



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



**Control y Automatización de una unidad de enfriamiento para productos terminados de la heladería Topsy**

Fabián Ríos Ramo, Jonathan Montaña Naranjo  
Lcdo. Camilo Arellano  
INTEC – PROTEL

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

Emails: jmontano@espol.edu.ec–frios@espol.edu.ec- carella@espol.edu.ec

### Resumen

*El presente proyecto tuvo por finalidad la construcción de un sistema eléctrico el cual controla de forma automática una unidad de enfriamiento para conservar los productos terminados de la heladería Topsy. Este consiste de un tablero, en cuyo interior se encuentran los distintos equipos eléctricos conectados de tal forma que encienda y apague la unidad de enfriamiento sin la intervención de persona alguna. Este posee dos formas de operación las cuales son manual y automática, debido a requerimientos de la empresa y por cuestiones de mantenimiento. El tipo de automatismo que se utilizó es rígido, capaz de realizar una serie de tareas de forma secuencial, sin posibilidad de cambiar variables, se emplean en automatismos pequeños o en lugares críticos, donde la seguridad de las personas y maquinas no pueden depender de la falla de un programa de computación. Gracias al diseño implementado se puede tener conocimiento del estado del sistema en todo momento, contribuir al ahorro de energía debido al funcionamiento de los equipos de enfriamiento solo cuando sea necesario y a mejorar la conservación de los productos al tener un mejor control de la temperatura.*

**Palabras Claves:** automatismo, variables, sistema, secuencial

### Abstract

*This project was aimed at building an electrical system which automatically controls cooling a system to keep the ice cream finished products Topsy. This is a board, inside which are various electrical equipment connected so that on and off the cooling unit without the intervention of any person. This has two modes of operation which are manual and automatic, because business requirements and maintenance issues. Type of automation that is used is rigid, able to perform a series of tasks sequentially, without possibility of changing variables, are used in automatic or in small spots where the safety of people and machines can't rely on the failure of a computer program. Due to the implemented system can have knowledge of system status at all times, contributing to energy savings due to the operation of cooling equipment only when necessary and improve the preservation of products to have better control of the temperature.*

**Keywords:** automatism, variables, system, sequential

## 1. Introducción

La conservación de helados en un ambiente adecuado es una actividad de mucha importancia para las heladerías Topsy S. A. en la que se producen diariamente altos volúmenes, para satisfacer a todos sus clientes con la calidad, tiempos requeridos y estándares de productividad acorde a los niveles de competitividad que exige el mercado. Los constantes

avances tecnológicos, que permiten una continua modernización de los sistemas de producción, hace indispensable la actualización en la tecnología de sus unidades de enfriamiento que permita incrementar el buen estado y conservación de sus productos, controlando parámetros de temperatura y programar etapas de congelación y descongelación.

El objetivo principal es desarrollar e implementar un tablero de control para la automatización de una

unidad de enfriamiento para heladerías Topsy la cual mantendrá una temperatura adecuada para la conservación de sus productos.

Y durante el desarrollo de este sistema también se logrará:

- Determinar las partes y características básicas de la unidad de enfriamiento.
- Definir las funciones de cada uno de los elementos que conforman el tablero de control.
- Desarrollar el diagrama eléctrico de control y fuerza.
- Desarrollar un tablero que controle automáticamente el encendido y apagado de la unidad de enfriamiento.
- Mantener un constante control sobre la temperatura en el almacén de enfriamiento.
- Contribuir al ahorro de energía eléctrica.

En la actualidad la mayoría de unidades de enfriamiento cuentan con un circuito de control eléctrico antiguo y obsoleto, con lo cual no se garantiza un buen ambiente para la conservación de sus productos. Además de variaciones bruscas en la temperatura lo cual ha llevado a tener pérdidas de algunos productos por estos motivos se ha desarrollado este sistema eléctrico.

## 2.Unidad de enfriamiento

El control de la temperatura adecuada de almacenamiento es esencial para mantener la calidad del producto. Mediante el control de temperatura del cuarto frío se puede conservar al producto aumentando así substancialmente el tiempo de conservación de estos y aumentando la producción.

### 2.2. Partes de la unidad de enfriamiento

Refrigeración se interpreta como ausencia de calor, porque en si el frío no existe. Para la refrigeración se necesitan de los siguientes equipos:

- 1.- Evaporador.
- 2.- Compresor.
- 3.- Condensador.
- 4.- Válvula de expansión.
- 5.- Ventilador
- 6.- Resistencias de evaporador
- 7.- Resistencias de drenaje

#### 2.2.1. Evaporador

Se conoce por evaporador al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo. Su nombre proviene del cambio de

estado sufrido por el refrigerante al recibir esta energía, luego de una brusca expansión que reduce su temperatura.

Durante el proceso de evaporación, el fluido pasa del estado líquido al gaseoso. [2]

#### 2.2.2. Compresor

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia. [1]

#### 2.2.3. Condensador

La condensación se puede producir bien utilizando aire mediante el uso de un ventilador o con agua (esta última suele ser en circuito cerrado con torre de refrigeración, en un río o la mar). La condensación sirve para condensar el vapor, después de realizar un trabajo termodinámico p.ej. una turbina de vapor o para condensar el vapor comprimido de un compresor de frío en un circuito frigorífico. [3]

#### 2.2.4 Ventiladores

En la mayoría de las unidades de enfriamiento se utilizan corrientes de aire forzadas en donde se incluyen dos ventiladores; uno para el condensador y otro para el evaporador. Estos ventiladores suelen ser de hélice teniendo motores con devanado en corto circuito.

#### 2.2.5 Resistencias evaporador

Son utilizadas por su simplicidad en la instalación y regulación y por su gran eficiencia tanto en sistemas de temperatura positiva como en sistemas de temperatura negativa. Este sistema se basa en la inclusión de unas resistencias eléctricas en unos huecos o alojamientos en el interior del evaporador, en perfecto contacto con sus aletas.

#### 2.2.6 Resistencias de drenaje

Este tipo de resistencias son muy utilizadas en la industria de la refrigeración, las cuales están distribuidas eficientemente para el descongelamiento o deshielo de evaporadores o difusores en cuartos y cavas frigoríficas evitando el bloqueo del equipo por formaciones de hielo.

## 2.3. Funcionamiento de la unidad de enfriamiento y el sistema de control

A continuación se detalla las dos maneras de funcionamiento de la unidad de enfriamiento en conjunto con el sistema de control diseñado:

### 2.3.1. Modo automático

Al estar en modo automático, el cual se lo escoge mediante un selector un sensor de temperatura le indicara al controlador de temperatura, el estado actual de la temperatura del cuarto frio, mandando así al controlador a cerrar dos de sus contactos normalmente abiertos con lo cual se activará la electroválvula, compresor, y evaporador, permitiendo así el paso de refrigerante, empezando de esta forma la etapa de congelación.

Una vez que el área a enfriar ha llegado a la temperatura adecuada para la conservación de los productos la cual es de -20 grados Celsius bajo cero programada en el controlador de temperatura, esta manda a abrir sus contactos que se habían cerrados desactivándose así solo la electroválvula.

El compresor, se mantendrá activado durante un tiempo hasta que el presostato detecte la baja presión debido a que la electroválvula se desactivo y lo mande apagar, el evaporador permanecerá encendido en todo momento hasta que el controlador mande activar las resistencias del evaporador iniciando así la etapa de deshielo. En esta etapa se activan las resistencias del evaporador debido a un contacto normalmente abierto del controlador de temperatura, apagando al evaporador, estas resistencias se activan para evitar la acumulación de hielo debido a la baja temperatura. El tiempo en que estas se mantienen activas se lo configura por medio del controlador.

Cuando la temperatura sube hasta cierto punto que lo detecta el sensor de temperatura el controlador manda apagar las resistencias de drenaje y a iniciar la etapa de congelación nuevamente. Se podrán programar en el controlador varias etapas de congelación y deshielo en un solo día.

### 2.3.2 Modo manual

Este modo se lo elige para dar mantenimiento preventivo o correctivo a la unidad de enfriamiento, opcionalmente a que también se puede detener todo el sistema por medio de un paro de emergencia ubicado en el tablero. Este modo funciona al igual que el anterior por medio del selector que se encuentra en el tablero en donde primeramente desactivamos la electroválvula y activamos directamente al compresor y al evaporador.

El compresor funcionará durante un corto tiempo hasta que el presostato detecte la baja temperatura debido a que la electroválvula está apagada y el evaporador permanecerá encendido hasta que el controlador mande a encender las resistencias del evaporador.

Así se logra mantener apagado al compresor de manera permanente y se mantiene un ambiente ventilado evitando un cambio brusco en la temperatura del cuarto frio.

### 2.4. Diagrama eléctrico de control y fuerza

Para poder desarrollar este sistema se tuvo que realizar un diagrama de control el cual es la parte encargada del funcionamiento correcto de las distintas partes de la unidad de enfriamiento y una parte de fuerza la cual comprende el compresor el cual es un motor trifásico. (Ver figura 1, 2 y 3)

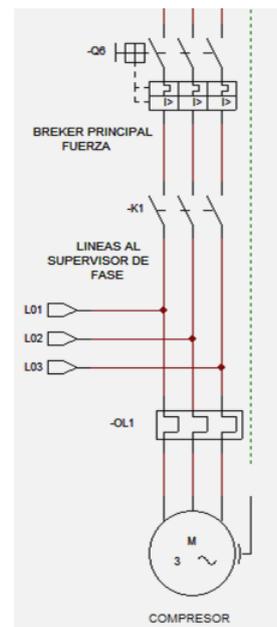


Figura 1. Diagrama de fuerza

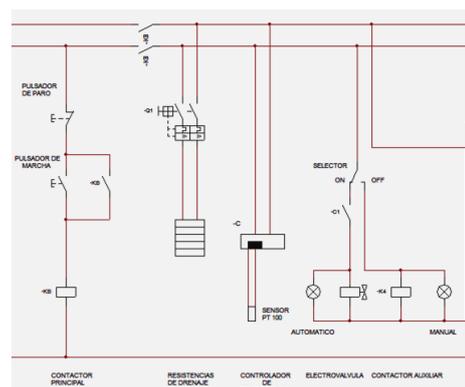


Figura 2. Diagrama de control de electroválvula controlador y marcha del sistema

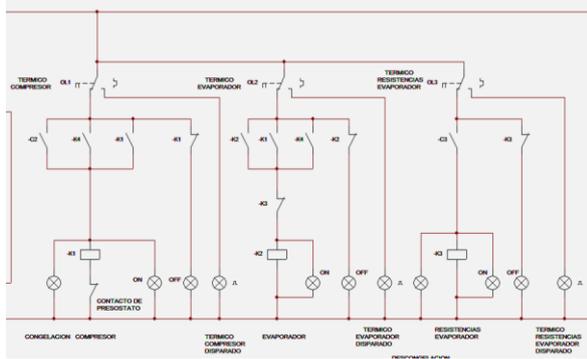


Figura 3. Diagrama de control para congelación y descongelación

### 3. Materiales utilizados

A continuación se detallan los materiales utilizados para la realización del sistema de control y automatización de la unidad de enfriamiento.

#### 3.1. Contactor Magnético

Componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de control, en caso de ser contactores instantáneos esto ocurre tan pronto se energice la bobina.

#### 3.2. Relés térmicos

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua.

#### 3.3. Disyuntor magnético

Los interruptores automáticos son elementos de protección de instalaciones, líneas y receptores, también se llaman interruptores automáticos magneto térmica y en Latinoamérica los llaman termo magnético.

#### 3.4. Supervisor de líneas trifásico

Son dispositivos electrónicos diseñados para proteger a los equipos de fallas prematuras o de daños debido a desequilibrios en el voltaje. Ofrecen una completa protección al monitorear constantemente el sistema tanto las fuentes de poder como las líneas de control. [4]

#### 3.5. Luces indicadoras

Son dispositivos luminosos empleados para indicar el estado de encendido o apagado de algún equipo o aparato eléctrico.

### 3.6. Pulsadores

También llamados interruptores momentáneos. Este tipo de interruptor requiere que el operador mantenga la presión sobre el actuante para que los contactos estén unidos.

### 3.7. Electroválvula

Es un dispositivo operado eléctricamente variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina) y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada.

### 3.8. Presostato

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. [7]

### 3.9. Controlador de temperatura

Es un controlador de temperatura para congelados que automatiza los procesos de deshielo de acuerdo con la necesidad de la instalación, proporcionando gran economía de energía. Trabaja a 220 VCA. Posee dos sensores, uno para temperatura ambiente y otro que, fijado en el evaporador, comanda el final del deshielo y el retorno de los ventiladores. [5]

El sensor de temperatura consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohm y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. [6]

## 4. Tablero de control

El tablero del tablero primeramente se lo realizó en autocad, con las medidas necesarias para la instalación y cableado de todos los equipos como luces indicadoras, pulsadores, selector, y pantalla del controlador de temperatura en la parte de la puerta, permitiendo así tener conocimiento del estado del sistema de control. Este consta de las siguientes medidas:

Alto: 1 metro

Ancho: 40 centímetros

Profundidad: 25 centímetros

### 4.1. Diagrama eléctrico del tablero de control

A continuación se muestra el diagrama de vista frontal y lateral, realizado para la construcción del tablero el cual consta con un cerrado hermético que protege a los equipos de los distintos factores ambientales, y cuenta con una cerradura triangular para asegurar que personal no autorizado pueda tener acceso. (Ver figura 4)

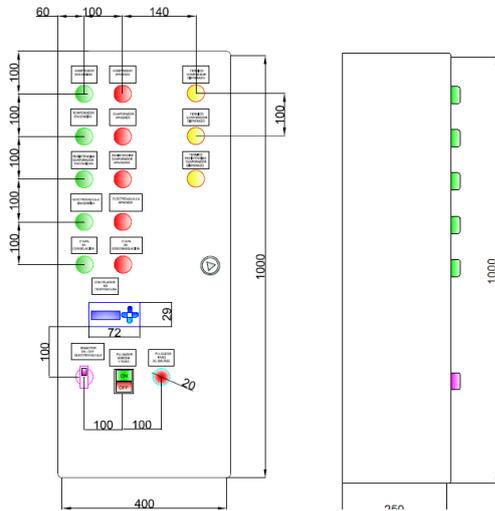


Figura 4. Diagrama del tablero de control

## 5. Cálculo eléctrico

A continuación se detalla el cálculo eléctrico realizado para protección de los distintos equipos utilizados así como también del calibre del conductor, todo dimensionado según las necesidades, para evitar daños y gastos innecesarios.

### 5.1. Cálculo de equipos de protección

#### 5.1.1. Resistencias del evaporador

Según datos de la unidad de enfriamiento el valor de las resistencias que actúan sobre El evaporador consume una corriente de 25 amperios. Como las resistencias no presentan un factor de potencia se puede utilizar la ley de OHM directamente obviando el fp, obteniendo así:

$$\begin{aligned} \text{Disyuntor 2 polos} &= I \times 1,25 = 25 \times 1,25 = 31,25 \text{ Amp} \\ \text{Disyuntor 2 polos} & 40 \text{ Amp} \\ \text{Contactor } P &= V \times I = 220 \times 30 = 6600 \text{ W} \\ \text{Relee Térmico} &= I \times 1,50 = 25 \times 1,50 = 37,5 \text{ Amp} \\ \text{Conductor} &= \# 8 \text{ AWG} \end{aligned}$$

#### 5.1.2. Evaporador

En el evaporador tenemos 2 ventiladores cada ventilador consume  $\frac{1}{4}$  de HP. Tenemos entonces que los dos ventiladores van a consumir 2,15 Amp.

$$\begin{aligned} \text{Disyuntor 2 polos} &= 2,15 \times 1,25 = 2,69 \text{ Amp} \\ \text{Disyuntor 2 polos} & 4 \text{ Amp} \\ \text{Contactor } P &= V \times I \times 0,8 = 220 \times 2,15 \times 0,8 = 378 \text{ W} \\ \text{Relee Térmico} &= I \times 1,50 = 20 \times 1,50 = 30 \text{ Amp} \\ \text{Conductor} &= \# 14 \text{ AWG} \end{aligned}$$

#### 5.1.3. Resistencias de drenaje

Según datos de la unidad de enfriamiento las resistencias de drenaje consumen una corriente de 2 amperios. Y al igual que el cálculo anterior estas no presentan un factor de potencia y se puede utilizar la ley de OHM directamente obviando el fp, obteniendo así:

$$\begin{aligned} \text{Disyuntor 2 polos} &= I \times 1,25 = 2 \times 1,25 = 2,5 \text{ Amp} \\ \text{Disyuntor 2 polos} & 4 \text{ Amp} \\ \text{Conductor} &= \# 14 \text{ AWG} \end{aligned}$$

#### 5.1.4. Compresor

Según datos de la unidad de enfriamiento el valor de corriente que consume el compresor es de 25,06 amperios con un factor de potencia de 0,8 alimentado a una tensión de 220 VAC trifásico. Todos estos datos los aplicamos a las formulas obteniendo los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \text{Disyuntor 3 polos} &= 25,06 \times 1,25 = 31,32 \text{ Amp} \\ \text{Disyuntor 3 polos} & 40 \text{ Amp} \\ \text{Contactor} &= 10 \text{ HP} \\ \text{Relee Térmico} &= 25,06 \times 1,50 = 37,59 \text{ Amp} \\ \text{Conductor} &= \# 8 \text{ AWG} \end{aligned}$$

#### 5.1.5. Disyuntor principal de control

$$\begin{aligned} \text{Disyuntor 2 polos} &= I \text{ resistencia drenaje} + I \\ & \text{ evaporador} \times 1,25 \\ &= 2,69 + 2,5 \times 1,25 = 6,48 \text{ Amperios} \\ \text{Disyuntor 2 polos} & 10 \text{ Amp} \\ \text{Conductor} &= \# 14 \text{ AWG} \end{aligned}$$

## 6. Conclusiones

Se logró crear un sistema de control confiable que garantiza la conservación de los productos de la empresa de helados Topsy cumpliendo con las necesidades de esta.

Adquirimos experiencia y conocimientos acerca de unidades de enfriamiento así como el funcionamiento de cada una de las partes que la integran.

Controlamos una variable física mediante el controlador TC 900Ri y el sistema desarrollado ya que este cumplía con cada una de las condiciones necesarias para un correcto funcionamiento.

Contribuimos al ahorro de energía mediante el sistema de control desarrollado el cual al tener mayor control sobre la variable física funcionara solo en los momentos más necesarios.

Se puso en práctica la lógica cableada la cual es muy empleada en las industrias debido a su bajo costo y gran confiabilidad.

Aplicamos conocimientos adquiridos en cuanto a control, instrumentación y automatización.

Se aprendió a parametrizar un controlador diferente a los estudiados en clase, y de un supervisor de fase según las necesidades del sistema

## 7. Referencias

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor>
- [2] <http://es.wikipedia.org/wiki/Evaporador>
- [3] <http://es.wikipedia.org/wiki/Condensador>
- [4] Supervisores de tensión trifásica, Manual técnico ICM controls 450
- [5] TC-900Ri controlador digital para refrigeración y deshielo, Manual full gauge controls
- [6] PT 100, su operación, instalación y tablas, Manual Arian control e instrumentación
- [7] Presostato, Manual Danfos refrigeration and air conditions