuestro sistema de automatización. Estos difusores constan de 4 moto-ventiladores que son de  $\frac{1}{2}$  HP con una velocidad de 1140 RPM.

Al momento de revisar cada difusor se pudo observar que se encontraba conectados los cuatro moto-ventiladores en un solo encendido como se puede observar en la Figura 1.1

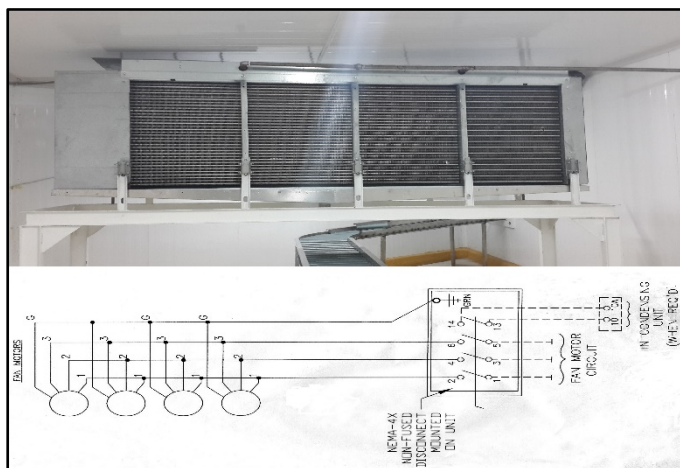


Figura 1.1: Conexión de difusor inicial.

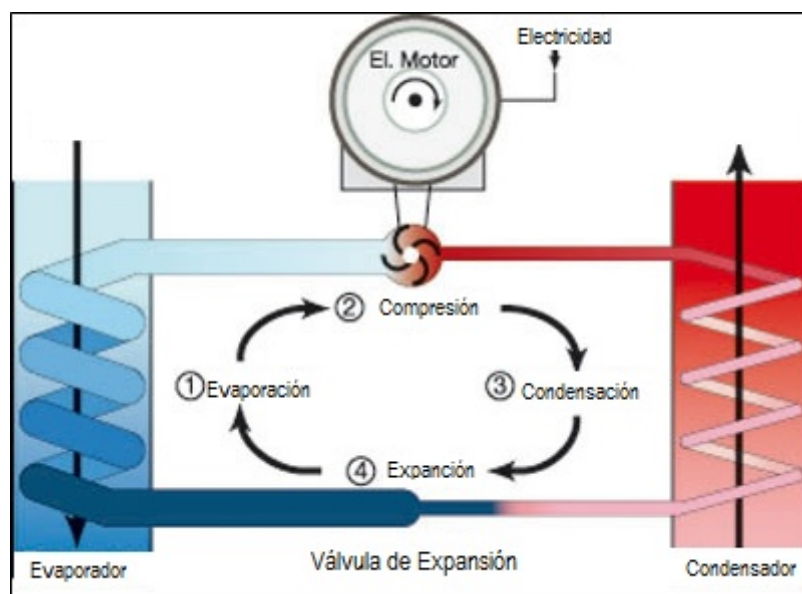
### 1.2 Revisión de las líneas de suministro para el enfriamiento.

Para el enfriamiento se necesitan dos líneas de suministros que son la de amoníaco y la de agua para realizar el “defrost”.

- **Amoniaco**

El amoniaco, llamado en otro tiempo álcali volátil, álcali fluor, espíritu de sal, es una sustancia naturalmente gaseosa, cuando se halla libre de toda combinación es un gas no permanente, se liquida a un frío de 50°C bajo la presión ordinaria.[1]

En esta fábrica se realiza la refrigeración por compresión, constan de un evaporador, en el que se evapora el refrigerante (amoníaco) produciendo frío; un sistema de compresión para transportar el vapor a baja presión del evaporador al condensador a alta presión; y el condensador en el que condensa el refrigerante disipando el calor generalmente mediante torres de refrigeración [2]. Ver Figura 1.2.



**Figura 1.2: Refrigeración por compresión.**

En los difusores se tienen válvulas solenoides normalmente cerradas (ver Figura 1.3) para el paso de amoniaco las cuales se deberán energizar a 220 [V] para que estas puedan realizar su accionamiento mecánico y abrir el paso para enviar amoniaco al difusor.



**Figura 1.3: Válvula solenoide para paso de Amoniaco.**

- **Agua**

El agua pura es un líquido insípido (que no tiene sabor), incoloro (no tiene color) e inodoro (no tiene olor). El agua que utilizamos normalmente suele tener disueltas otras sustancias, sobre todo sales minerales, El agua cambia de un estado a otro si variamos su temperatura, de forma que pasa a estado sólido (hielo) si se encuentra a 0° o menos. Se mantiene en estado líquido (agua) entre 0° y 100° y a partir de 100° pasa a estado gaseoso (vapor de agua). [3].

El agua cuando llega a los difusores circula por una tina que realiza la circulación por las parrillas de los mismos y se produce el “defrost” con los moto-ventiladores encendidos.

La circulación de agua para los difusores viene directamente de la calle para esto se debe controlar el paso en la línea el paso con unas válvulas solenoides normalmente cerradas. (Ver Figura 1.4)



**Figura 1.4: Válvula solenoide de Agua para “defrost”.**

## **CAPÍTULO 2**

### **2. RESULTADOS OBTENIDOS**

Para solucionar el problema del enfriamiento adecuado se planteó implementar un tablero donde el operador pudiera manipular tanto manual como automáticamente el sistema de enfriamiento, para ello propuso cambiar la conexión de los difusores y realizar el sistema de control electrónico.

#### **2.1 Cambio de conexión de los difusores.**

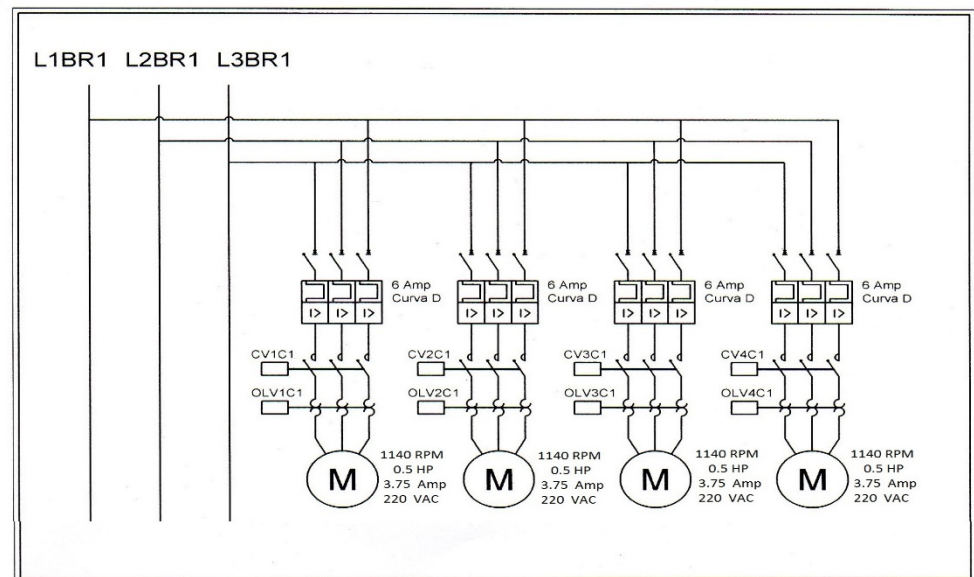
La conexión de los difusores iba a ocasionar inconvenientes al momento de que uno de estos dejara de funcionar como se lo observó inicialmente. Para ello se propuso realizar el encendido individual de cada moto-ventilador con la finalidad de monitorear si cada uno de ellos deja de funcionar individualmente como se muestra en la Figura 2.1.





**Figura 2.1: Conexión individual de los moto-ventiladores.**

A partir de este cambio se realizó el sistema de fuerza para los moto-ventiladores para su respectivo cableado al momento de implementarlos en el tablero para las cámaras de frío como se observa en la Figura 2.2.



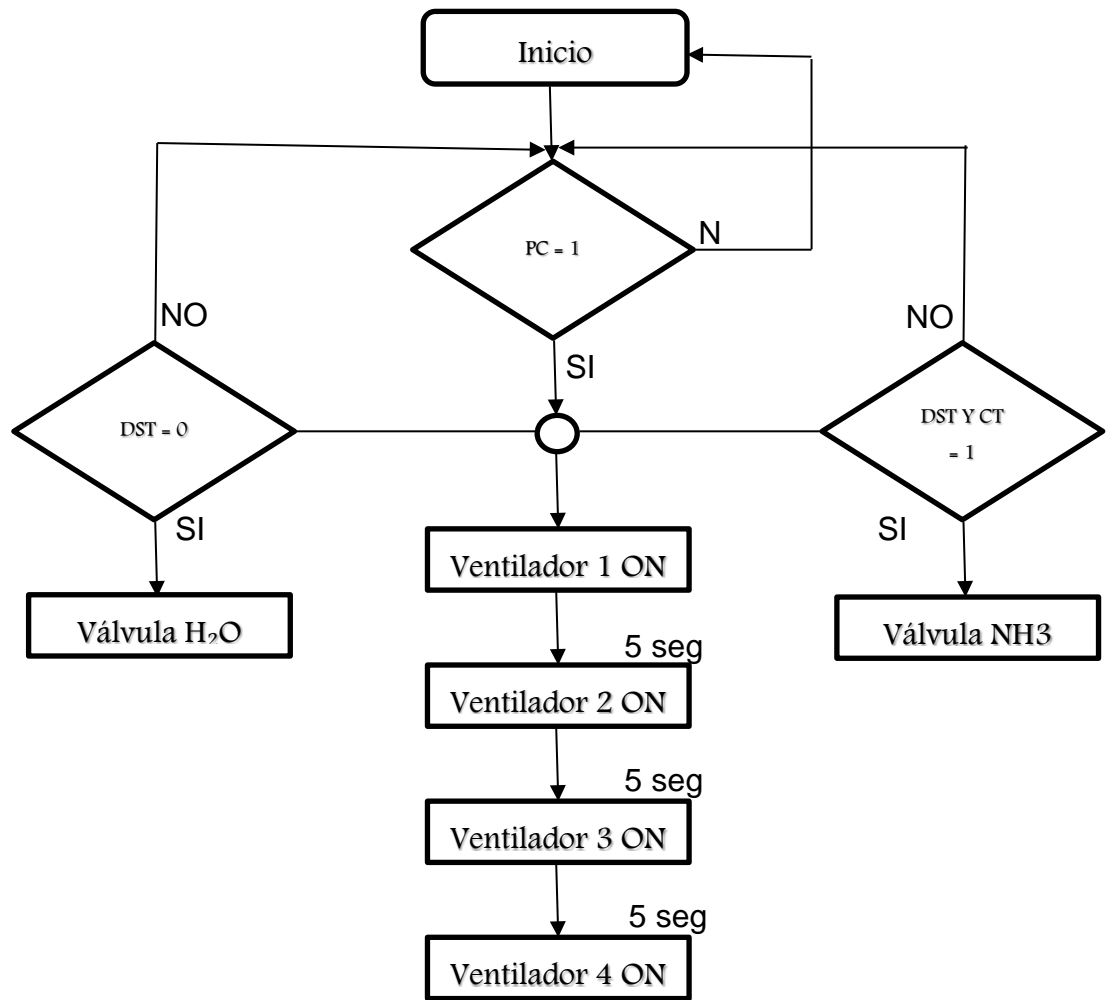
**Figura 2.2: Circuito de fuerza de los moto-ventiladores.**

## **2.2 Diseño e implementación del sistema automático y manual de enfriamiento**

Para realizar el diseño se tuvo que proceder a programar el PLC e interconectar el sistema manual y automático para su respectivo funcionamiento.

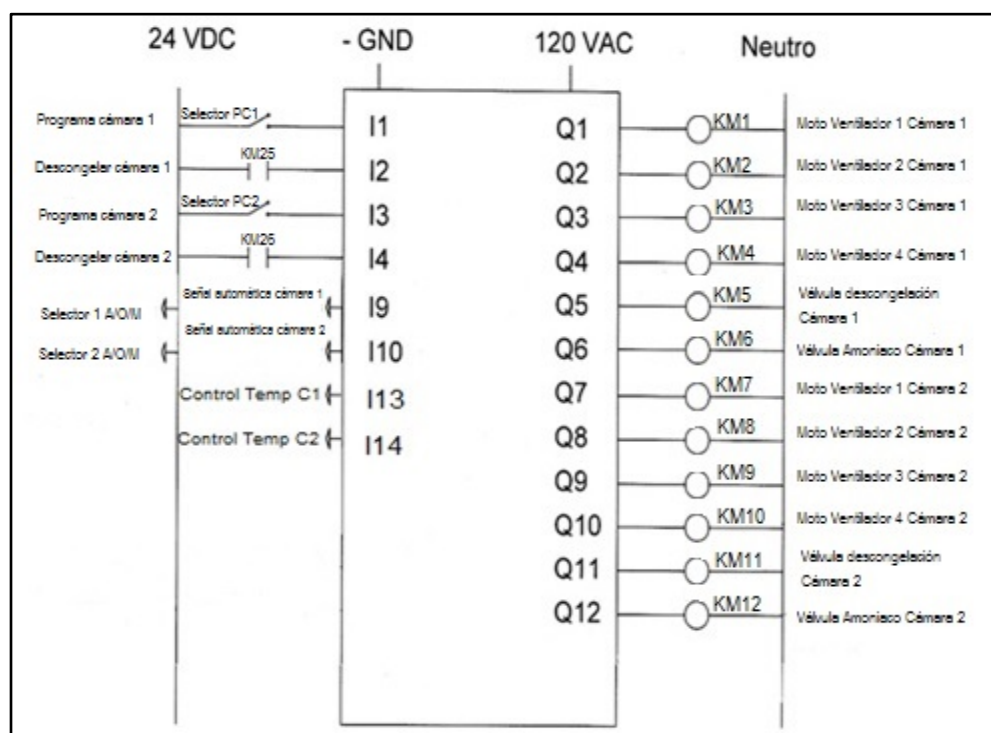
### **2.2.1 Programación del PLC.**

Al programar el PLC se tuvo en cuenta en el sistema dos estados de operación manual y automático, para el sistema automático se usó los parámetros ya establecidos de temperatura, tiempos de encendidos y apagados de los moto-ventiladores para realizar los diferentes cambios, en los dos sistemas se tiene que tener en cuenta las válvulas solenoides para paso de amoniaco y para realizar el “defrost”. Ver Figura 2.3.



**Figura 2.3: Programación del PLC.**

Con la programación realizada se designó las entradas y salidas del PLC como se lo muestra en la Figura 2.4.



**Figura 2.4: Conexión de entradas y salidas del PLC.**

En la Tabla 2.2.1.1 se detalla la descripción de las entradas y salidas del PLC.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
I1	Selector para el programa de la cámara 1
I2	Contacto de retorno para descongelar cámara 1
I3	Selector para el programa de la cámara 2
I4	Contacto de retorno para descongelar cámara 2
I9	Selector del automático de la cámara 1
I10	Selector del automático de la cámara 2
I13	Contacto de retorno del control de temperatura C1
I14	Contacto de retorno del control de temperatura C2

**Tabla 2.1: Entradas del PLC.**

<b>NOMBRE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Q1	Bobina del contactor del moto ventilador 1 Cámara 1
Q2	Bobina del contactor del moto ventilador 2 Cámara 1
Q3	Bobina del contactor del moto ventilador 3 Cámara 1
Q4	Bobina del contactor del moto ventilador 4 Cámara 1
Q5	Bobina de la válvula solenoide de amoniaco Cámara 1
Q6	Bobina de la válvula solenoide de defrost Cámara 1
Q7	Bobina del contactor del moto ventilador 1 Cámara 2
Q8	Bobina del contactor del moto ventilador 2 Cámara 2
Q9	Bobina del contactor del moto ventilador 3 Cámara 2
Q10	Bobina del contactor del moto ventilador 4 Cámara 2
Q11	Bobina de la válvula solenoide de amoniaco Cámara 2
Q12	Bobina de la válvula solenoide de defrost Cámara 2

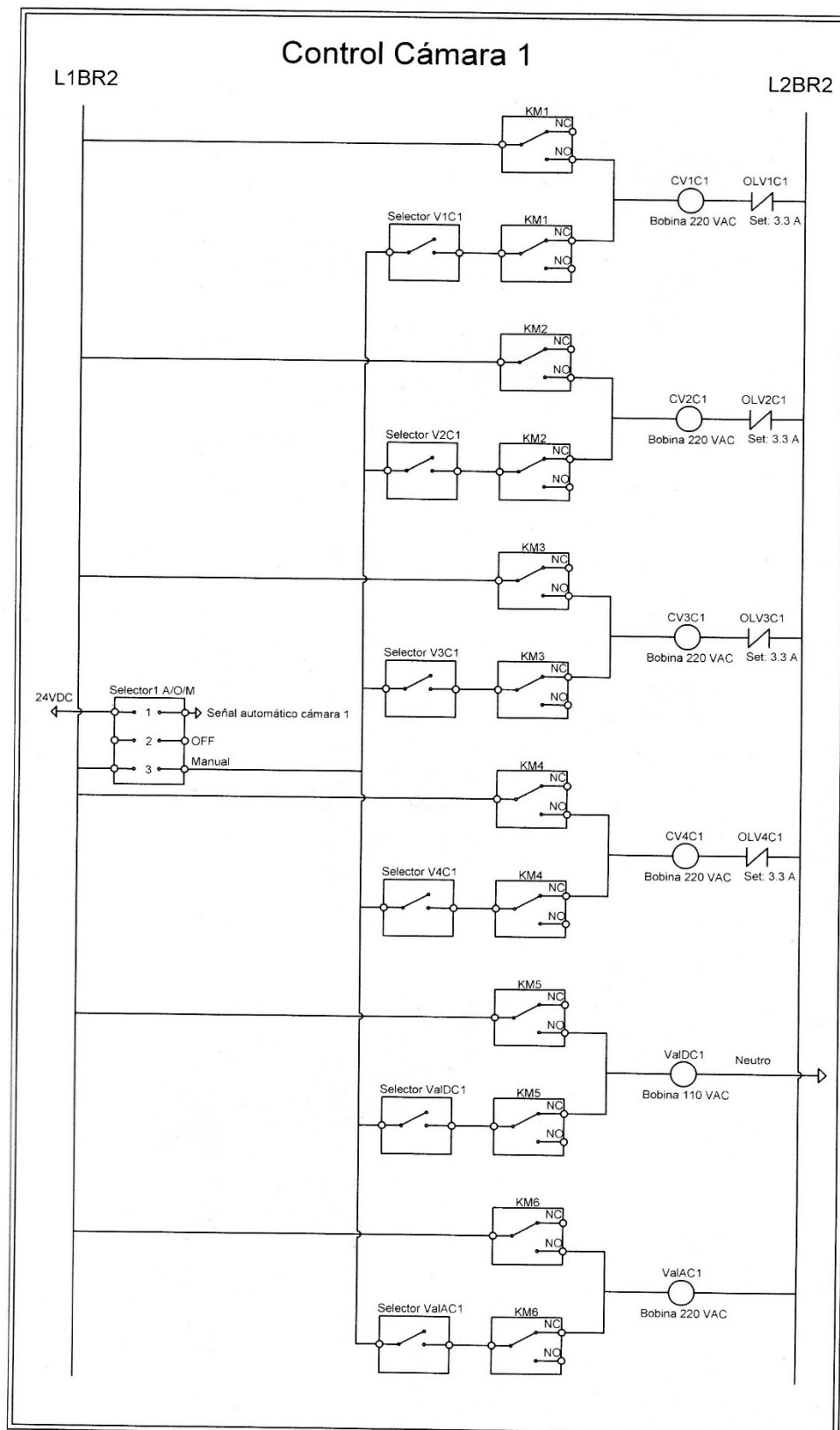
**Tabla 2.2: Salidas del PLC**

En la figura 2.4 en las entradas y salidas del PLC se debe saber que el PLC que se utilizó para el proyecto fue un GE VersaMax de 40 entradas y 24 salidas de las cuales se está usando ciertas entradas y salidas, mientras las otras se encuentran en RESERVA.

### **2.2.2 Diseño del sistema de control electrónico.**

Para el diseño del control se tuvo en consideración la programación del PLC sus entradas y salidas como se lo puede observar en la figura 2.4.

Con esta conexión se procedió a analizar los voltajes de alimentación de las válvulas de amoniaco y “defrost”, moto-ventiladores requeridos para realizar el diagrama de interconexión tanto para el funcionamiento manual como automático como se puede visualizar en la Figura 2.5.

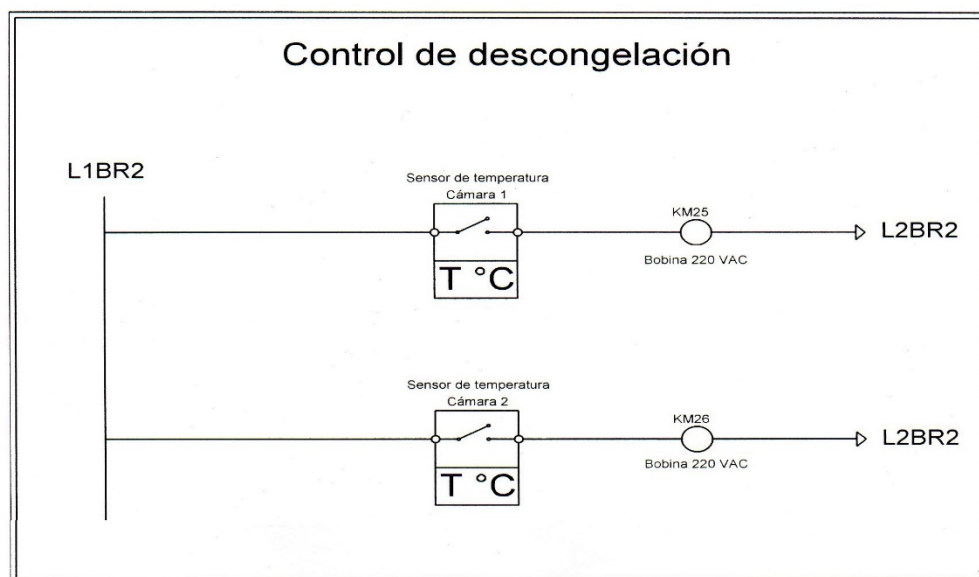


**Figura 2.5: Control de la cámara de frío.**

En la figura 2.5 podemos observar el control del sistema teniendo en cuenta que el panel posee para el encendido 3 posiciones automático, off y manual.

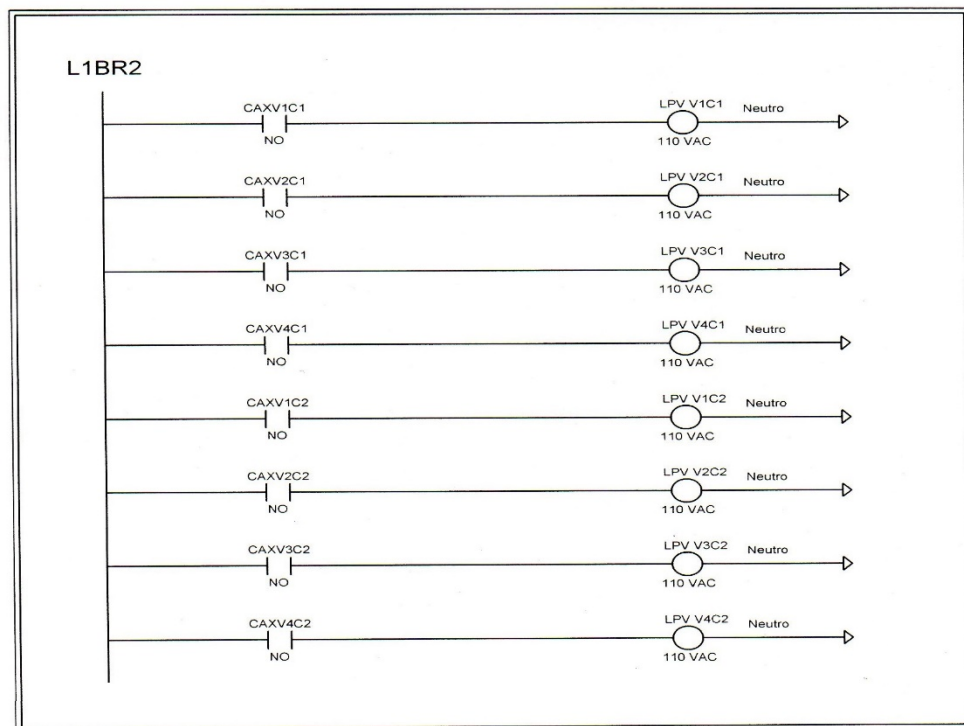
En el modo automático se realizará de acorde al programa ya establecido en el PLC, en el off será la posición de apagado del sistema y en el modo manual se adecuó el sistema para que se pueda seleccionar lo que el operador necesite del sistema.

En la Figura 2.6 se muestra la conexión del control de descongelación que se realizó para alimentar los controladores de temperatura los cuales nos permiten visualizar la temperatura de cada cámara de frio y así el operador se evitará entrar en la cámara para saber a qué temperatura está.



**Figura 2.6: Control de descongelación.**

Por último se tiene que visualizar los encendidos con luces pilotos de los diferentes equipos a usar como se muestra a continuación.

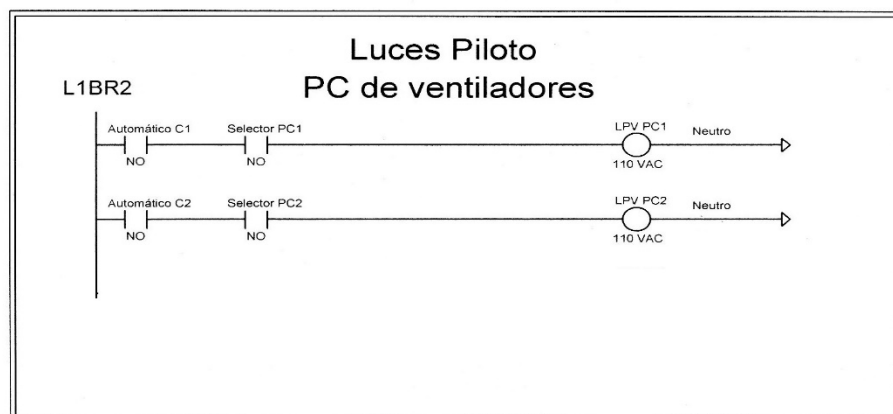


**Figura 2.7: Luces piloto de los moto-ventiladores.**

En la figura 2.7 la nomenclatura CAXV1C1 significa CAX (contacto auxiliar), V1C1 (ventilador 1 cámara 1) y LPV (Luz Piloto Verde).







**Figura 2.10: Luces piloto de PC de ventiladores.**

### 2.2.3 Implementación del sistema en un tablero

Para realizar la implementación de conexión y cableado en el tablero se tenía que tener en cuenta la posición de cada selector y luz piloto como se ve en la Figura 2.11.



**Figura 2.11: Tablero de cámaras de enfriamiento.**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

1. A partir de la automatización de las cámaras se pudo ver que el producto permanece en las condiciones óptimas de temperatura para su respectiva distribución. Por qué a través de los cambios de los difusores se obtuvo un mejor monitoreo en los moto-ventiladores y así puede evitar que la temperatura descienda o que demore en enfriar las cámaras.
2. La implementación de manera automática beneficio al personal de operación en los turnos nocturnos en solo tomar registros para saber cómo se encuentra cada cámara y a la vez el sistema de control del tablero les permite saber que se encuentra encendido o apagado

### **Recomendaciones**

1. Se recomienda que si llegara a aumentar dos cámaras más, el PLC se lo programó para 4 cámaras y solo se tendría que aumentar los dispositivos electrónicos.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Enciclopedia Española del Siglo Diez y Nueve, Amoniaco,  
<https://books.google.es/books?id=LZxeAAAaAAJ&pg=RA3-PA251&dq=amoniaco+es&hl=es&sa=X&ei=Rd7TVJuxloOmgwSSsICwBw&ved=0CB8Q6AEwADgK#v=onepage&q=amoniaco%20es&f=false>

Fecha de consulta enero 2015.

[2] Mundo HVACR, Refrigeración con Amoniaco,  
<http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2009/03/refrigeracion-con-amoniaco/>

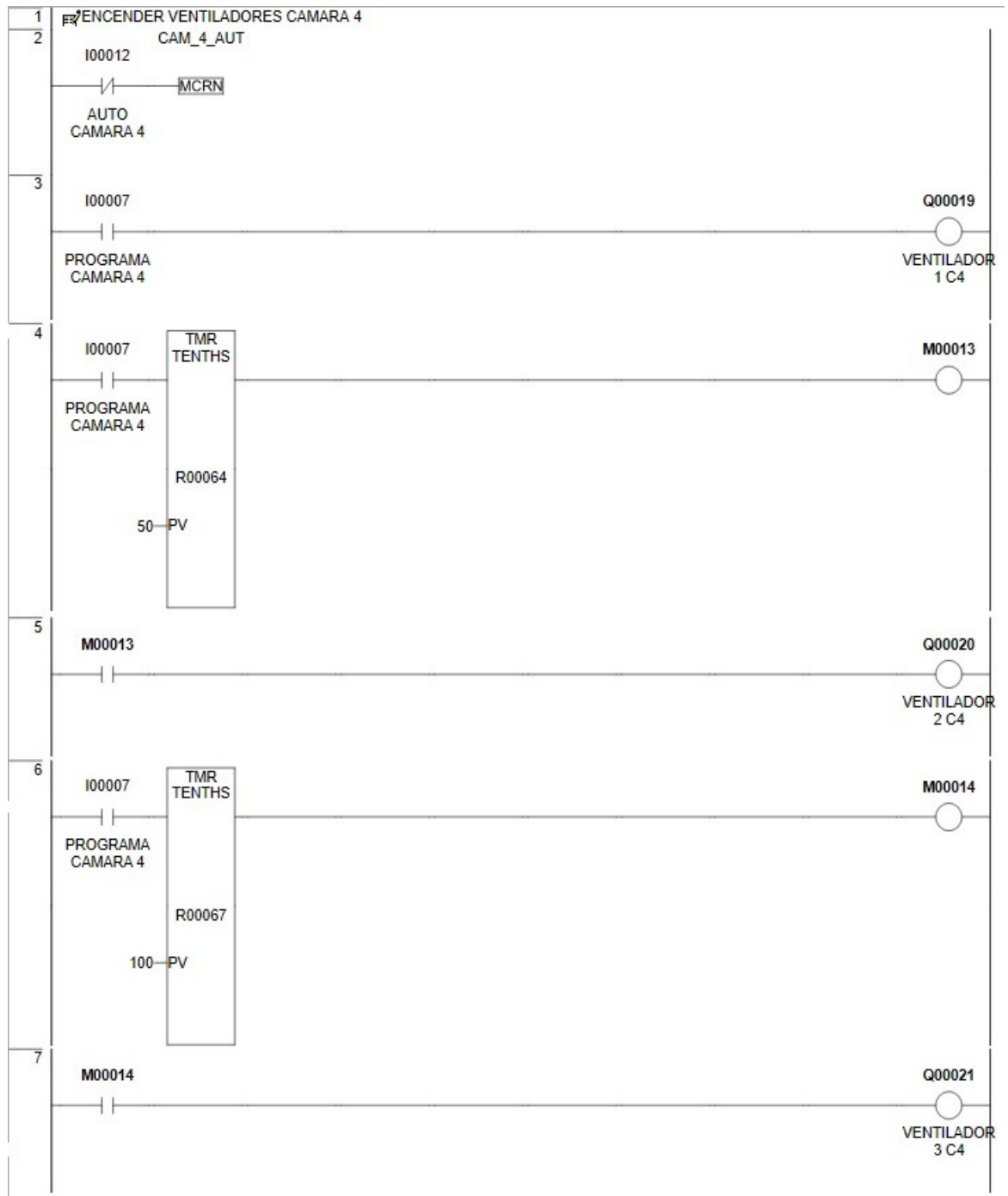
Fecha de consulta enero 2015.

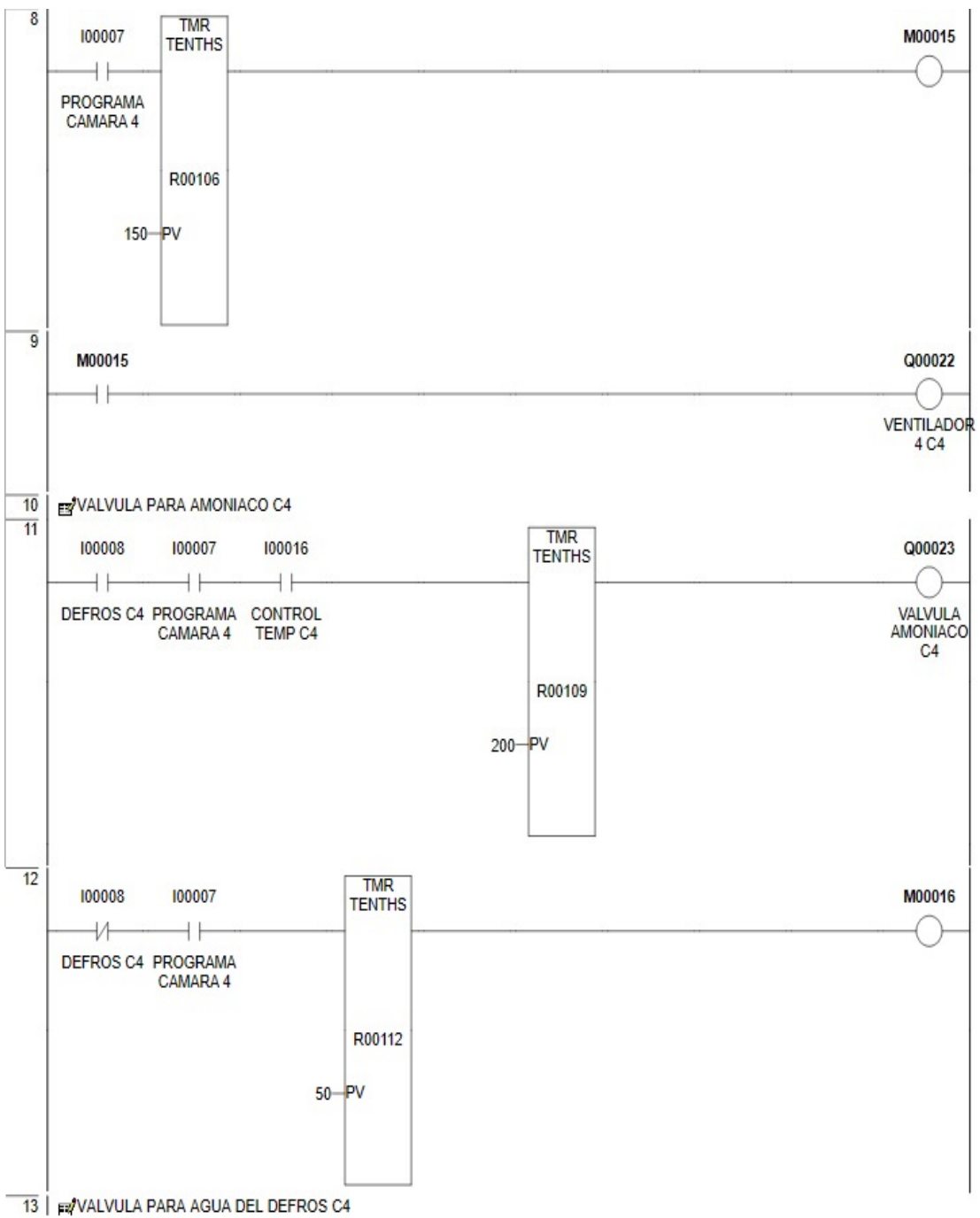
[3] junta de andalucia, Agua,  
<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~41010061/WEB%20JCLIC2/Agrega/Medio/Agua/El%20agua/contenido/>

Fecha de consulta enero 2015.

## **ANEXOS**

## PROGRAMACIÓN EN PROFICY MACHINE EDITION









## UBICACIÓN DE LAS CÁMARAS DE FRÍO

