



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALERTA Y MONITOREO  
DE INSTALACIONES FRIGORÍFICAS EN TIEMPO  
REAL”**

**INFORME DE MATERIA INTEGRADORA**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN TELEMÁTICA**

**RICARDO ALBERTO BELTRÁN VILLACÍS**

**JOSÉ EDUARDO GARZÓN RAMÍREZ**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi familia por estar presente en todo momento; impulsándome a mejorar y perseverar en mi formación académica, a mis compañeros y amigos que siempre cooperaron incondicionalmente cuando lo necesité, a todos los docentes que a lo largo de mi instrucción me han impartido sus conocimientos, paciencia y motivación, quienes han plasmado en mí un sentido de valores académicos y morales, fomentando un crecimiento personal y profesional.

### **Ricardo Alberto Beltrán Villacís**

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido alcanzar esta meta, a mis padres por haber sido un pilar fundamental durante toda esta etapa, a mis abuelos y mis hermanos por haber estado para mí en todo momento, a mis familiares y amigos por todo su apoyo y ayuda incondicional, a todos los docentes por haber inculcado en mí valores y aportado con conocimientos y consejos para mi formación académica y personal a lo largo de éstos años.

### **José Eduardo Garzón Ramírez**

## DEDICATORIA

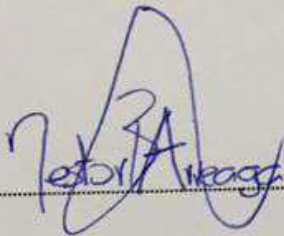
Dedico este proyecto a Dios por estar presente en mi vida; dándome fortalezas para forjar mi camino profesional. A mis padres; quienes con amor se convirtieron en una base esencial a lo largo de este aprendizaje. A mis abuelos quienes con sabiduría me impulsaron a lograr con madurez mis objetivos en esta etapa de mi vida. A todas esas personas importantes que de alguna u otra manera contribuyeron en mi formación. Me es grato poder retribuir con este proyecto a todos ustedes, por su comprensión, paciencia y amor.

**Ricardo Alberto Beltrán Villacís**

Dedico este proyecto de tesis a Dios por haberme dado la sabiduría y fortaleza para continuar en todo momento. A mis padres, abuelos y hermanos por todo su apoyo y motivación en todo momento. A mis compañeros y profesores a lo largo de todos estos años porque aportaron de una u otra manera para la culminación de éste proyecto. Por su paciencia, consejos, enseñanzas y ayuda incondicional, éste proyecto es para todos ustedes.

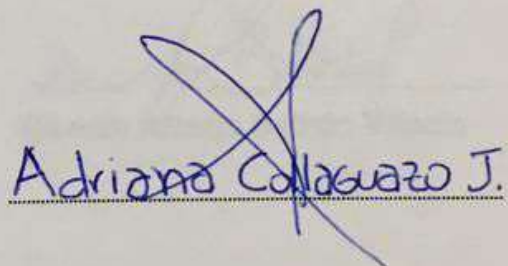
**José Eduardo Garzón Ramírez**

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Néstor Arreaga

**Ing. Néstor Arreaga**  
PROFESOR EVALUADOR



Adriana Collaguazo J.

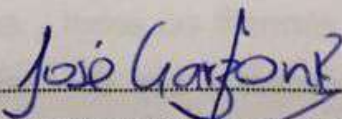
**Ing. Adriana Collaguazo**  
PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Ricardo Alberto Beltrán Villacís



José Eduardo Garzón Ramírez

## RESUMEN

El proyecto propuesto, se presenta como una solución para la sistematización del control de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas, de pequeñas a grandes empresas, debido a que la mayoría cuentan con un control de temperatura manual, lo que produce pérdidas económicas y desgaste de personal humano que monitorea frecuentemente dichas instalaciones, constatando que no existan fallos. Para realizar el proyecto propuesto fue necesario realizar encuestas sobre las preferencias funcionales y económicas de un grupo de empresas pequeñas de la industria alimentaria ubicadas en el cantón de Playas, para así poder diseñar un sistema de telecontrol confiable, funcional que permita el crecimiento de las empresas que lo utilicen, con un valor económico dentro del rango dispuesto a pagar de las empresas.

El sistema de telecontrol está implementado con hardware y software libre y es completamente funcional, el mismo que requiere la medición de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas, para esto se utiliza un sensor electrónico, el mismo que obtiene los valores de temperatura cada 10 segundos, estos valores los podrá observar el encargado de la empresa mediante una página web, para realizar esta acción será necesario autenticarse con un usuario y contraseña que son configurables para la empresa, desde la página web se puede visualizar la temperatura actual dentro de la instalación frigorífica y todas las alarmas que fueron activadas en un rango específico de fechas, en caso de que a empresa requiera reportes en un rango específico de fechas, podrá descargar el mismo desde la página web en formato PDF.

Cuando existan fallos de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas, se envían alertas en tiempo real vía e-mail al encargado, indicando a que productos está afectando la temperatura actual y el tiempo de corrección de fallos antes de que el producto sufra daños de integridad, en caso de que el sensor se encuentra inactivo se enviará una alerta al encargado indicando este fallo.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN.....	vi
CAPÍTULO 1.....	1
1 Descripción del Problema .....	1
1.1 Problema a Resolver .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo General .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Alcance.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2 Diseño y desarrollo .....	5
2.1 Conocimientos previos .....	5
2.1.1 Alteración de alimentos .....	5
2.1.2 Factores que influyen en la alteración de los alimentos....	6
2.1.3 Refrigeración.....	7
2.1.4 Instalaciones frigoríficas .....	7
2.1.5 Refrigeración de alimentos.....	8
2.2 Metodología.....	8
2.3 Herramientas de Hardware.....	9
2.3.1 Arduino Uno .....	9

2.3.2	Módulo Ethernet.....	10
2.3.3	Sensor de Temperatura DTH22 .....	11
2.3.4	Router JCG U700.....	12
2.4	Herramientas de Software .....	12
2.4.1	Servidor Xampp 5.6.23.....	12
2.4.2	Apache.....	13
2.4.3	MySQL .....	14
2.4.4	PHP.....	14
2.4.5	PhpMyAdmin.....	14
2.5	Desarrollo del Sistema.....	15
CAPÍTULO 3.....		22
3	Resultados.....	22
3.1	Resultados de Sistema de Monitoreo .....	22
3.1.1	Temperatura dentro de la Instalación Frigorífica.....	23
3.1.2	Temperatura Crítica .....	24
3.1.3	Tiempo para Corrección de Fallos.....	24
3.2	Resultados de Robustez del Sistema .....	25
3.2.1	Sensor de Temperatura DTH22 .....	25
3.2.2	Almacenamiento de información en Base de Datos .....	26
3.2.3	Envío de alertas vía e-mail .....	27
3.3	Comparación con otros Sistemas de Control.....	29
3.3.1	Comparación de Funcionalidad.....	29
3.3.2	Comparación de Costos .....	30
Capítulo 4 .....		32
4	Análisis de Resultados.....	32
4.1	Análisis de primera encuesta: Sistema de Control de Temperatura. 32	



4.2	Análisis de la segunda encuesta: Un mejor sistema .....	35
4.3	Análisis de Implementación .....	39
4.3.1	Prueba del Sistema: Congelador para ventas .....	39
4.3.2	Prueba del Sistema: Instalación Frigorífica.....	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		44
BIBLIOGRAFÍA.....		46

# CAPÍTULO 1

## 1 Descripción del Problema

Los productos perecederos necesitan constante acción del frío para poder mantener sus propiedades y alargar su vida útil hasta su comercialización, siendo muy susceptibles a variaciones de temperatura, por lo que necesitan estar dentro de instalaciones aptas para su conservación y preservación. [1]

Hoy en día, gracias a los avances tecnológicos, es posible realizar el monitoreo de la temperatura en tiempo real desde cualquier lugar, solo con tener una conexión a internet. Es así como, ahora se pueden suprimir las restricciones de acceso y llegar a una solución útil y eficaz al alcance de pequeñas a grandes empresas.

Muchas empresas de la industria alimentaria de Ecuador no cuentan con un control de temperatura sistematizado dentro de las instalaciones frigoríficas, por lo que personal humano debe realizar este control de forma manual frecuentemente, lo que trae riesgos a la empresa debido a que queda expuesta al error humano, y al factor económico por el daño de los productos.

### 1.1 Problema a Resolver

La congelación es la técnica de conservación de alimentos más usada y efectiva en la industria alimentaria, debido a que de esta forma se detiene el crecimiento de las bacterias. Congelar evita la aparición de microorganismos patógenos en los productos perecederos tales como: carne, pescado, frutas y lácteos, alargando su vida útil, favoreciendo el tiempo de comercialización de estos productos en las empresas [2]. Esto hace indispensable el uso de instalaciones frigoríficas, manteniendo la temperatura correcta para conservar la calidad, integridad y propiedades organolépticas de todos los productos tales como el sabor, textura, olor o color.

Las instalaciones frigoríficas son un factor importante para la cadena alimentaria, debido a que cualquier producto perecedero, se debe mantener dentro de la misma, siendo necesario de forma ininterrumpida la acción del frío a una temperatura ideal antes de su comercialización. De esta forma se aprecia la importancia de que no exista ningún tipo de fallo o error en el control de temperatura dentro de las instalaciones.

Actualmente cientos de empresas de la industria de alimentos sufren pérdidas de producción, debido a fallas del sistema de control de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas, debido a que no existe un control automatizado que monitoree dichas fallas, hasta que es evidente el desfase de temperatura con el daño total o parcial del producto, a causa de tener sistemas de monitoreo manuales, por lo que es necesario personal humano pendiente frecuentemente de dicho sistema. De esta forma se hace necesario que cada empresa que desee la integridad en la calidad de sus productos cuente con un sistema automatizado que alerte al encargado en tiempo real, que existe problemas de temperatura dentro de las instalaciones. Este mecanismo evita pérdidas económicas para la empresa, permite conservar la calidad e integridad de todos los productos, y así ofrecer satisfacción y confianza del cliente.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar un sistema de telecontrol de temperatura en las instalaciones frigoríficas de una pequeña heladería, mediante alertas en tiempo real vía correo electrónico, a fin de reducir el riesgo de perecimiento de los productos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Aplicar mecanismos y métodos que permitan transmitir automáticamente los datos leídos por el sensor de temperatura en

tiempo real, para generar una comunicación local, mediante una IP estática.

- Analizar la temperatura crítica de los productos dentro de las instalaciones frigoríficas y enviar alertas, especificado que producto está sufriendo daños, para agilizar la corrección del fallo.
- Registrar las temperaturas en la base de datos mediante fecha o un rango específico de fechas para obtener un informe detallado.
- Manejar diferentes temperaturas para cada producto dentro de la instalación frigorífica; con ello lograr el mantenimiento y control de una temperatura específica indicando que producto está siendo afectado al momento de existir un fallo.

### **1.3 Justificación**

Las instalaciones frigoríficas son indispensables para que los productos dentro de la misma se puedan conservar y preservar por mayor tiempo, sin embargo, esto depende en gran medida del sistema de control de temperatura que se utilice.

La sistematización para el monitoreo de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas permite reducir el desgaste de personal humano que realice un control manual frecuentemente de la temperatura, dando mayor confiabilidad y seguridad a la empresa, además permite a la empresa disminuir o anular pérdidas económicas por el deterioro de propiedades físicas del producto; permitiendo ahorrar recursos y agilizar el tiempo de corrección al momento de existir un fallo, enviando alertas en tiempo real, debido a que el correo electrónico es uno de los medios de comunicación más usados en la actualidad se opta por realizar alertas por este medio, cuando existan temperaturas desfavorables para los productos dentro de las instalaciones frigoríficas, ya que registra una evidencia sobre las anomalías en la variación de temperatura, la misma que llegará a la persona encargada, en cualquier nivel de la organización.

Es necesario poder visualizar los valores censados de temperatura dentro de la instalación frigorífica, para esto se puede emplear una página web, debido a que le permite al usuario una fácil manipulación y monitoreo de los valores de temperatura y permite dar mayor seguridad para que personas ajenas a la empresa no puedan visualizar los datos que se almacenen en la página web.

#### **1.4 Alcance**

El presente proyecto propone sistematizar el control de temperatura dentro de una instalación frigorífica de una pequeña heladería ubicada en la provincia del Guayas en el cantón Playas, a fin de disminuir pérdidas o deterioro de los productos y optimizar los recursos económicos, para esto es necesario el uso de sensores electrónicos.

Actualmente existen una gran variedad de sensores de temperatura, dependiente del factor económico se elige el tipo de sensor de temperatura que se adecue mejor con las necesidades de la empresa, y realice una función específica. Para el correcto funcionamiento del sistema se debe tener en cuenta los siguientes aspectos puntuales dentro del proyecto:

- Censar varios valores de temperatura en grados Celsius (°C) en base a productos que se conserven a bajas temperaturas, dentro de las instalaciones frigoríficas.
- La implantación del sistema de telecontrol se dará en un entorno de pruebas utilizando una variedad de helados, siendo funcional dentro de las instalaciones frigoríficas.
- Los valores de temperatura censados se podrán observar en una página web, donde el encargado de la empresa tendrá que autenticarse para poder visualizar y manipular dichos datos.

## CAPÍTULO 2

### 2 Diseño y desarrollo

Para el diseño y desarrollo del proyecto se analizaron varios parámetros tales como: el costo de las herramientas de hardware, la capacidad y sensibilidad del sensor para medir temperaturas bajas, el software que sea más amigable y configurable para las necesidades del usuario, entre otras. De esta forma se optó por los mejores materiales que ayuden y logren cumplir los objetivos del proyecto, permitiendo que puedan existir mejoras para el mismo.

#### 2.1 Conocimientos previos

Es necesario mencionar algunos conceptos que faciliten la comprensión de dicho proyecto, y de los factores que influyen directamente a la conservación de los alimentos dentro de las instalaciones frigoríficas.

##### 2.1.1 Alteración de alimentos

Todo organismo vivo nace, se desarrolla y muere. Los alimentos, por su naturaleza biológica, no escapan a esta regla, su descomposición es un fenómeno natural. Desde el punto de vista de conservación, interesan únicamente aquellos cambios que se producen en los alimentos cuando sus procesos bioquímicos han perdido su naturaleza original, por lo que en consecuencia se ha perdido propiedades del alimento.

Los alimentos perecederos presentan un periodo de conservación corto por lo que mediante bajas temperaturas su grado de deterioro disminuye en consideración con el tiempo de almacenaje. Este deterioro es dependiente del tipo de cambio que intervenga ya sean,

cambios no microbianos (internos o externos) o producidos por microorganismos [3].

### **2.1.2 Factores que influyen en la alteración de los alimentos**

Existen diferentes causas para el deterioro de los alimentos que junto al tiempo causan degradación de los alimentos, tales como:

#### **a. Temperatura**

La temperatura trabaja como una barrera para evitar la multiplicación de microbios y producción de toxinas en los alimentos asegurando también un óptimo estado. El frío y el calor no controlados pueden deteriorar los alimentos dentro de una escala moderada de temperatura en la que se manejan los alimentos, de 10 a 38<sup>o</sup>C, tomando en cuenta que el frío no controlado también deteriora los alimentos, ya que la congelación también produce deterioro de alimentos en estado líquido [4].

#### **b. Humedad y sequedad**

Ciertos alimentos son sensibles a la presencia de agua física en la superficie, producida por la condensación de cambios de temperatura, esto puede provocar hidropatías que pueden provocar manchas u otros defectos en la superficie del producto [4].

#### **c. Aire y oxígeno**

Se puede presentar la oxidación que transforma el ácido ferroso en hierro férrico provocando manchas en tono marrón, la oxigenación da origen a tonos rojizos en productos cárnicos, el oxígeno también en la oxidación de las grasas [3].

#### **d. Luz**

La luz es causante de la destrucción de vitaminas, además de deteriorar el color de muchos alimentos ya que penetra en su capa exterior, la sensibilidad depende del tipo de alimento y la intensidad, tipo o fuente de luz que lo deteriore [4] [3].

#### **2.1.3 Refrigeración**

*“Es el proceso de extraer calor de un lugar donde no se desea que exista y transferir dicho calor a un lugar donde su existencia no tiene importancia” [5].*

La refrigeración extrae la energía térmica de un cuerpo para la reducción de temperatura hacia dicho cuerpo. Por las propiedades termodinámicas, la energía se transfiere a otro cuerpo. No hay existencia de frío, siendo la temperatura el reflejo de la cantidad de energía que posee un cuerpo [6].

#### **2.1.4 Instalaciones frigoríficas**

Son una sección dentro de un edificio que cuenta con almacenaje que es controlado mediante un sistema de refrigeración, dependiendo del almacenaje pueden ser los refrigeradores que protegen productos a temperatura media o  $0^{\circ}\text{C}$  y cuartos de baja temperatura que trabajan a temperaturas menores de los  $0^{\circ}\text{C}$  para poder extender el tiempo de vida del producto [7]. Las instalaciones frigoríficas suministran de manera segura y eficaz los servicios de climatización y frío necesarios para tomar a consideración en las condiciones térmicas, higiénicas y sanitarias que exigen los procesos industriales [8].

Dichas instalaciones deben cumplir un diseño que permita el volumen y la temperatura adecuada a los productos que requieran estar almacenados para una efectiva conservación.



Las instalaciones frigoríficas de bajas temperaturas funcionan por debajo de los 0° C, para evitar maduración u oxidación. Los alimentos congelados se conservan por debajo de los 18°C aproximadamente, en un rango entre los -23° C y -29 °C; los productos cárnicos en un intervalo de -40° C y -44° C [7].

### **2.1.5 Refrigeración de alimentos**

El objetivo general de la refrigeración de los alimentos es ampliar su vida útil tanto comercial como industrial, y en consecuencia incrementar sus posibilidades de conservación [3].

En refrigeración, los alimentos perecederos tienen un tiempo de conservación de días o semanas que varía según sea el tipo de alimento y las condiciones de temperatura a las cuales se encuentren expuestas evitando la proliferación de patógenos que se encuentran en los alimentos.

## **2.2 Metodología**

Se opta por una metodología experimental cuantitativa en la cual se recopiló información del entorno, como disponibilidad de servicios básicos e internet, cambios de niveles de voltaje, niveles de humedad, promedios de temperaturas. Se procedió a realizar encuestas en diferentes ocasiones a empresas pequeñas de la industria alimentaria, para constatar la forma del control de temperatura que usan dentro de las instalaciones frigoríficas.

El proceso experimental está basado en la adquisición de datos usando el sensor de temperatura DTH22. El procesamiento y envío de datos se realiza mediante la tarjeta controladora Arduino Uno, en la cual se programa un algoritmo que permita transmitir los datos leídos por el sensor de temperatura, mediante el módulo Ethernet, estableciendo una conexión LAN entre el Arduino Uno y el Router, para generar una comunicación local, y poder almacenar los datos censados. El análisis y monitoreo de los datos adquiridos, se realiza

mediante un gestor de bases de datos MySQL, con envío y consulta de datos vía PHP, alojado en un servidor en la misma red LAN con conexión a internet para él envió de alertas vía e-mail, al obtener datos críticos de temperatura de acuerdo a cada producto, de esta forma se informa al usuario del fallo dentro de las instalaciones frigoríficas. Para poder tener un detalle de todos los datos censados en una fecha o en un rango específico, se usa una página web estática que permitirá al administrador obtener un reporte que incluye las alarmas activadas según el filtrado que mejor se acomode a sus necesidades.

## **2.3 Herramientas de Hardware**

La elección de las herramientas de hardware es muy importante, debido a que se deben elegir los mejores materiales para que el proyecto pueda funcionar correctamente.

### **2.3.1 Arduino Uno**

Arduino es una plataforma electrónica, de código abierto, cuyo hardware y software son flexibles y amigables con el usuario siendo muy fácil de usar [9].

Arduino es una excelente para proyectos electrónicos debido a que es relativamente barato, multiplataforma, extensible, con un entorno de programación simple, directa, de código abierto, y que permite obtener información de una gran gama de sensores. Existe una gran variedad de tarjetas de Arduino, todas son programables con el Arduino IDE que puede ser descargado gratuitamente.

Arduino Uno es uno de los de referencia para la plataforma Arduino, también llamado Arduino Uno R3, ya que es uno de los más usados, al ser una placa de circuito impreso cuyo microcontrolador (ATmega328) cuenta con entradas y salidas analógicas y digitales, tiene un tamaño de 75x53mm, puede ser alimentada mediante USB o una fuente externa, su voltaje operativo es de 5 Voltios, cuenta con

14 pines digitales y 6 analógicos, con una memoria ROM de 32 KB, SRAM de 2KB, y un botón para reiniciar el microcontrolador [10].

En la figura 2.1 se puede observar el Arduino Uno con todos sus componentes, pines y circuitos integrados.



**Figura 2.1: Frontal y reverso de la placa Arduino Uno.**

### 2.3.2 Módulo Ethernet

Es una placa que se acopla encima del Arduino Uno permitiendo tener conexión a Internet; Para él envío de datos se lo puede conectar a un Router utilizando un cable RJ45 (categoría 5 o 6) asignándole una dirección IP y usando las librerías de programación disponibles para la plataforma Arduino. En la figura 2.2 se puede apreciar el módulo Ethernet compatible con el Arduino Uno.



**Figura 2.2: Módulo Ethernet para Arduino Uno.**

### 2.3.3 Sensor de Temperatura DTH22

El sensor de temperatura DTH22 es un módulo que realiza la medición simultánea de la temperatura y humedad proporcionando una alta fiabilidad y estabilidad. Dispone de un procesador interno que realiza el proceso de medición, proporcionando una salida de datos digital. Este sensor dispone de una librería, para poder utilizarse con el Arduino Uno.

Las características del sensor DTH22 son las siguientes:

- Medición de temperatura entre  $-40$  a  $80^{\circ}\text{C}$ , con una precisión de  $0.5^{\circ}\text{C}$ .
- Medición de humedad entre  $0$  a  $100\%$ , con precisión del  $2-5\%$ .
- Frecuencia de muestreo de  $2$  muestras por segundo ( $2\text{ Hz}$ ).

En la figura 2.3 se describe el diseño eléctrico utilizado para realizar la medición de la temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas, para lo cual se utilizó un protoboard y una resistencia eléctrica.

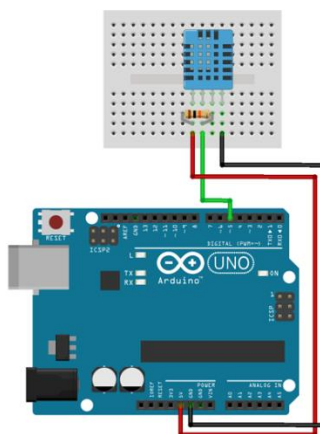


Figura 2.3: Circuito eléctrico entre Arduino Uno y sensor DTH22 [11]

### 2.3.4 Router JCG U700

El Router es un dispositivo que permite la interconexión de redes a nivel de capa 3 del Modelo OSI [12].

El Router JCG U700 tiene incorporada 2 antenas omnidireccionales externas de 5 dB, cuenta con una velocidad de datos inalámbricos de 300 Mbps, cuenta con un puerto WAN, banda de frecuencia 2,4 GHz y 4 puertos LAN y una potencia de transmisión de 17dBm.

En la figura 2.4 se puede observar el Router JCG y sus componentes, los mismos que se usaron para poder obtener la conexión Lan.



**Figura 2.4: Router JCG U700**

## 2.4 Herramientas de Software

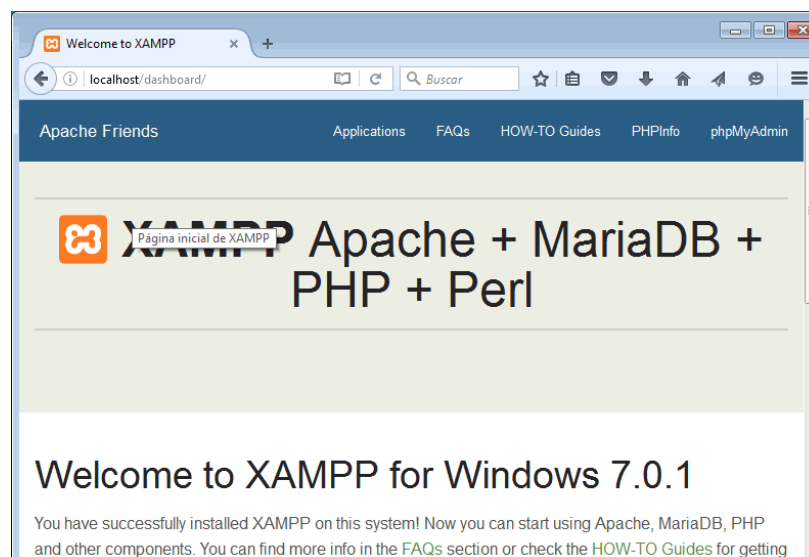
Las herramientas de software complementan el proyecto, siendo la parte más importante del mismo, debido a que permiten observar los resultados obtenidos mediante una página web.

### 2.4.1 Servidor Xampp 5.6.23

Es un empaquetado que incluye Apache, bases de datos MySQL, PHP, Perl, phpMyAdmin. Es un servidor independiente, gratuito, seguro y rápido, de plataforma que sirve para hacer pruebas locales

web sin necesidad de una conexión a un servidor de internet, y que funciona para cualquier sistema operativo [13].

En la figura 2.5 se puede observar el entorno gráfico del servidor Xampp.



**Figura 2.5: Página de inicio de Xampp**

### 2.4.2 Apache

Es un servidor web HTTP completamente libre, es Open Source es decir cualquier persona lo puede usar y modificar, es estable y seguro, usa licencia GPL (Licencia Pública General GNU), es multiplataforma gracias a esto mantendrá su rendimiento sin importar el sistema operativo que se emplee, se usa para la creación de páginas y servicios web. Soporta lenguajes como PHP, Perl, Python. Apache es usado frecuentemente para enviar páginas web estáticas y dinámicas en la World Wide Web (Red Informática Mundial) [14].

### 2.4.3 MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos relacionales, multihilo y multiusuario que permite al usuario definir, crear, mantener, administrar y controlar el acceso a la base de datos; es Open Source, usa licencia GPL.

Es una base de datos robusta, y flexible que permite trabajar con internos como aplicaciones web, almacenamiento de datos, sistemas de mensajerías y muchas más. Las ventajas de usar MySQL es que su servidor es muy rápido, seguro y fácil de usar [15].

### 2.4.4 PHP

Es un lenguaje de programación de código abierto, totalmente libre, que se utiliza para el desarrollo web de contenido dinámico que puede ser escrito en HTML. El código de PHP es ejecutado en el servidor web a través de un intérprete para la creación de páginas web. Puede ser aplicado en la mayoría de servidores web. Una de las ventajas es que es fácil realizar un proyecto en PHP ya que utiliza paquetes autoinstalables que integran Apache y MySQL para Windows y Linux [16].

### 2.4.5 PhpMyAdmin

Es una herramienta escrita en PHP que facilita y permite manejar la administración de MySQL a través de páginas webs, utilizando internet. Permite crear, eliminar Bases de Datos, crear, eliminar, editar tablas, borrar, añadir y editar campos y ejecutar cualquier sentencia SQL, así mismo administrar privilegios [17]. En la figura 2.6 se puede observar el entorno gráfico de PhpMyAdmin y sus diferentes herramientas y opciones las mismas que son una gran ventaja al momento de administrar bases de datos.

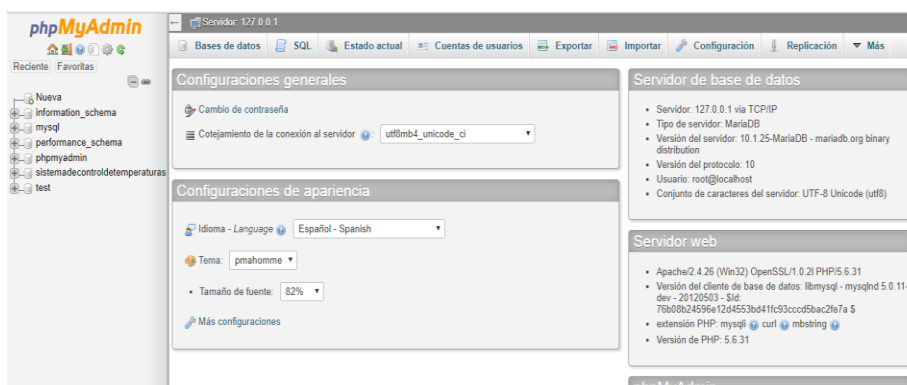


Figura 2.6: Entorno de phpMyAdmin.

## 2.5 Desarrollo del Sistema

El sistema monitorea la temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas mediante el sensor DHT22, utilizando un algoritmo de programación en el Arduino Uno para poder obtener los datos de temperatura cada 20 segundos, usando el módulo Ethernet para comunicarse con el Router. En la figura 2.7 se describe el código implementando para poder obtener la temperatura, en la cual se realiza la asignación de la IP con la cual se comunicará el Arduino uno, y el tiempo establecido para que este constantemente obteniendo valores de temperatura.

```

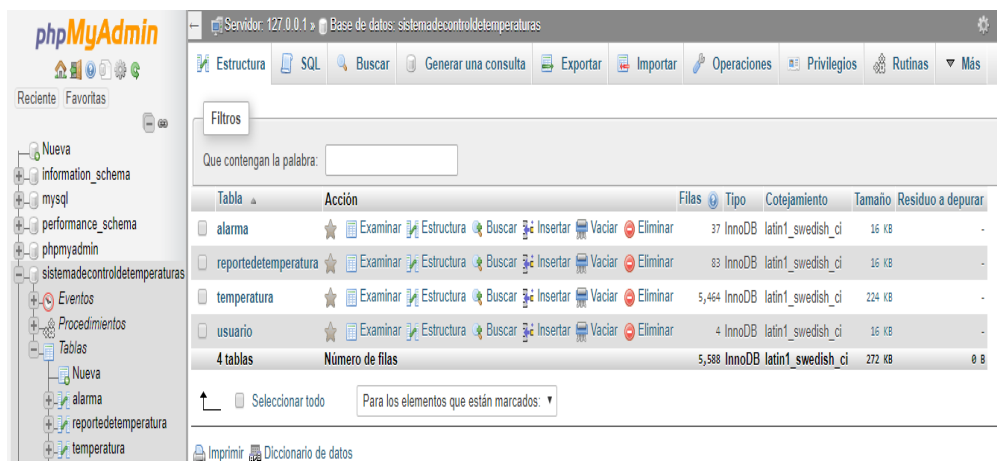
dht22 | Arduino 1.6.10
File Edit Sketch Tools Help
dht22 $
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include "cactus_io_DHT22.h"
#define DHT22_PIN 2 // what pin on the arduino is the DHT22 data line connected to
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
DHT22 dht(DHT22_PIN);
IPAddress ip(192, 168, 0, 116);
IPAddress myDns(8, 8, 8, 8);
IPAddress server(192, 168, 0, 115);
EthernetClient client;
unsigned long ultimaConexion = 0;
// Estado de la ultima conexion
boolean ultimoEstado = false;
// Intervalo en milisegundos entre conexiones
const unsigned long intervaloConexion = 10000;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Ethernet.begin(mac, ip, myDns);
  Serial.print("Direccion IP: ");
  Serial.println(Ethernet.localIP());
  dht.begin();
}
void loop() {
  int err;
  dht.readHumidity();
  dht.readTemperature();
  if (isnan(dht.humidity) || isnan(dht.temperature_C)) {

```

Figura 2.7: Código para obtener dato de temperatura en Arduino Uno.

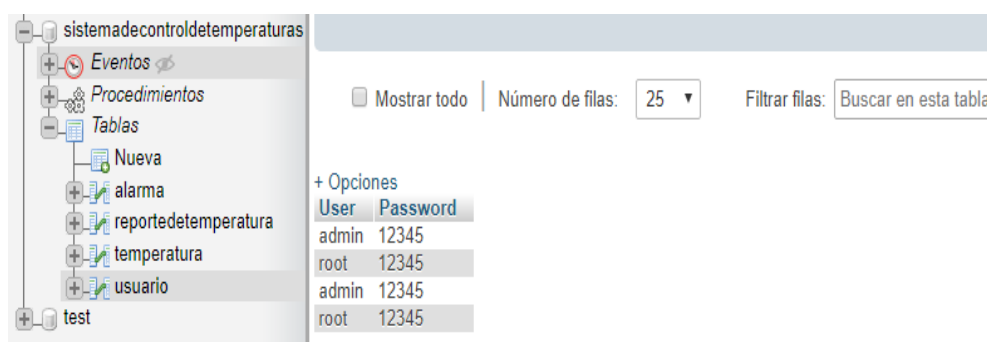


Se usa un servidor web Xampp, con el cual mediante phpMyAdmin se tiene una base de datos con el nombre “sistemadecontroldetemperaturas” que se compone de 4 tablas; la cual se detalla en la figura 2.8.



**Figura 2.8: Captura de pantalla de Base de datos “sistemadecontroldetemperaturas” con sus respectivas tablas.**

- a. **Tabla “usuario”:** Con esta tabla se puede verificar el acceso de un usuario a la página web, cuyos campos son User y Password. En la figura 2.9 se puede observar la tabla “usuario” y sus respectivos campos, los mismos que son configurables según los requerimientos de la empresa.



**Figura 2.9: Captura de pantalla de la tabla “usuario”.**

- b. **Tabla “temperatura”:** Esta tabla tiene como campos Fecha y Temperatura; fecha es la fecha instantánea actual y temperatura es el dato obtenido por el sensor, cada 20 se escriben registros en esta tabla. En la figura 2.10 se puede observar la tabla “temperatura”, sus respectivos campos y los valores que se han ido registrando en un fecha específica.

Temperatura	Fecha
24	2017-06-23 09:30:55
24	2017-06-23 09:31:16
24	2017-06-23 09:31:36
24	2017-06-23 09:31:57
24	2017-06-23 09:32:17
24	2017-06-23 09:32:37
24	2017-06-23 09:32:58
24	2017-06-23 09:33:18
24	2017-06-23 09:33:38
24	2017-06-23 09:33:59
24	2017-06-23 09:34:19
24	2017-06-23 09:34:39
24	2017-06-23 09:35:00

Figura 2.10: Captura de pantalla de la tabla “temperatura”.

- c. **Tabla “reportedetemperatura”:** Esta tabla recibe cada 30 minutos los datos de sensor DTH22, tiene como campos Fecha, Temperatura, Comentario; comentario este campo indica a que producto afecta la temperatura que está leyendo el sensor. En la figura 2.11 se puede observar la tabla “reportedetemperatura” y sus respectivos campos.

Fecha	Temperatura	Comentario
2017-07-18 00:28:00	-3	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 00:41:00	-1	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 00:44:00	8	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 00:45:00	12	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 00:48:00	20	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 00:49:00	20	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 00:50:00	20	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 00:55:00	20	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 01:11:20	15	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 01:11:40	15	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 01:12:00	15	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 01:12:20	15	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 01:12:40	15	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 01:13:00	15	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 01:13:20	15	Temperatura crítica para helados de agua
2017-07-18 01:14:30	-30	Temperatura correcta

Figura 2.11: Captura de pantalla de la tabla “reportedetemperatura”.

- d. **Tabla “alarma”**: Esta tabla indica que existen fallos de temperatura dentro de la instalación frigorífica y tiene como campos Fecha, Comentario, Temperatura, TDescongelacion, este campo indica el tiempo de descongelación en el cual se puede dañar el producto, este campo es configurable según el producto. En la figura 2.12 se puede observar la tabla “alarma” y sus respectivos campos.

Temperatura	Fecha	Comentario	TDescongelacion
10	2017-07-18 02:47:10	Temperatura critica para helados de agua	8:00:00
21	2017-07-26 09:59:30	Temperatura critica para helados de agua	8:00:00
21	2017-07-26 10:00:00	Temperatura critica para helados de agua	8:00:00
21	2017-07-26 10:00:30	Temperatura critica para helados de agua	8:00:00
10	2017-08-02 01:23:49	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
12	2017-08-02 01:45:54	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
22	2017-08-02 01:55:56	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
17	2017-08-02 02:42:33	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
14	2017-08-02 02:43:28	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
32	2017-08-02 02:49:28	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
2	2017-08-02 02:58:09	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
27	2017-08-02 15:00:00	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
25	2017-08-02 15:30:00	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00
22	2017-08-02 16:00:00	Temperatura desfavorable para helados de agua, ran...	8:00:00

**Figura 2.12: Captura de pantalla de la tabla “alarma”.**

Para la generación de páginas web se usó PHP con el software Dreamweaver; al entrar a la página web local el primer paso es autenticarse, una vez que el usuario se autentica, podrá ver la temperatura actual dentro de la instalación frigorífica, además de esto tendrá la opción de generar reporte de todas las temperaturas medidas por el sensor o, de todas las alarmas que hayan existido en un rango específico de fechas, adicionalmente tendrá la opción de ver dichos datos de forma gráfica.

Ambos reportes muestran los campos son: temperatura, fecha, observaciones y tiempo de descongelación. El gestor encargado podrá exportar como PDF dichos reportes, a continuación, se muestran las respectivas pantallas y opciones de la página web:

En la figura 2.13 se puede observar la página de inicio del sitio web, donde el usuario deberá autenticarse para poder ver y realizar las diversas opciones.



**Figura 2.13: Captura de pantalla de autenticación en la página web.**

En la figura 2.14 se puede observar la página principal del sitio web, donde se muestran las diferentes opciones que se pueden realizar.



**Figura 2.14: Captura de pantalla del menú principal de la página web.**

En la figura 2.15 se puede observar el sitio web, con la opción de “Generar Reporte de alarmas”.

## Generar Reporte de alarmas

Fecha inicio  [Seleccionar fecha](#)

Fecha final  [Seleccionar fecha](#)

[GENERAR](#)

Exportar en PDF  
Ver Gráfico

Fecha	Temperatura	Comentario	Tiempo de Descongelacion
2017-08-02 01:23:49	10 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura ideal entre -8C y -12C	8:00:00
2017-08-02 01:45:54	12 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura ideal entre -8C y -12C	8:00:00
2017-08-02 01:55:56	22 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura ideal entre -8C y -12C	8:00:00
2017-08-02 02:42:33	17 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura ideal entre -8C y -12C	8:00:00
2017-08-02 02:43:28	14 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura ideal entre -8C y -12C	8:00:00

**Figura 2.15: Captura de pantalla de opción “Generar Reporte de alarmas”.**

En la figura 2.16 se puede observar el sitio web, con la opción de “Generar Reporte de temperaturas”.

## Generar Reporte de temperaturas

Fecha inicio  [Seleccionar fecha](#)

Fecha final  [Seleccionar fecha](#)

[GENERAR](#)

Exportar en PDF  
Ver Gráfico

Fecha	Temperatura	Comentario
2017-08-02 15:00:00	27 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura permitido entre -8C y -12C
2017-08-02 15:30:00	25 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura permitido entre -8C y -12C
2017-08-02 16:00:00	22 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura permitido entre -8C y -12C
2017-08-02 16:30:00	22 C	Temperatura desfavorable para helados de agua, rango de temperatura permitido entre -8C y -12C

**Figura 2.16: Captura de pantalla de opción “Generar Reporte de temperaturas”.**

En la figura 2.17 se puede observar el sitio web, con la opción de “Ver Gráfico”.



**Figura 2.17: Captura de pantalla de opción “Ver Gráfico”.**

En la figura 2.18 se puede observar el sitio web, con la opción de “Exportar en PDF”.

REPORTE DE TEMPERATURA		
Fecha	Temperatura	Comentario
2017-09-01 11:57:30	-16 C	Temperatura correcta
2017-09-01 11:58:20	-16 C	Temperatura correcta
2017-09-01 12:12:57	-17 C	Temperatura correcta
2017-09-01 12:13:20	-17 C	Temperatura correcta
2017-09-01 12:14:10	-17 C	Temperatura correcta
2017-09-01 12:15:00	-17 C	Temperatura correcta
2017-09-01 12:15:50	-17 C	Temperatura correcta
2017-09-01 12:16:40	-17 C	Temperatura correcta
2017-09-01 12:17:30	-17 C	Temperatura correcta
2017-09-01 12:18:20	-17 C	Temperatura correcta

**Figura 2.18: Captura de pantalla de opción “Exportar en PDF”.**

## CAPÍTULO 3

### 3 Resultados

Para la implementación del sistema de alerta y monitoreo en las instalaciones frigoríficas se realizaron varias pruebas acerca de los niveles de temperatura que soportan los diferentes tipos de helados y el tiempo estimado para la corrección de fallos, ya que cada tipo de helado tiene una temperatura crítica y tiempo de corrección diferentes. Esta información se la obtuvo en pruebas realizadas en una instalación frigorífica de una pequeña heladería, la temperatura crítica de los helados varía de acuerdo a las condiciones y capacidades de cada instalación frigorífica.

Una vez obtenido el rango de temperatura operacional y el tiempo de corrección, estos datos se ingresan en nuestra base de datos para poder realizar el monitoreo y él envió de alertas en caso de que la temperatura no esté en el rango operacional, enviando a su vez la información sobre el tiempo de corrección que se tiene antes de que el producto se descomponga, finalmente se realizaron pruebas del funcionamiento del prototipo, donde se corrigieron fallas técnicas, aumentando la robustez y la capacidad del sistema para soportar bajas temperaturas.

#### 3.1 Resultados de Sistema de Monitoreo

El sistema de monitoreo verifica que los niveles de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas sea la correcta, para que de esta forma los productos dentro de la misma no sufran pérdidas en su calidad e integridad y mantengan todas sus propiedades. Otro factor importante es el tiempo que un producto puede mantenerse sin descomponerse, en caso de existir un fallo de temperatura dentro de la instalación frigorífica.

Para nuestro caso los productos dentro de las instalaciones frigoríficas son toda variedad de helados, los cuales tienen diferentes temperaturas críticas y tiempo estimado antes de su descomposición.

### 3.1.1 Temperatura dentro de la Instalación Frigorífica

El control de la temperatura dentro de la instalación frigorífica se lo realiza mediante el sensor DTH22, cuando el sistema obtenga una temperatura crítica que no esté en el rango correcto, se enviará una alerta en tiempo real vía e-mail al gestor encargado, esta alerta contendrá el tipo de producto que está siendo afectado y el tiempo estimado antes de que el mismo se descomponga, a su vez almacenará dichos datos en la base de datos, para de esta forma llevar un control para futuros reportes de anomalías que requiera la empresa. En la figura 3.1 se puede observar la instalación frigorífica, junto con el sistema de medición de temperatura.



**Figura 3.1: Instalación frigorífica de almacenamiento de helados.**



### 3.1.2 Temperatura Crítica

Es la temperatura máxima que un producto puede alcanzar antes de sufrir pérdidas en la integridad de sus propiedades.

Mediante experimentación y pruebas se pudieron obtener la temperatura crítica de los helados, de esta forma:

- Helados de agua se deben mantener en un rango de temperatura desde  $-4^{\circ}\text{C}$  a  $-30^{\circ}\text{C}$ .
- Helados pasteurizados se deben mantener en un rango de temperatura desde  $-8^{\circ}\text{C}$  a  $-30^{\circ}\text{C}$ .
- Tortas Heladas se deben mantener en un rango de temperatura desde  $-6^{\circ}\text{C}$  a  $-30^{\circ}\text{C}$ .

### 3.1.3 Tiempo para Corrección de Fallos

Tiempo en el cual un producto dentro de la instalación frigorífica puede mantenerse sin perder sus propiedades y descomponerse, desde el momento que existe un fallo en la temperatura dentro de la instalación frigorífica, se ha fijado un tiempo promedio estimado para todos los productos, este tiempo está ligado a la capacidad y condiciones de la instalación frigorífica.

Las cámaras frigoríficas cuentan con una función en la cual se apaga automáticamente cuando llega a  $-30^{\circ}\text{C}$  para de esta forma no tener una congelación excesiva de los productos.

De acuerdo a las pruebas realizadas para los helados se obtuvieron los siguientes datos de tiempo, para la corrección de fallos antes de su descomposición:

- Temperaturas entre  $-3^{\circ}\text{C}$  y  $0^{\circ}\text{C}$ , un tiempo estimado para la corrección de fallos de 9 horas.
- Temperaturas entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $5^{\circ}\text{C}$ , un tiempo estimado para la corrección de fallos de 6 horas.

- Temperaturas mayores a 5°C, la corrección debe ser inmediata.

### 3.2 Resultados de Robustez del Sistema

Basados en varias pruebas experimentales, se tienen resultados sobre la capacidad que tiene el sistema para soportar bajas temperaturas dentro de las instalaciones frigoríficas para eso es necesario evaluar cada parte del sistema.

#### 3.2.1 Sensor de Temperatura DTH22

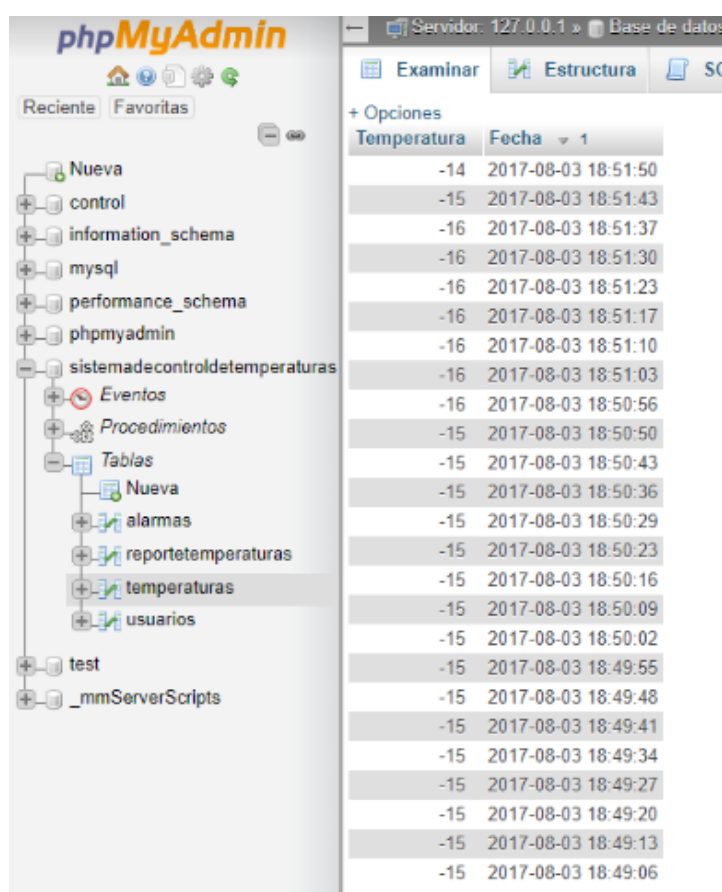
Se procedió a realizar pruebas sobre el funcionamiento y su capacidad, en varios intervalos de tiempos y a diferentes temperaturas, no se tuvieron problemas ni inconvenientes, y se pudo obtener los datos de temperatura dentro de la instalación frigorífica. En la figura 3.2 se puede observar el sistema funcionando correctamente en un congelador casero, este congelador puede alcanzar temperaturas cercanas y muy parecidas a las de las instalaciones frigoríficas.



**Figura 3.2: Sistema funcionando correctamente dentro de congelador.**

### 3.2.2 Almacenamiento de información en Base de Datos

Quedo comprado que no existe ningún tipo de problema para almacenar los datos censados, incluso aunque estos sean en gran cantidad, ya que se obtienen nuevos valores de temperatura cada 10 segundos (dependiendo de la capacidad del Router y la velocidad de conexión a internet de la empresa), estos datos se almacenan en la base de datos, a la espera de que se requiere un detalle o reporte de los mismos, en un rango de fechas seleccionadas por el usuario. En la figura 3.3 se pueden observar los valores de temperatura reales obtenidos y almacenados dentro de la base de datos.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface. On the left, a tree view shows the database structure, with the 'sistemadecontroldetemperaturas' database selected. Under 'Tablas', the 'temperaturas' table is highlighted. On the right, a table view displays the data for the 'temperaturas' table. The table has two columns: 'Temperatura' and 'Fecha'. The data shows a series of temperature readings (ranging from -14 to -16) and timestamps from 2017-08-03 18:49:06 to 2017-08-03 18:51:50.

Temperatura	Fecha
-14	2017-08-03 18:51:50
-15	2017-08-03 18:51:43
-16	2017-08-03 18:51:37
-16	2017-08-03 18:51:30
-16	2017-08-03 18:51:23
-16	2017-08-03 18:51:17
-16	2017-08-03 18:51:10
-16	2017-08-03 18:51:03
-16	2017-08-03 18:50:56
-15	2017-08-03 18:50:50
-15	2017-08-03 18:50:43
-15	2017-08-03 18:50:36
-15	2017-08-03 18:50:29
-15	2017-08-03 18:50:23
-15	2017-08-03 18:50:16
-15	2017-08-03 18:50:09
-15	2017-08-03 18:50:02
-15	2017-08-03 18:49:55
-15	2017-08-03 18:49:48
-15	2017-08-03 18:49:41
-15	2017-08-03 18:49:34
-15	2017-08-03 18:49:27
-15	2017-08-03 18:49:20
-15	2017-08-03 18:49:13
-15	2017-08-03 18:49:06

Figura 3.3: Almacenamiento de datos reales censados en instalación frigorífica.

### 3.2.3 Envío de alertas vía e-mail

Se usa un servidor SMTP Gmail para tener una gran capacidad de almacenaje de correo electrónico, en el cual no existieron fallas al momento de censar una temperatura crítica dentro de las instalaciones frigoríficas, no hubo saturación del servidor debido a que las alertas son creadas cada 30 minutos y no existe llenado masivo de correo electrónico.

Adicionalmente se enviarán alertas en caso de que el sensor se encuentre inactivo por más 30 minutos y se generará un reporte diario, el mismo que se enviará el siguiente día con todas las temperaturas censadas el día anterior, la hora de envío de dicho reporte es configurable según los requerimientos de la empresa.

Cada correo electrónico se enviará con asunto distinto, dependiendo si existe algún tipo de alerta o reporte, como se detalla a continuación: En la figura 3.4 y 3.5 se puede observar el envío de las diferentes alertas vía correo electrónico.

#### Alerta de temperatura



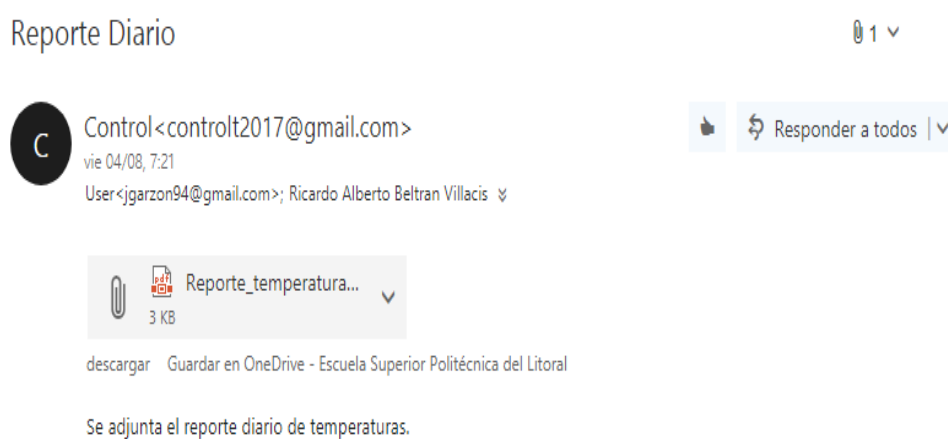
**Figura 3.4: Envío de alertas para temperaturas críticas.**

## Alerta de inactividad



**Figura 3.5: Envío de reporte diario con las temperaturas.**

En la figura 3.6 se puede observar el correcto envío del reporte diario con todas las temperaturas registradas el día anterior en un archivo adjunto con formato PDF.



**Figura 3.6: Envío de reporte diario con las temperaturas.**

### **3.3 Comparación con otros Sistemas de Control**

Existen soluciones alternativas para el control de la temperatura dentro de una instalación frigorífica como: utilizar un sistema de cámaras de video apuntadas al termostato, o control manual, pero la idea es llegar a una solución integral. En el mercado actual hay varias alternativas ya implementadas, con la gran limitación de no ser código abierto y no totalmente configurables.

Una de estas soluciones es Sitrad; el cual es un software que es usado para la administración a distancia de las instalaciones frigoríficas, este sistema evalúa, almacena y configura constantemente la temperatura [18].

#### **3.3.1 Comparación de Funcionalidad**

Ambas soluciones son eficientes; sin embargo, un aspecto importante se da debido a que la solución planteada es de código abierto lo que permite al usuario usar y modificar según lo requiera, además permite enviar un mayor número y variedad de alarmas, que pueden ser configuradas según las necesidades de la empresa.

Otro punto importante es que la interferencia es nula, hacia la red de datos de la empresa y el sistema de alimentación eléctrico de las instalaciones frigoríficas; por el contrario, al usar Sitrad la alimentación eléctrica de la empresa es compartido con las cámaras frigoríficas, es decir que si la cámara no cuenta con energía eléctrica el sistema tampoco.

El sensor usado por Sitrad es mucho más robusto, esto permite medir mayor variedad de parámetros como: calentamiento, climatización, humedad y calentamiento solar, dando mayor precisión en los datos al encargado. Finalmente, Sitrad es más fácil de configurar para el usuario normal, y cuenta con una interfaz más amigable.

### 3.3.2 Comparación de Costos

Sitrad es un software gratis que puede descargarse desde la web; sin embargo, necesita varios materiales para poder funcionar correctamente, los cuales se detallan a continuación en la Tabla 1:

Materiales	Precio Unitario
Control AHC-80 Plus	\$135,00
Cable UTP Cat6A para exteriores, rollo 50mts	\$65,00
Block Connection	\$35,00
Conv32	\$30,00
Server Dell PowerEdge T20	\$455,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$720,00</b>

**Tabla 1: Detalles del costo de usar software Sitrad.**

En la tabla 2 se detalla el costo total del proyecto planteado, donde se detalla el precio de todos materiales usados.

Materiales	Precio Unitario
Sensor de Temperatura DTH22	\$20,00
Arduino Uno	\$20,00
Módulo Ethernet	\$15,00
Router JCG U700	\$35,00
Servidor basado en Windows	\$400,00
Materiales extra (Patch Cord Utp 5e, cable jumper, conector de pared para alimentación de Arduino Uno)	\$15,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$505,00</b>

**Tabla 2: Detalles del costo de Proyecto Integrador.**

El uso del software Sitrad tiene un costo más elevado que el proyecto propuesto, siendo está una mejor elección para una empresa pequeña y una gran ventaja para nuestro sistema, incluso el valor del proyecto propuesto puede disminuir si la empresa dispone de un servidor Windows, en cuyo caso el valor total sería de: \$105,00.

Al usar un control de temperatura sistematizado la empresa ahorra recursos económicos referentes a la contratación de empleados cuyo trabajo principal sea el monitorio y control de la temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas, siendo esto una gran ventaja para la empresa que adquiera nuestro sistema.



## CAPÍTULO 4

### 4 Análisis de Resultados

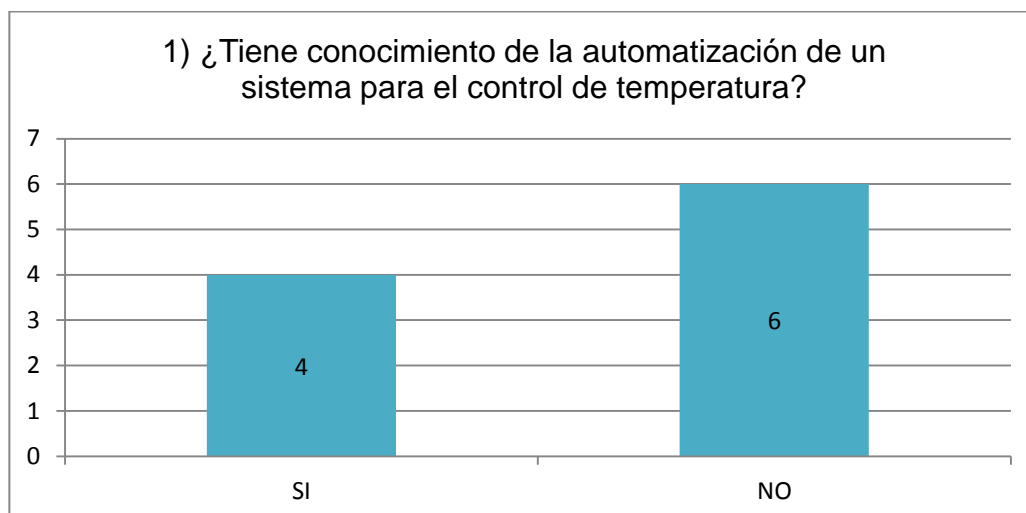
Para la implementación del sistema, fue necesario conocer el tipo de control de temperatura que usan las empresas dentro de las instalaciones frigoríficas y el nivel de aceptación que tienen las empresas al optar por un control sistematizado. Es por esto que se realizaron encuestas a pequeñas empresas del cantón de Playas.

Una vez recopilada la información se procedieron a realizar pruebas del prototipo del sistema de telecontrol dentro de una instalación frigorífica en pequeña empresa de helados de 5 metros cuadrados aproximadamente, en la cual se realizaron las pruebas del sensor de temperatura y la robustez del sistema completo.

#### 4.1 Análisis de primera encuesta: Sistema de Control de Temperatura

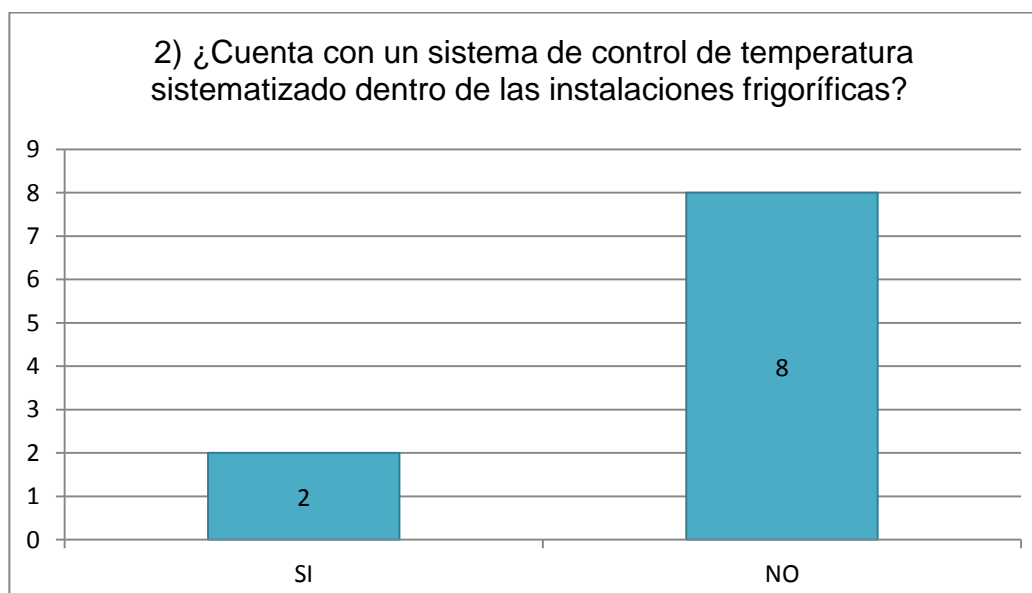
En la primera encuesta realizada se analizó la forma del control de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas de pequeñas empresas, y la factibilidad y aceptación que tiene un control sistematizado para la temperatura dentro de una instalación frigorífica.

En la figura 4.1 podemos observar que el 60% de las empresas encuestadas no tiene el conocimiento de la automatización de un sistema para el control de temperatura.



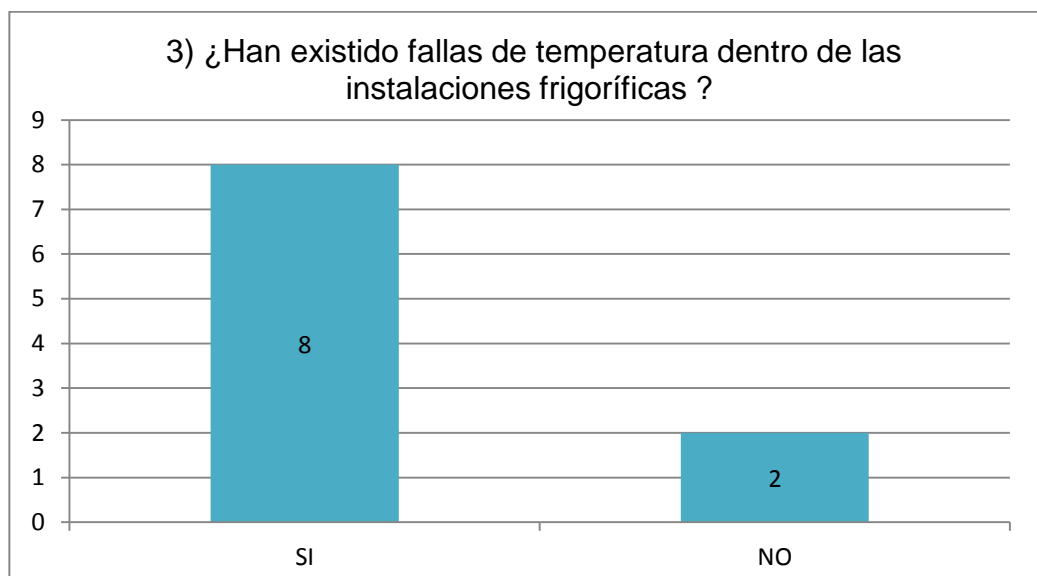
**Figura 4.1: Gráfico estadístico**

En la figura 4.2 podemos observar que el 80% de las empresas encuestadas no cuenta con un sistema de control de temperatura sistematizado.



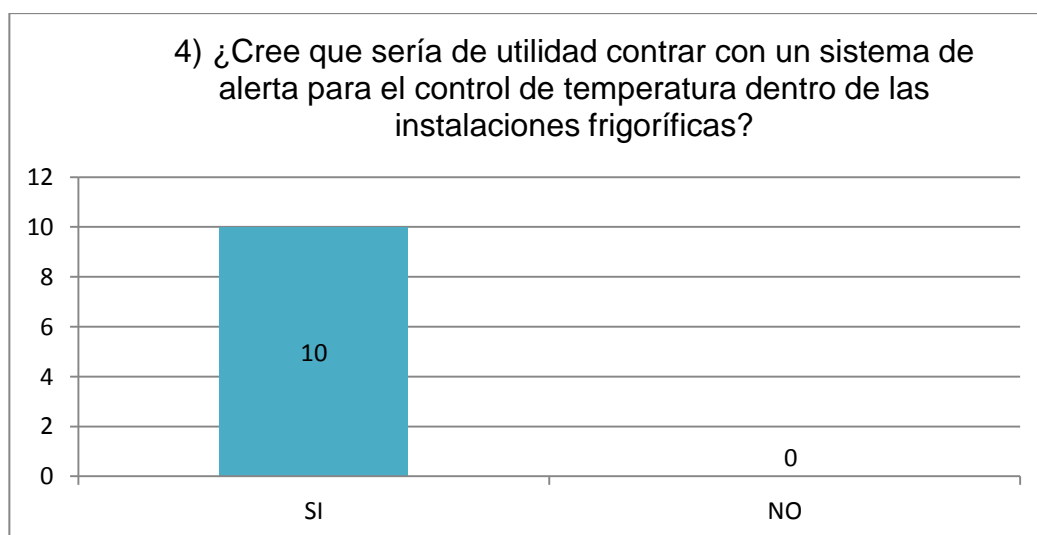
**Figura 4.2: Gráfico estadístico**

En la figura 4.3 podemos observar que en el 80% de las empresas encuestadas han existido fallas de temperatura.



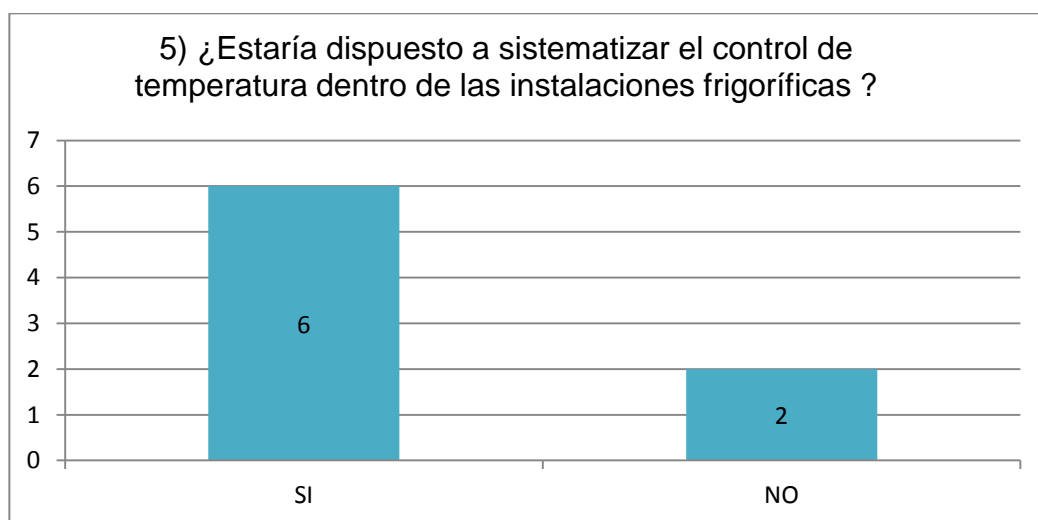
**Figura 4.3: Gráfico estadístico**

En la figura 4.4 podemos observar que el 100% de las empresas encuestadas considera útil contar un sistema de control de temperatura.



**Figura 4.4: Gráfico estadístico**

En la figura 4.5 podemos observar que el 60% de las empresas encuestadas estarían dispuestas a sistematizar el control de temperatura.



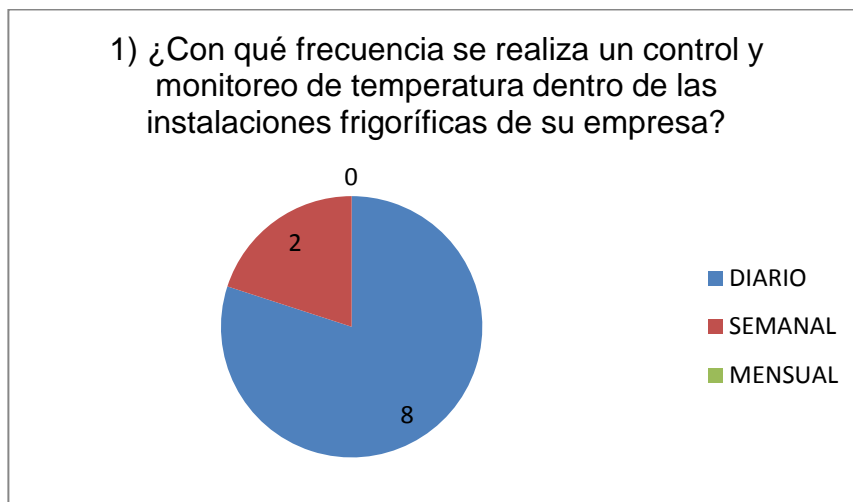
**Figura 4.5: Gráfico estadístico**

Dentro de esta primera encuesta constatamos que no todas las empresas poseen un control sistematizado del control de temperatura, y que la mayoría de estas mismas empresas estarían dispuestas a utilizar el sistema de telecontrol propuesto.

#### **4.2 Análisis de la segunda encuesta: Un mejor sistema**

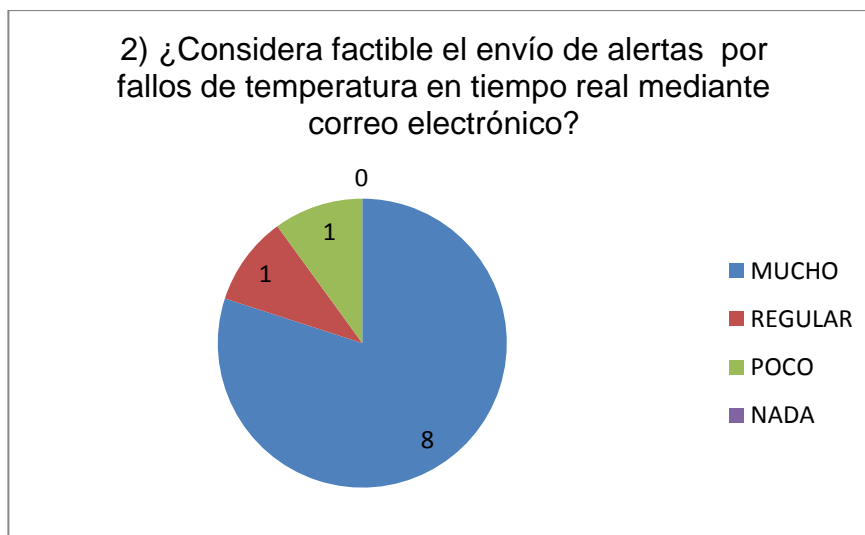
La finalidad de la segunda encuesta fue determinar cuáles son las preferencias de las empresas para tener un sistema de control de temperatura óptimo estable y que se adecue a las necesidades e intereses de la empresa tanto en el ámbito funcional como económico.

En la figura 4.6 podemos observar que en el 80% de las empresas encuestadas se realiza un control de temperatura de forma diaria y que en el 20% restante de las empresas encuestadas se realiza un control de temperatura semanal.



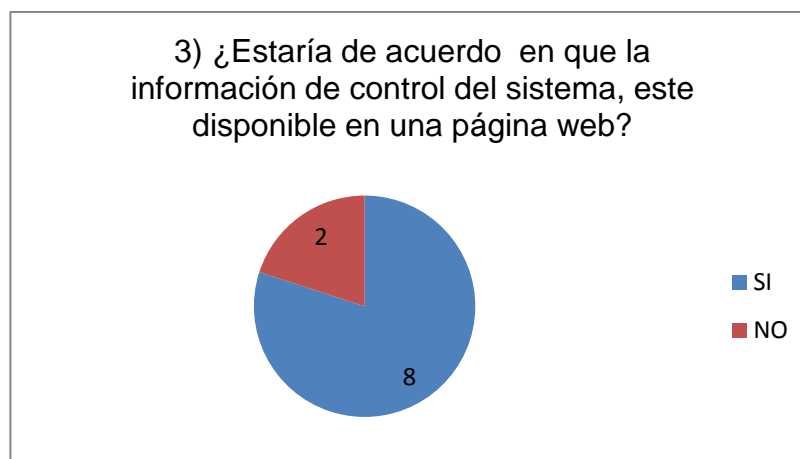
**Figura 4.6: Gráfico estadístico**

En la figura 4.7 podemos observar que en el 80% de las empresas encuestadas considera muy factible el envío de alertas por fallos de temperatura mediante correo electrónico y que en el 20% restante de las empresas encuestadas no lo considera factible.



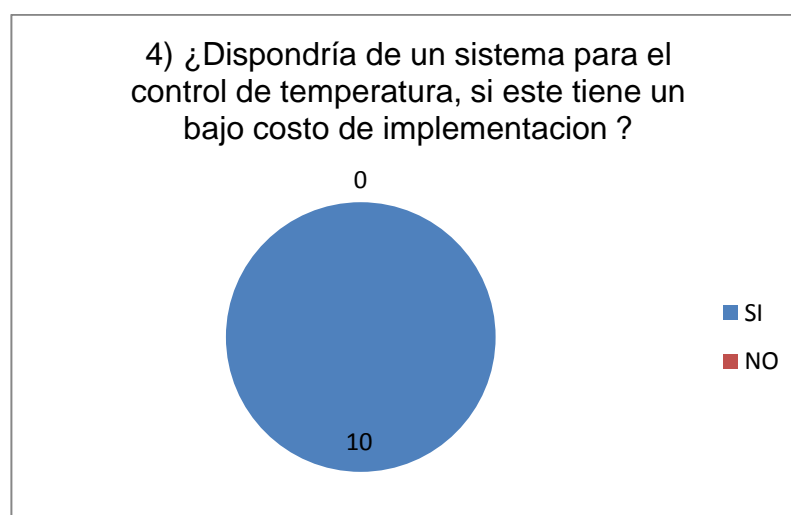
**Figura 4.7: Gráfico estadístico**

En la figura 4.8 podemos observar que en el 80% de las empresas encuestadas está de acuerdo en que la información de temperatura se muestre en una página web y que en el 20% restante de las empresas encuestadas no está de acuerdo.



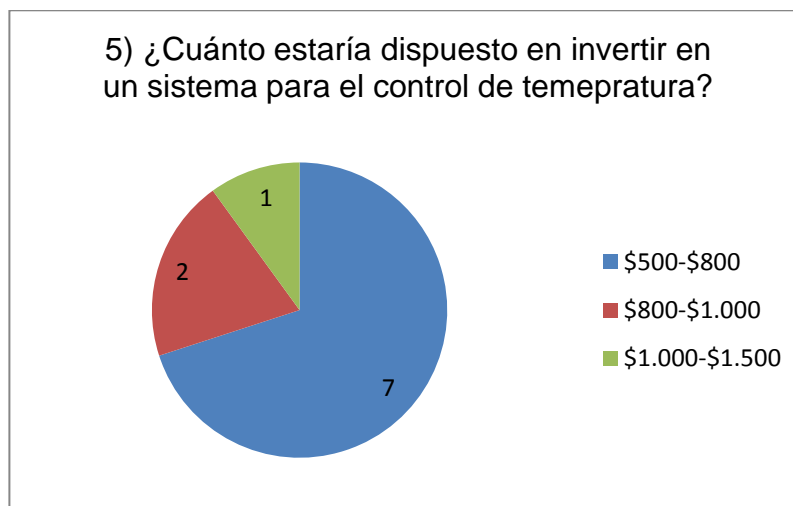
**Figura 4.8: Gráfico estadístico**

En la figura 4.9 podemos observar que en el 100% de las empresas encuestadas utilizaría un sistema de control de temperatura, si el mismo tiene un bajo costo de implementación.



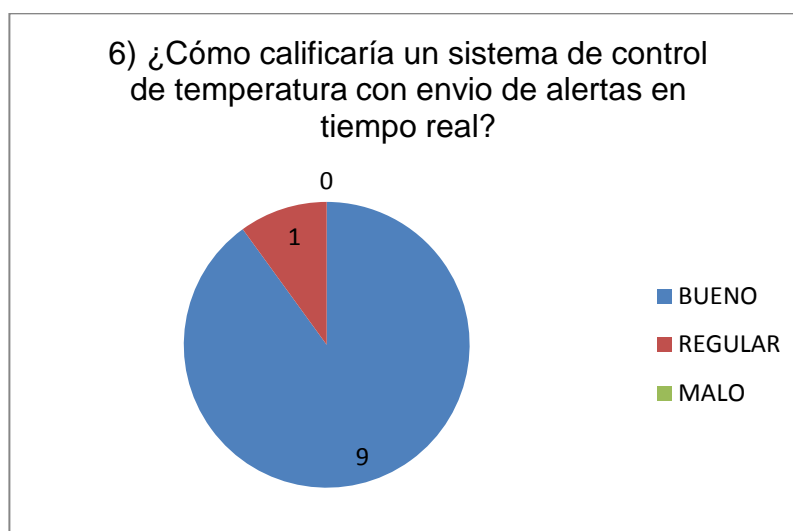
**Figura 4.9: Gráfico estadístico**

En la figura 4.10 podemos observar que en el 70% de las empresas encuestadas estarían dispuestas a pagar entre \$500 y \$800, el 30% restante de las empresas encuestadas estarían dispuestas a pagar más de \$800.



**Figura 4.10: Gráfico estadístico**

En la figura 4.11 podemos observar que en el 90% de las empresas encuestadas calificar como bueno un sistema de control de temperatura con envío de alertas en tiempo real.



**Figura 4.11: Gráfico estadístico**

En la segunda encuesta pudimos identificar y definir las funcionalidades que una empresa requiere, tales como la alerta vía correo electrónico, de la misma forma se pudo constatar la viabilidad del factor económico de la empresa ya que en su mayoría el rango de precio elegido para la implementación del sistema fue entre \$500,00 y \$800,00 un rango muy aceptable debido a que el costo total del proyecto fue de \$505,00.

### **4.3 Análisis de Implementación**

El sistema monitorea continuamente la temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas de una pequeña heladería, y de un congelador casero para la venta de helados, esto se pudo realizar gracias al sensor y las herramientas de software ya mencionadas, las cuales generaron un buen rendimiento en las pruebas realizadas, tanto para el censado de temperatura como para el procesamiento de estos datos.

El envío de alertas tuvo resultados satisfactorios, y la comunicación con el servidor fue exitoso, enviando las alertas en tiempo real cuando existieron fallas y verificando si el sensor se encuentra activo o no, gracias a esto ya no será necesario personal humano pendiente de que no existan fallas dentro de las instalaciones frigoríficas, bastará con tener una cuenta de correo electrónico para que las alertas lleguen al gestor encargado.

Finalmente, los datos obtenidos por el sensor se pueden observar sin ningún problema, ni errores en la página web, estos datos solo podrán ser visualizados por el gestor encargado autenticándose, con un usuario y contraseña configurables según los requerimientos de la empresa.

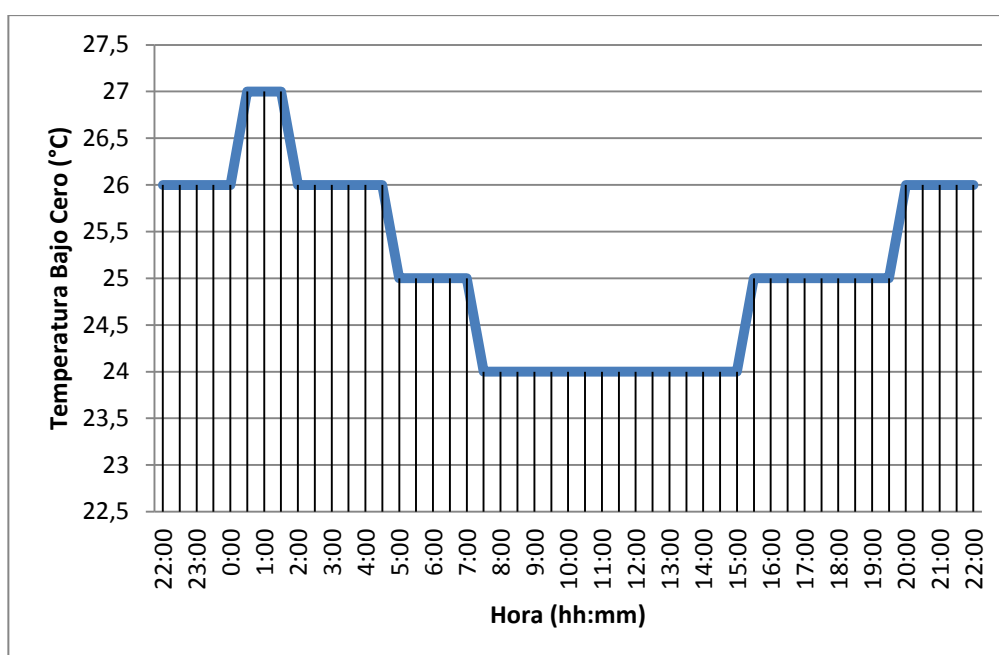
#### **4.3.1 Prueba del Sistema: Congelador para ventas**

La primera prueba realizada del sistema completo se realizó en un pequeño congelador para venta de helados casero, arrojando resultados exitosos, es decir el sistema no tuvo ningún tipo de fallas, y trabajó continuamente durante las veinticuatro horas de prueba.



Durante este periodo no hubo fallas de temperatura, por lo que no se enviaron alertas; manualmente se ingresaron temperaturas críticas para comprobar que, de haber existido fallas, los correos alertando al encargado hubieran sido enviados.

A continuación en la figura 4.12, se detalla los valores de temperatura censados:



**Figura 4.12: Valores de temperatura obtenidos en prueba del sistema.**

En la tabla 3 se pueden observar todos los valores de temperaturas obtenidos al momento de realizar pruebas dentro de un congelador casero:

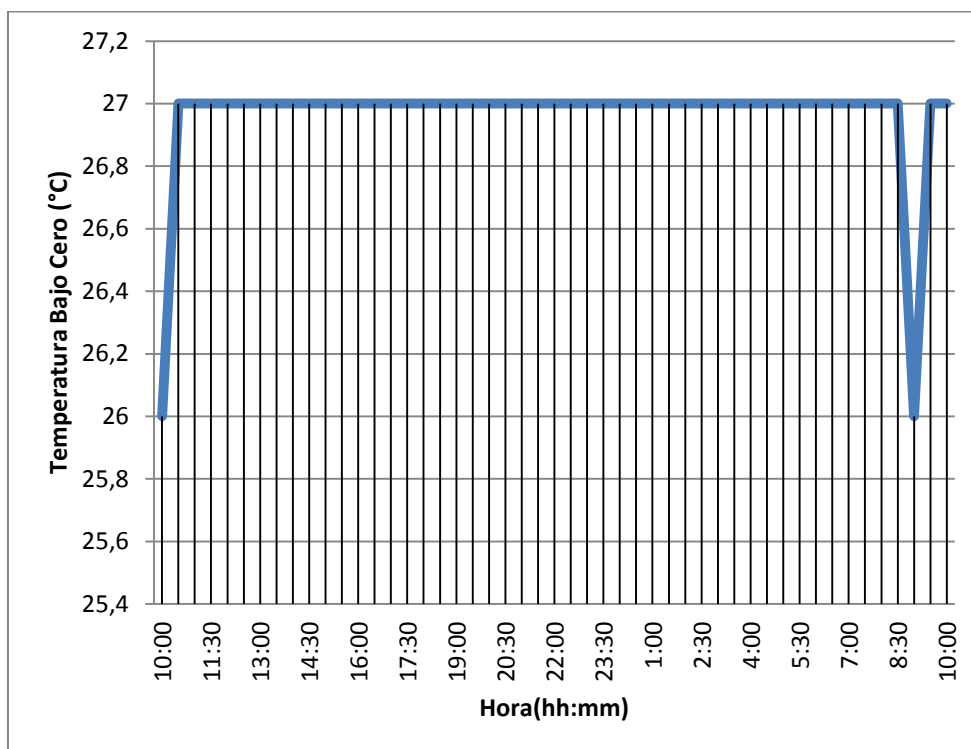
Fecha	Temperatura	Fecha	Temperatura
4/8/2017 22:00	-26	5/8/2017 10:30	-24
4/8/2017 22:30	-26	5/8/2017 11:00	-24
4/8/2017 23:00	-26	5/8/2017 11:30	-24
4/8/2017 23:30	-26	5/8/2017 12:00	-24
5/8/2017 0:00	-26	5/8/2017 12:30	-24
5/8/2017 0:30	-27	5/8/2017 13:00	-24
5/8/2017 1:00	-27	5/8/2017 13:30	-24
5/8/2017 1:30	-27	5/8/2017 14:00	-24
5/8/2017 2:00	-26	5/8/2017 14:30	-24
5/8/2017 2:30	-26	5/8/2017 15:00	-24
5/8/2017 3:00	-26	5/8/2017 15:30	-25
5/8/2017 3:30	-26	5/8/2017 16:00	-25
5/8/2017 4:00	-26	5/8/2017 16:30	-25
5/8/2017 4:30	-26	5/8/2017 17:00	-25
5/8/2017 5:00	-25	5/8/2017 17:30	-25
5/8/2017 5:30	-25	5/8/2017 18:00	-25
5/8/2017 6:00	-25	5/8/2017 18:30	-25
5/8/2017 6:30	-25	5/8/2017 19:00	-25
5/8/2017 7:00	-25	5/8/2017 19:30	-25
5/8/2017 7:30	-24	5/8/2017 20:00	-26
5/8/2017 8:00	-24	5/8/2017 20:30	-26
5/8/2017 8:30	-24	5/8/2017 23:00	-26
5/8/2017 9:00	-24	5/8/2017 23:30	-26
5/8/2017 9:30	-24	5/8/2017 22:00	-26
5/8/2017 10:00	-24		

**Tabla 3: Temperatura obtenidos en pruebas dentro de congelador casero.**

#### 4.3.2 Prueba del Sistema: Instalación Frigorífica

Una vez concluida con éxito la fase prueba en un congelador casero, se procedió a realizar la prueba final del prototipo, dando resultados exitosos y comprobando la robustez del sistema y del sensor.

El sistema no tuvo fallos al momento de censar los valores de temperatura, dando como resultado los siguientes valores que se detallan en la figura 4.13:



**Figura 4.13: Valores de temperatura obtenidos en prueba del sistema.**

En la tabla 4 se pueden observar todos los valores de temperaturas obtenidos al momento de realizar pruebas dentro de una instalación frigorífica:

Fecha	Temperatura	Fecha	Temperatura
16/8/2017 10:00	-26	16/8/2017 22:30	-27
16/8/2017 10:30	-27	16/8/2017 23:00	-27
16/8/2017 11:00	-27	16/8/2017 23:30	-27
16/8/2017 11:30	-27	16/8/2017 0:00	-27
16/8/2017 12:00	-27	16/8/2017 0:30	-27
16/8/2017 12:30	-27	16/8/2017 1:00	-27
16/8/2017 13:00	-27	16/8/2017 1:30	-27
16/8/2017 13:30	-27	16/8/2017 2:00	-27
16/8/2017 14:00	-27	16/8/2017 2:30	-27
16/8/2017 14:30	-27	16/8/2017 3:00	-27
16/8/2017 15:00	-27	16/8/2017 3:30	-27
16/8/2017 15:30	-27	16/8/2017 4:00	-27
16/8/2017 16:00	-27	16/8/2017 4:30	-27
16/8/2017 16:30	-27	16/8/2017 5:00	-27
16/8/2017 17:00	-27	16/8/2017 5:30	-27
16/8/2017 17:30	-27	16/8/2017 6:00	-27
16/8/2017 18:00	-27	16/8/2017 6:30	-27
16/8/2017 18:30	-27	16/8/2017 7:00	-27
16/8/2017 19:00	-27	16/8/2017 7:30	-27
16/8/2017 19:30	-27	16/8/2017 8:00	-27
16/8/2017 20:00	-27	16/8/2017 8:30	-27
16/8/2017 20:30	-27	16/8/2017 9:00	-26
16/8/2017 21:00	-27	16/8/2017 9:30	-27
16/8/2017 21:30	-27	16/8/2017 10:00	-27
16/8/2017 22:00	-27		

**Tabla 4: Temperaturas obtenidas dentro de una instalación frigorífica.**

Los valores de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas casi en su totalidad se mantienen constante, en un valor de  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , diferente a los valores censados dentro del congelador casero, donde influye de forma directa el clima del día, en ambas pruebas los resultados fueron exitosos, no existieron fallos y se comprobó que el sistema completo es apto para funcionar dentro de una pequeña heladería.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Se implementó un sistema de telecontrol dentro de la instalación frigorífica de una pequeña heladería, capaz de monitorear la temperatura dentro de la misma.

Se automatizó el sistema de control de temperatura de una pequeña heladería, el mismo que en caso de fallos de temperatura o de que el sensor se encuentre inactivo, alertará por medio del envío de un correo electrónico al encargado.

Se diseñó una página web la cual tiene una interfaz amigable y fácil de entender, en la cual el encargado podrá visualizar las lecturas del sensor y obtener un reporte de temperatura o alarmas en un rango de fechas específicas ingresadas por el usuario.

El rendimiento del sistema es similar al de sistemas más sofisticados que existen en el mercado, con la ventaja de que nuestro sistema trabaja con software y hardware libre, logrando que su costo sea menor.

### Recomendaciones

Para migrar el sistema a un nuevo servidor se necesitarán los siguientes archivos:

EL archivo comprimido que contiene la base de datos (archivo.sql.zip)

Importar la librería dinámica que permite al servidor web (Xampp) realizar funciones tales como el envío de correos electrónicos o la descarga de archivos en formato PDF.

Los archivos que contiene la codificación de la página web, que deberán ser copiados en la siguiente ruta: C:\xampp\htdocs\tesis.

Asignar a los usuarios los permisos necesarios.

El archivo que permite la comunicación entre el Arduino Uno y la base de datos.

Crear un nuevo un usuario, asignándole todos los privilegios para que pueda escribir nuevos valores de temperatura en la base de datos.

El sistema podría tener un mejor rendimiento al usar un sensor de temperatura de mejor precisión, de esta forma se obtendrá una lectura más exacta del valor de temperatura dentro de las instalaciones frigoríficas.

El sistema es capaz de realizar el monitoreo y alarma para cualquier producto de la industria alimentaria, que sea capaz de soportar bajas temperaturas, el único requisito para esto es saber la temperatura crítica de dicho producto, para poder insertar dicha información en la base de datos.

El sistema podría tener mejoras, que podrían incluir alertas vía SMS, monitoreo usando GPS, monitoreo de mayor número de parámetros como: humedad, presión, voltaje, entre otras, esto dependerá de los requerimientos de la empresa.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Unifrio, «Unifrio,» 2016. [En línea]. Available: <http://unifrio.com.mx/uso-e-importancia-de-las-camaras-frigorificas-en-la-industria-alimentaria/>. [Último acceso: 2017].
- [2] M. Chavarrías, «Eroski Consumer,» 25 Marzo 2009. [En línea]. Available: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/03/25/184220.php>. [Último acceso: 2017].
- [3] A. Casp Vanaclocha y J. Abril Requena, Procesos de Conservación de Alimentos, 2da. ed., Madrid: Mundi-Prensa, 2003, pp. 22-50.
- [4] M. Chavarrías, «Eroski Consumer,» 24 Octubre 2012. [En línea]. Available: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2012/10/24/213789.php>. [Último acceso: 2017].
- [5] W. C. Whitman y W. M. Johnson, Tecnología de la Refrigeración y Aire Acondicionado, 2da ed., vol. 3, Madrid: Paraninfo, 2000, pp. 32-39.
- [6] J. Pérez Porto y M. Merino, «Definición.De,» 2009. [En línea]. Available: <http://definicion.de/refrigeracion/>. [Último acceso: 2017].
- [7] E. Umaña Cerros, «FUSADES,» 05 Enero 2011. [En línea]. Available: [http://fusades.org/sites/default/files/investigaciones/manual\\_manejo\\_de\\_frio\\_para\\_la\\_conservacion\\_de\\_alimentos.pdf](http://fusades.org/sites/default/files/investigaciones/manual_manejo_de_frio_para_la_conservacion_de_alimentos.pdf). [Último acceso: 2017].
- [8] Tüv Nord Group, «TÜV NORD CUALICONTROL,» [En línea]. Available: <https://www.tuv-nord.com/es/es/inspeccion->

reglamentaria/instalaciones-frigorificas/. [Último acceso: 2017].

- [9] Arduino, 2017. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- [10] O. Torrente, Arduino, 1era ed., Madrid: Alfaomega, 2013, pp. 60-101.
- [11] L. Llamas, 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-dht11-dht22/>.
- [12] G. Matturro, «Introducción a la configuración de routers Cisco,» 2007.
- [13] C. Zapata, 2011. [En línea]. Available: <http://mantenimientosdeunapc.blogspot.com/2011/11/que-es-xampp-y-para-que-sirve.html>.
- [14] E. Fumàs, 2014. [En línea]. Available: <http://www.ibrugor.com/blog/apache-http-server-que-es-como-funciona-y-para-que-sirve/>.
- [15] Indira-Informatica, 2007. [En línea]. Available: <http://indira-informatica.blogspot.com/2007/09/qu-es-mysql.html>.
- [16] PHP, 2016. [En línea]. Available: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>.
- [17] PhpMyAdmin, 2003. [En línea]. Available: <https://www.phpmyadmin.net/>.
- [18] Sitrad, 2012. [En línea]. Available: <http://www.sitrad.com/es/>.
- [19] Instituto Superior Experimental de Tecnología Alimentaria, «ISETA,» [En línea]. Available: <http://www.iseta.edu.ar/ARTICULOS%20DE%20INTERES/Refrige.pdf>. [Último acceso: 2017].