



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILADORES PARA LAS  
TORRES DE ENFRÍAMIENTO DE RIO NANCE 4, FALCON. DE R.L. DE  
C.V.**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21012201 HUGO ABISAI FLORES BARRERA**

**ASESOR:**

**ING. HEGEL LÓPEZ**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA;**

**Abril, 2018**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida profesional con el cual estoy grandemente agradecido porque siempre abrió las puertas necesarias para culminar este gran logro.

A mi madre Daisy.

Por su esfuerzo y dedicación que siempre tuvo como madre, como amiga y como consejera que siempre me inculco los valores y más que todo el deseo de superación como persona y como profesional.

A mis amigos y demás familiares.

Por creer siempre en mí y desear lo mejor para mi vida.

## RESUMEN EJECUTIVO

Automatización de ventiladores en Rio Nance 4 es un proyecto centrado en el control de los motores de los 4 ventiladores mediante dos variables que son la temperatura y el tiempo; para lograr cumplir las expectativas del cliente se realizó un trabajo de ingeniería y análisis en base a la experiencia de proyectos anteriores también comprende la búsqueda de información sobre el uso y manejo de los dispositivos implicados en este proyecto como ser PLCs, sensores, etc.

Un aspecto importante en este tipo de proyectos es la interacción del cliente con algunas funciones que se esperan controlar como lo es la temperatura de salida y la cual visualizamos y controlamos a través de una pantalla HMI, en este aspecto se cuenta con el hardware y software adecuado.

La implementación de ingeniería en este proyecto no solo consistió en el análisis de todos los aspectos que el proyecto encierra si no también en la correcta instalación eléctrica que encierra también parte de la seguridad dentro de la empresa.

Cada uno de los aspectos antes mencionados fueron fundamentales para que el proyecto cumpliera tanto las expectativas del cliente como la satisfacción del equipo de trabajo de Falcón ingeniería; cumpliendo los objetivos de la automatización de los 4 chillers que no existiese la necesidad que un operario estuviese controlando y monitoreando según un programa de horarios, así reduciendo costos por empleado, consumo energético y también gastos por mantenimiento.

# INDICES

## Contenido

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
2.1.	ANTECEDENTES.....	2
2.2.	DEFINICION DEL PROBLEMA.....	2
2.3.	PREGUNTAS DE INVESTIGACION.....	2
2.4.	OBJETIVOS .....	3
2.4.1.	OBJETIVO GENERAL .....	3
2.4.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
2.5.	JUSTIFICACION .....	4
<b>III.</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
3.	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO .....	5
3.1.	¿Cómo funciona el sistema de enfriamiento? .....	5
3.1.1.	CHILLER .....	5
3.1.2.	FUNCIONAMIENTO .....	6
3.1.3.	ESTRUCTURA.....	6
3.2.	PT100 .....	8
3.2.1.	<b>TIPOS Y MONTAJES</b> .....	8
3.2.3.	<b>CONEXIONES</b> .....	8
3.3.	PLC .....	8
3.3.1.	<b>PLC SCHNEIDER ELECTRIC TM221ME32TK</b> .....	9
3.4.	PANTALLA HMI.....	9
3.4.1.	<b>TIPOS DE HMI</b> .....	9
3.5.	MODULOS DE ENTRADAS ANALÓGICAS.....	10
3.5.1.	CARACTERÍSTICAS.....	11
3.5.2.	BENEFICIOS .....	11
3.5.3.	APLICACIONES .....	11
3.5.4.	MÓDULOS TM3DI8 Y TM3TI4 .....	11
3.6.	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN .....	15
3.6.2.	PROGRAMAS DE APLICACIÓN Y DEL SISTEMA.....	15

3.6.3. TIPOS DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE PLCS .....	16
3.6.4. LA NORMA IEC 1131-3 .....	16
3.6.5. LENGUAJE LADDER .....	17
3.6.6. PROGRAMACIÓN .....	18
3.6.7. LENGUAJE BOOLEANO (LISTA DE INSTRUCCIONES) .....	19
3.6.7. DIAGRAMA DE FUNCIONES (FBD) .....	20
3.6.8. LENGUAJE DE TEXTO ESTRUCTURADO (ST) .....	21
3.6.9. SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC) .....	21
<b>IV. METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
4.1. HIPOTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO .....	23
4.1.3 Hipótesis.....	23
4.2. ENFOQUE Y METODOS .....	23
4.3. POBLACION Y MUESTRA.....	24
4.4. TECNICAS E INSTRUMENTACION APLICADOS .....	25
4.6. MATERIALES.....	26
4.7. FUENTES DE INFORMACION .....	27
4.8. CRONOGRAMA DE ACTIVIADES.....	28
<b>V. RESULTADO Y ANALISIS .....</b>	<b>29</b>
5.1. DISEÑO DE PANELES .....	29
5.3. PROGRAMACION Y DISEÑO DE LOGICA .....	34
5.3.1. Software de programación. ....	36
5.3.2 Lógica de Operación .....	37
5.4. Presupuesto del proyecto .....	39
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>44</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1: Chiller</b> .....	6
<b>Ilustración 2: Partes y Funcionamiento de un chiller</b> .....	7
<b>Ilustración 3: HMI HMIGTO3510</b> .....	10
<b>Ilustración 4 : Modulo TM3DI8</b> .....	12
<b>Ilustración 5: Modulo TM3DI8</b> .....	13
<b>Ilustración 6: Símbolos de los elementos básicos</b> .....	18
<b>Ilustración 7: Estructura general</b> .....	18
<b>Ilustración 8:Ejemplo de programación</b> .....	20
<b>Ilustración 9: Ejemplo de programación</b> .....	22
<b>Ilustración 10: Antiguo panel de control</b> .....	24
<b>Ilustración 11:Tuberia de la línea de entrada hacia los chillers</b> .....	26
<b>Ilustración 12: Plano del panel de control</b> .....	29
<b>Ilustración 13: Plano de alimentación</b> .....	30
<b>Ilustración 14: Entradas analógicas</b> .....	31
<b>Ilustración 15: Entradas analógicas 2</b> .....	31
<b>Ilustración 16: Salidas analógicas</b> .....	32
<b>Ilustración 17: Salidas analógicas 2</b> .....	33
<b>Ilustración 18: Plano de pantalla HMI</b> .....	33
<b>Ilustración 19: Panel de control</b> .....	34
<b>Ilustración 20:Cilcos de trabajo 1</b> .....	35
<b>Ilustración 21:Ciclos de trabajo 2</b> .....	36
<b>Ilustración 22:Ciclos de trabajo 3</b> .....	36
<b>Ilustración 23: SoMachine Basic</b> .....	37
<b>Ilustración 24: Comando Run y de Falla</b> .....	38
<b>Ilustración 25: Arranque de ventiladores</b> .....	38
<b>Ilustración 26: Modelo de SolidWorks</b> .....	44

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Características de TM221ME32TK .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabla 2: Especificaciones técnicas de HMIGTO3510 .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 3: Características del módulo TM3DI8 .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 4: Características del módulo TM3TI4 .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 5: Lista de materiales .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 6: Cronograma de actividades .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 7: Tabla de presupuesto .....</b>	<b>39</b>

## GLOSARIO

- **Chiller:** Un enfriador de agua o water chiller es un caso especial de máquina frigorífica cuyo cometido es enfriar un medio líquido, generalmente agua. En modo bomba de calor también puede servir para calentar ese líquido. El evaporador tiene un tamaño menor que el de los enfriadores de aire, y la circulación del agua se hace desde el exterior mediante bombeo mecánico.
- **SolidWork:** Programa para modelar en 3D
- **Sensor:** Un sensor es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, manifiesta la presencia de dicha magnitud, y también su medida.
- **SoMachine Basic:** Programa proveído para realizar la programación del PLC en cuestión
- **Corto Circuito:** Aumento brusco de intensidad en la corriente eléctrica de una instalación por la unión directa de dos conductores de distinta fase.
- **Reset:** Comando para resetear un estado



## I. INTRODUCCION

Falcon Ingeniería es una empresa dedicada al desarrollo de Proyectos de Automatización Industrial atendiendo diversas industrias en la región: Generación Eléctrica, Energía, Cemento, Manufactura, Alimentos, Minería, Edificios Inteligentes, entre otros. Los servicios y productos van desde el suministro de una amplia gama de Instrumentación Industrial, Controladores, PLCs, Terminales de Dialogo, Automatización Industrial, Sistemas SCADA, Sistemas de información Industrial, Construcción de paneles eléctricos, Capacitaciones, etc.

Los proyectos con base en Automatización ayudan a mejorar los procesos dentro de la empresa esto implica un mejor rendimiento y mejor producción, cada uno de los procesos automatizados no solo mejora el rendimiento sino que también evita errores que suelen suceder cuando una persona opera el proceso pero con la automatización los PLCs u otro tipo de controlador maneja todo el proceso de inicio hasta su fin con la finalidad de que este mismo sea realizado lo mejor posible con un margen de error que es casi cero.

La Automatización en las plantas de enfriamiento es cada vez más vista debido a que el proceso es más preciso y tiene mejor rendimiento en este proyecto se emplea todo el conocimiento en programación, termodinámica, diseño mecatrónico, circuitos eléctricos y electrónica de potencia este tipo de conocimiento debe ser aplicado de la forma correcta y es necesario a su vez para comprender el alcance del proyecto y como este debe terminar, entender cada una de las variables que se necesitan censar y controlar también el tipo de maquinaria que se va a controlar y la forma en que esta funciona.

La empresa Gildan cuenta con una planta industrial llamada Hossiery Rio Nance (RN4) la cual una de las funciones principales en esa planta es enfriar agua mediante Chillers los cuales están conectados a ciertas bombas que les suministran agua en la entrada del mismo y así mismo estos chillers cuentan con una tubería la cual usan para suministrar esa agua ya enfriada hacia la planta es de suma importancia que esta agua mantenga cierta temperatura que es establecida por la necesidad del cliente, así que la Gildan ha decidido implementar la automatización dentro de la producción para mejorar el rendimiento y así mismo que haya un consumo optimo en los chillers.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1. ANTECEDENTES**

Un primer trabajo correspondiente al control de temperatura realizado por Falcon fue en la empresa MINOSA donde se tenía como objetivo medir una temperatura y a su vez tener control de esta variable, en este trabajo se usaron termocuplas las cuales median la temperatura de unos hornos y dependiendo la temperatura se encendía o apagaban los hornos.

Este trabajo se relaciona con el proyecto en curso ya que la variable a controlar siempre es la temperatura, aunque a diferencia del proyecto en MINOSA en este lo que se desea es enfriar.

En el proyecto de MINOSA se necesitaba controlar el encendido y apagado de 3 hornos con respecto a la variable temperatura usando sensores de temperatura llamados termocuplas; En el actual proyecto se desean controlar 4 chillers y se tomó como base el control desarrollado para el proyecto en MINOSA.

### **2.2. DEFINICION DEL PROBLEMA**

El alto consumo energético innecesario es uno de los principales problemas que se solucionara con la implementación de este proyecto, a su vez tener un control de cada uno de los chillers mediante la temperatura y las horas de operación de cada uno de ellos teniendo en cuenta que estos pueden requerir mantenimiento y puede que no estén todos operando o al contrario puede que todos están operando y puede que no se necesiten que están todos encendidos para mantener la temperatura deseada.

### **2.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACION**

¿Qué tipo de control es necesario para solventar el alto consumo energético de los chiller?

¿Qué dispositivos se acoplan a la necesidad del cliente de medir la temperatura y controlar los ventiladores de acuerdo con la necesidad de la misma empresa?

¿Cuánto se aumentará el rendimiento de los chillers?

¿Podrá este sistema automatizado de control evitar los mantenimientos debido al uso constante e innecesario de los mismos?

## **2.4. OBJETIVOS**

Santo Tomás de Aquino: "Todo agente actúa en función de una finalidad y la finalidad es el principio causal que primero aparece en la esfera intelectual, pero que se realiza, por último, en la esfera de la ejecución".

### **2.4.1. OBJETIVO GENERAL**

- Controlar los chillers de manera efectiva con el fin de reducir el costo energético y tener un control de las horas de operación de cada chiller

### **2.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Instalar un sistema de sensores para medir la temperatura que se desea controlar.
- Programación de PLC y pantalla HMI.
- Diseñar los planos para el panel de control.

## 2.5. JUSTIFICACION

Con este trabajo de automatización se busca solventar el problema de alto consumo energético de la planta, incorporando tecnología para controlar el proceso de enfriamiento que realizan los chillers.

En cuanto a los chillers, estos nunca han tenido un sistema de control automatizado y actualmente se encuentran operando de forma manual en el cual los operarios solo encienden y apagan los chillers y estos trabajan a su máxima potencia generando así una corriente pico elevada al encenderse estos cuatro al mismo tiempo.

Este proyecto tiene como objetivo reducir el consumo energético de los ventiladores y a su vez hacer más eficiente el proceso ya que pueda que el uso de los 4 ventiladores al mismo tiempo no sea necesario.

La investigación previa realizada sobre el funcionamiento de los chillers ha ayudado a deducir que esto no solo mejorara lo antes mencionado sino también a evitar mantenimientos correctivos prematuros al equipo.

Conforme a lo anterior es importante conocer qué importancia tiene este proyecto para la empresa de forma que se vuelve necesario la automatización de todo este proceso de enfriamiento.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Aunque ustedes no lo crean, el sistema de enfriamiento no es el aire acondicionado de su auto. Existen dos formatos sistemas de enfriamiento en los autos: por aire y por agua. Los sistemas de aire en realidad no son sistemas como tal, sino sólo la exposición del bloque del motor al aire del exterior para que por contacto nivele la temperatura de la máquina. Este tipo de enfriamiento se encuentra típicamente en motocicletas y autos antiguos, mientras que los autos modernos, camiones, tráileres, tractores y lanchas utilizan hoy en día sistemas de enfriamiento por agua.

##### 3.1¿Cómo funciona el sistema de enfriamiento?

La bomba de agua actúa como corazón, impulsando el refrigerante por todos los ductos, canales y mangueras que están conectadas entre sí y lo obtienen del radiador a una temperatura casi ambiente. De ahí lo llevan por todo el motor, absorbiendo sus altas temperaturas y regulando la del bloque. Una vez que está caliente, lo lleva al sistema de calefacción para que sea utilizado y desde ahí regresa por la parte superior al radiador para ser enfriado de nueva cuenta.

Si bien sabemos que un actuador por lo general es un dispositivo que hace el trabajo también es posible decir. "Un actuador es un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía".(Leonel Germán Corona Ramírez, Jiménez, & Mares, 2014, p. 25)

##### 3.1.1. CHILLER

Una máquina frigorífica es un dispositivo cíclico que transfiere energía térmica desde una región de baja temperatura hasta otra de alta temperatura, gracias al trabajo aportado desde el exterior,<sup>1</sup> generalmente por un motor eléctrico. Los ciclos en los cuales operan se llaman ciclos de refrigeración, de los cuales el empleado con más frecuencia es el ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Otro ciclo muy empleado es el ciclo de refrigeración de gas y también el de refrigeración por absorción. («Máquina frigorífica», 2017, p. 1)



**Ilustración 1: Chiller**

### 3.1.2. FUNCIONAMIENTO

Este sistema de enfriamiento por lo general es colocado en un área fuera del edificio al cual se le suministra el líquido y en la parte interna del edificio se instala las unidades termo-ventiladas llamadas FAN-COIL la conexión entre la unidad chiller externa y FAN-COIL interna es un circuito hidráulico.

La forma en que este funciona es que el líquido que es enviado por la unidad que se encuentra en el exterior enfriado empezara a circular por la tubería este líquido es impulsado por una bomba que está en conjunto con la unidad externa en la parte final el FAN-COIL usa el agua que pasa a través para que haya un intercambio de temperatura que en este caso es enfriando el líquido mediante un ventilador.

### 3.1.3. ESTRUCTURA

El chiller como cualquier otro equipo destinado a la refrigeración está compuesto por:

- Compressor: Es la parte más importante del chiller ya que este está encargado de cambiar la presión que permite que el refrigerante pueda circular indefinidamente en el sistema de tuberías; Además este tiene como función elevar la temperatura del refrigerante en forma de gas para enviarlo al condensador existen diferentes tipos de compresor que varían según la capacidad del equipo:
  - Compresores scroll: Estos son usados en rango de 1 a 100 Toneladas de refrigeración.
  - Compresor tipo Tornillo: Estos son usados en rango de 100 a 300 Toneladas.
  - Compresor tipo Centrifugo: Estos son usados en rango de 150 a 2000 Toneladas.
  - Compresores herméticos: Estos son usados para baja capacidad hasta un máximo de 100 Toneladas.
- Condensador: La función de este es que el refrigerante se transforme de estado gaseoso a estado líquido así mantener la temperatura baja, el medio que se utiliza para enfriar es agua.

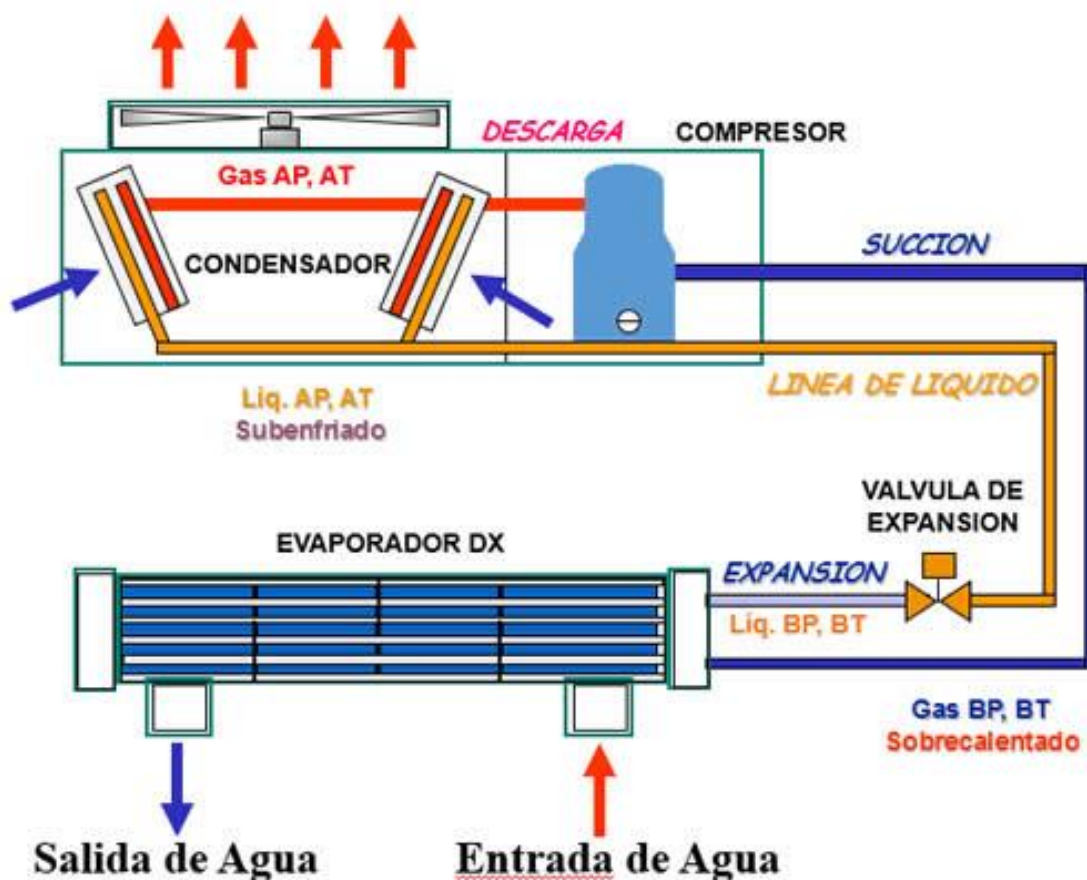


Ilustración 2: Partes y Funcionamiento de un chiller

### **3.2. PT100**

La PT100 es un sensor de temperatura que va desde 0° con una resistencia de 100 Ohm y que la temperatura es directamente proporcional a la resistencia eléctrica, esto quiere decir que al aumentar la temperatura aumenta la resistencia.

#### **3.2.1. TIPOS Y MONTAJES**

Para que la medida de temperatura de la PT100 sea precisa es necesario que las características mecánicas y técnicas como lo son el tamaño, la resistencia a las vibraciones, rango de temperatura etc... sean las adecuadas para la aplicación algunos modelos por lo general los más comunes están formados por un tubo de protección metálico e inoxidable y que tiene una salida por donde se ubican los cables y el cabezal.

#### **3.2.3. CONEXIONES**

Existen 3 tipos de conexiones para este tipo de sensores que son:

PT100 como 2 hilos: Este es el modo más sencillo para conectar la PT100 en el cual se conecta con solo dos cables, la desventaja de este es que tiene un rango máximo de 10 metros ya que más de esto el sensor comienza a tener pérdidas en la señal.

PT100 como 3 hilos: Este modo es uno de los más usados para la industria ya que este resuelve el problema generado por la conexión de 2 hilos el único requisito es que los 3 cables tengan la misma resistencia eléctrica ya que está basado en el "puente de Wheatstone".

PT100 como 4 hilos: Este método es el más preciso de todos, pero el menos común debido a que el equipo por lo general es el más costoso.

### **3.3. PLC**

PLC o Controlador lógico programable son dispositivos electrónicos muy usados en la Automatización industrial. Un PLC puede controlar el funcionamiento de máquinas en las plantas industriales las cuales envían señales analógicas o digitales y puede tomar decisiones según la lógica de programación.

Características:

- Fácil de usar.



- Driver para comunicación con múltiples protocolos.
- Entorno de operación de uso fácil.
- Tecnología de núcleo Soc.
- Múltiples funciones de comunicación

### 3.3.1. PLC SCHNEIDER ELECTRIC TM221ME32TK

El controlador lógico Modicon M221 es para aplicaciones de control de máquinas simples y ofrece el mejor rendimiento de su clase. Requiere una instalación mínima y ofrece una gran versatilidad. Conecte un panel de operador remoto simple para el mantenimiento inmediato y la visualización de la máquina.

Rango del producto	Modicon M221
<b>Voltaje de la fuente</b>	24V DC
<b>Número de entradas análogas</b>	2 entradas en rango de 0... 10V
<b>Número de entradas discretas</b>	16 entradas discretas
<b>Protocolos de comunicación</b>	Modbus TCP server Modbus TCP esclavo Modbus TCP cliente DHCP cliente Ethernet/IP adaptador

**Tabla 1: Características de TM221ME32TK**

### 3.4. PANTALLA HMI

HMI o Human Machine Interface lo que quiere decir el dispositivo que ofrece el interfaz entre la persona y la máquina. Actualmente estos dispositivos permiten un tipo de conexión más sencilla y económica con el proceso de máquinas.

#### 3.4.1. TIPOS DE HMI

Existen dos tipos de HMI descontando el método tradicional:

Terminal de Operador: consiste en un dispositivo construido para trabajar en ambientes agresivos donde pueden desplegar información numérica o gráficos, pueden ser también pantalla sensible al tacto.

PC + Software: Esto es otra alternativa basada en una PC donde se le carga un software para el tipo de aplicación.



**Ilustración 3: HMI HMIGTO3510**

Gama del producto		Magelis GTO
Tamaño de pantalla		7 pulgadas
Alimentación		Fuente de alimentación externa
Tensión nominal de alimentación		24V CC
Designación de Software		Vijeo Designer v6.1
Temperatura ambiente de funcionamiento	de	0 - 50°C
Resolución de pantalla		800x480

**Tabla 2: Especificaciones técnicas de HMIGTO3510**

### 3.5. MODULOS DE ENTRADAS ANALÓGICAS

- Módulos de entradas analógicas para registrar y procesar hasta 4 señales analógicas de sensores.
- Permite conectar sensores y otros dispositivos con señal analógica 0-10 V, 4-24 mA para convertir a valores KNX y procesar las señales.
- Ancho: 4 módulos DIN 18 mm.

#### 3.5.1. CARACTERÍSTICAS

- Módulos de entradas analógicas para registrar y procesar hasta 4 señales analógicas de sensores.
- Permite conectar sensores y otros dispositivos con señal analógica 0-10 V, 4-24 mA para convertir a valores KNX y procesar las señales.
- Ancho: 4 módulos DIN 18 mm.

#### 3.5.2. BENEFICIOS

Cualquier sensor que nos permita un registro ya sea una alarma técnica, como un sensor meteorológico analógico puede acoplarse a una instalación KNX.

#### 3.5.3. APLICACIONES

Para sensores simples que no poseen acoplador para poder comunicarse con el bus KNX, las entradas se ocupan de transformar una señal analógica y enviar esa señal a través del bus.

#### 3.5.4. MÓDULOS TM3DI8 Y TM3TI4



**Ilustración 4 : Modulo TM3DI8**

<b>Rango del producto</b>	<b>Modicon TM3</b>
<b>Tipo de componente</b>	Modulo de entradas discretas
<b>Rango de compatibilidad</b>	Modicon M221 Modicon M241 Modicon M251
<b>Número de entradas discretas</b>	8 entradas
<b>Voltaje de entrada</b>	24 V
<b>Corriente de entrada</b>	7 mA

**Tabla 3: Características del módulo TM3DI8**



**Ilustración 5: Modulo TM3DI8**

<b>Rango del producto</b>	<b>Modicon TM3</b>
<b>Tipo de componente</b>	Módulo de entradas análogas
<b>Rango de compatibilidad</b>	Modicon M221 Modicon M241 Modicon M251
<b>Número de entradas análogas</b>	4

<p><b>Tipo de entradas análogas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada análoga por corriente rango de 4...20mA.</li> <li>• Entrada análoga por corriente rango de 0...20mA.</li> <li>• Entrada análoga por voltaje rango de 0...10V.</li> <li>• Entrada análoga por voltaje rango de -10...10V.</li> <li>• Termocupla, rango de entrada análoga -200 – 1000 °C con termocupla J.</li> <li>• Termocupla, rango de entrada análoga -200 – 1300 °C con termocupla K.</li> <li>• Termocupla, rango de entrada análoga -0 – 1760 °C con termocupla R.</li> <li>• Termocupla, rango de entrada análoga -0 – 1760 °C con termocupla S.</li> <li>• Termocupla, rango de entrada análoga -0 – 1820 °C con termocupla B.</li> <li>• Termocupla, rango de entrada análoga -200 – 400 °C con termocupla T.</li> <li>• Termocupla, rango de entrada análoga -200 – 1300 °C con termocupla N.</li> <li>• Termocupla, rango de entrada análoga -0 – 2315 °C con termocupla E.</li> <li>• Ni 100/N 1000 temperatura de probeta, rango de entrada análoga: -60...180 °C.</li> <li>• Pt 100 temperatura de probeta, rango de entrada análoga: -200...850 °C.</li> <li>• Pt 1000 temperatura de probeta, rango de entrada análoga: -200...600 °C.</li> </ul>
---	---

**Tabla 4: Características del módulo TM3TI4**

### 3.6. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Se puede definir un programa como un conjunto de instrucciones, órdenes y símbolos reconocibles por el PLC, a través de su unidad de programación, que le permiten ejecutar una secuencia de control deseada. El Lenguaje de Programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

Al igual como los PLCs se han desarrollado y expandido, los lenguajes de programación también se han desarrollado con ellos. Un programa es básicamente escrito en un lenguaje de programación y hay diferentes calificaciones para los lenguajes tales como: Lenguaje máquina, Lenguaje de bajo nivel y lenguaje de alto nivel (Joyanes, 2003). Los lenguajes de hoy en día tienen nuevas y más versátiles instrucciones y con mayor poder de computación. Por ejemplo, los PLCs pueden transferir bloques de datos de una localización de memoria a otra, mientras al mismo tiempo llevan cabo operaciones lógicas y matemáticas en otro bloque. Como resultado de estas nuevas y expandidas instrucciones, los programas de control pueden ahora manejar datos más fácilmente.

Adicionalmente a las nuevas instrucciones de programación, el desarrollo de nuevos módulos de entradas y salidas también ha obligado a cambiar las instrucciones existentes.

#### 3.6.2. PROGRAMAS DE APLICACIÓN Y DEL SISTEMA

Los programas de aplicación que crean los usuarios están orientados a ejecutar, a través del controlador, tareas de automatización y control. Para ello, el usuario escribe el programa en el lenguaje de programación que mejor se adapte a su trabajo y con el que sienta poseer un mejor dominio. En este punto es importante señalar, que algunos fabricantes no ofrecen todas las formas de representación de lenguajes de programación, por lo que el usuario deberá adaptarse a la representación disponible

Por otro lado, el conjunto de programas que realizan funciones operativas internas del controlador, incluyendo los traductores de lenguaje, reciben la denominación de programas del sistema o software del sistema. Un elemento importante de éste es el sistema operativo, cuyos servicios incluyen el manejo de los dispositivos de entrada y salida del PLC, el almacenamiento de la información durante largos períodos, el procesamiento de los programas del usuario, etc. Estos programas ya vienen escritos y están almacenados en una memoria No volátil dentro de la CPU, por lo tanto, no se pierden ni alteran en caso de pérdida de alimentación al equipo. El usuario No tiene acceso a ellos.

### 3.6.3. TIPOS DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE PLCS

“Cada lenguaje de programación tiene un conjunto de instrucciones que la maquina debe entender directamente en su código maquina”. (Joyanes Aguilar, 2008, p. 37)

En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad comparable con la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

- Lenguaje de contactos o Ladder
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones)
- Diagrama de funciones

Es obvio, que la gran diversidad de lenguajes de programación da lugar a que cada fabricante tenga su propia representación, originando cierta incomodidad al usuario cuando programa más de un PLC.

### 3.6.4. LA NORMA IEC 1131-3

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) desarrolló el estándar IEC 1131, en un esfuerzo para estandarizar los Controladores Programables. Uno de los objetivos del Comité fue crear un conjunto común de instrucciones que podría ser usado en todos los PLCs. Aunque el estándar 1131 alcanzó el estado de estándar internacional en agosto de 1992, el esfuerzo para crear un PLC estándar global ha sido una tarea muy difícil debido a la diversidad de fabricantes de PLCs y a los problemas de incompatibilidad de programas entre marcas de PLCs.

El estándar IEC 1131 para controladores programables consiste en cinco partes, una de las cuales hace referencia a los lenguajes de programación y es referida como la IEC 1131-3.

El estándar IEC 1131-3 define dos lenguajes gráficos y dos lenguajes basados en texto, para la programación de PLCs. Los lenguajes gráficos utilizan símbolos para programar las instrucciones de control, mientras los lenguajes basados en texto usan cadenas de caracteres para programar las instrucciones.



- Lenguajes Gráficos
- Diagrama Ladder (LD)
- Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)
- Lenguajes Textuales
- Lista de Instrucciones (IL)
- Texto Estructurado (ST)

Adicionalmente, el estándar IEC 1131-3 incluye una forma de programación orientada a objetos llamada Sequential Function Chart (SFC). SFC es a menudo categorizado como un lenguaje IEC 1131-3, pero éste es realmente una estructura organizacional que coordina los cuatro lenguajes estándares de programación (LD, FBD, IL y ST). La estructura del SFC tuvo sus raíces en el primer estándar francés de Grafcet (IEC 848).

### 3.6.5. LENGUAJE LADDER

El LADDER, también denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

- Elementos de programación

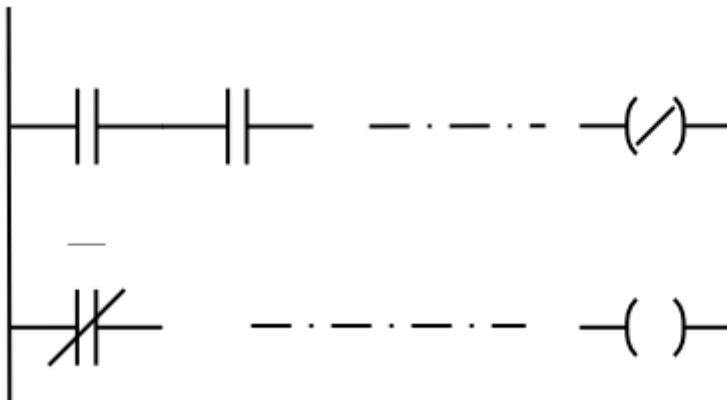
Para programar un PLC con LADDER, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje. En la siguiente tabla podemos observar los símbolos de los elementos básicos junto con sus respectivas descripciones.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

**Ilustración 6: Símbolos de los elementos básicos**

### 3.6.6. PROGRAMACIÓN

Una vez conocidos los elementos que LADDER proporciona para su programación, resulta importante resaltar cómo se estructura un programa y cuál es el orden de ejecución.



**Ilustración 7: Estructura general**

El siguiente esquema representa la estructura general de la distribución de todo programa LADDER, contactos a la izquierda y bobinas y otros elementos a la derecha. En cuanto a su equivalencia eléctrica, podemos imaginar que las líneas verticales representan las líneas de alimentación de un circuito de control eléctrico.

El orden de ejecución es generalmente de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, primero los contactos y luego las bobinas, de manera que al llegar a éstas ya se conoce el valor de los contactos y se activan si procede. El orden de ejecución puede variar de un controlador a otro, pero siempre se respetará el orden de introducción del programa, de manera que se ejecuta primero lo que primero se introduce.

- Variables internas y bits de sistema

Las variables internas son bits auxiliares que pueden ser usados según convenga, sin necesidad de que representen ningún elemento del autómeta. Se suele indicar mediante los caracteres B o M y tienen tanto bobinas como contactos asociados a las mismas. Su número de identificación suele oscilar, en general, entre 0 y 255. Su utilidad fundamental es la de almacenar información intermedia para simplificar esquemas y programación.

Los bits de sistema son contactos que el propio autómeta activa cuando conviene o cuando se dan unas circunstancias determinadas. Existe una gran variedad, siendo los más importantes los de arranque y los de reloj, que permiten que empiece la ejecución desde un sitio en concreto y formar una base de tiempos respectivamente. Su nomenclatura es muy diversa, dependiendo siempre del tipo de autómeta y fabricante

### 3.6.7. LENGUAJE BOOLEANO (LISTA DE INSTRUCCIONES)

El lenguaje Booleano utiliza la sintaxis del Álgebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores Booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control. El lenguaje "Lista de Instrucciones" (IL) de la Norma IEC 1131-3, es una forma de lenguaje Booleano.

Ejemplo de programación Booleana:

A	I	2.3
A	I	4.1
O	I	3.2
=	Q	1.6

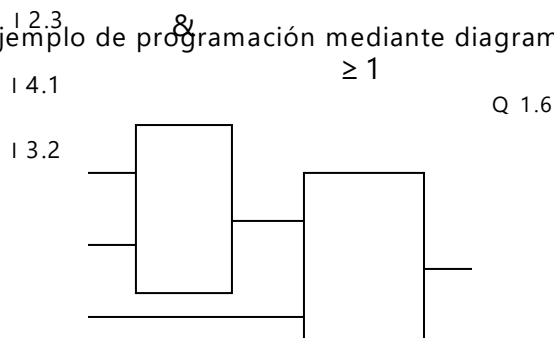
### 3.6.7. DIAGRAMA DE FUNCIONES (FBD)

Es un lenguaje gráfico que permite al usuario programar elementos (bloque de funciones del PLC) en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico. Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque.

El diagrama de funciones lógicas resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD de la Norma IEC 1131-3 permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo con los requerimientos del programa de control.

Ejemplo de programación mediante diagrama de funciones:



**Ilustración 8: Ejemplo de programación**

### 3.6.8. LENGUAJE DE TEXTO ESTRUCTURADO (ST)

Texto estructurado (ST) es un lenguaje de alto nivel que permite la programación estructurada, lo que significa que muchas tareas complejas pueden ser divididas en unidades más pequeñas. ST se parece mucho a los lenguajes de computadoras BASIC o PASCAL, que usa subrutinas para llevar a cabo diferentes partes de las funciones de control y paso de parámetros y valores entre las diferentes secciones del programa.

Ejemplo:

```
IF Manual AND Alarm THEN
    Level = Manual_Level;
    Mixer = Start AND NOT Reset
ELSE IF Other_Mode THEN
    Level = Max_level;
ELSE
    Level = (Level_Indic X100)/Scale;
END IF;
```

### 3.6.9. SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC)

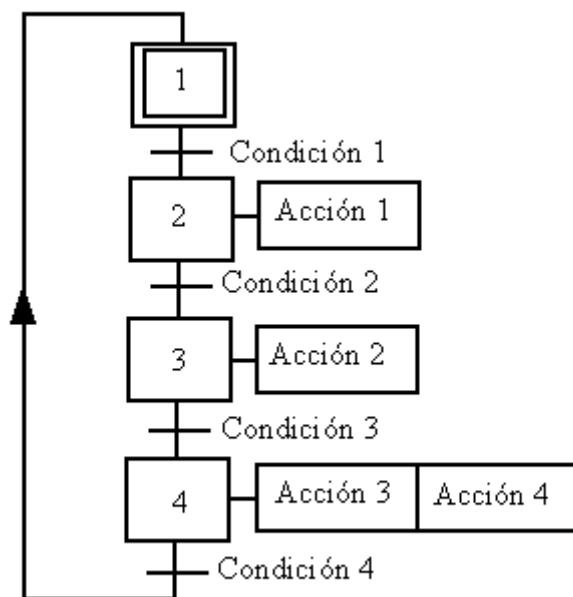
Es un "lenguaje" gráfico que provee una representación diagramática de secuencias de control en un programa. Básicamente, SFC es similar a un diagrama de flujo, en el que se puede organizar los subprogramas o subrutinas (programadas en LD, FBD, IL y/o ST) que forman el programa de control. SFC es particularmente útil para operaciones de control secuencial, donde un programa fluye de un punto a otro una vez que una condición ha sido satisfecha (cierta o falsa).

El marco de programación de SFC contiene tres principales elementos que organizan el programa de control:

- Pasos (etapas)
- Transiciones (condiciones)
- Acciones

El programa irá activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vayan cumpliendo cada una de las condiciones. Las acciones se realizarán en función de la etapa activa a la que están asociadas. Por ejemplo, la etapa 1 activa tras arrancar el programa, al cumplirse la "Condición 1", se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la "Acción 1".

Ejemplo:



**Ilustración 9: Ejemplo de programación**

Como se mencionó anteriormente, el lenguaje SFC tiene su origen en el estándar francés GRAFCET (Gráfica de Control de Etapas de Transición). El grafcet también utiliza etapas, transiciones y acciones, que operan de la misma manera como en SFC

## IV. METODOLOGIA

### 4.1. HIPOTESIS Y VARIABLES DE ESTUDIO

“Las definiciones de las variables permite la operacionalizad de la hipótesis y es el camino metodológico para llegar a la comprobación de la premisa que se somete a análisis.” (César A. Bernal, 2014, p. 71)

#### 4.1.1. Variables independientes

- Temperatura del agua que viene a través de la tubería.
- Horas de operación de cada chiller.
- Diseño del sistema de control.

#### 4.1.2. Variables independientes.

- Cantidad de chillers necesarios.
- Encendido y apagado de chillers según sus horas.

#### 4.1.3 Hipótesis

“Es aproximación se vale de la lógica o razonamiento deductivo, que comienza con la teoría y de esta se derivan expresiones lógicas denominadas “hipótesis” que el investigador somete a pruebas” (Navidi, 2006, p. 6)

La falta de organización y planeación de las actividades de mantenimiento en los equipos de enfriamiento como los chillers causa altos costos, incrementa el tiempo muerto de las maquinas, disminuye la disponibilidad de las máquinas, para la producción e impide la optimización del funcionamiento de los mismos equipos.

### 4.2. ENFOQUE Y METODOS

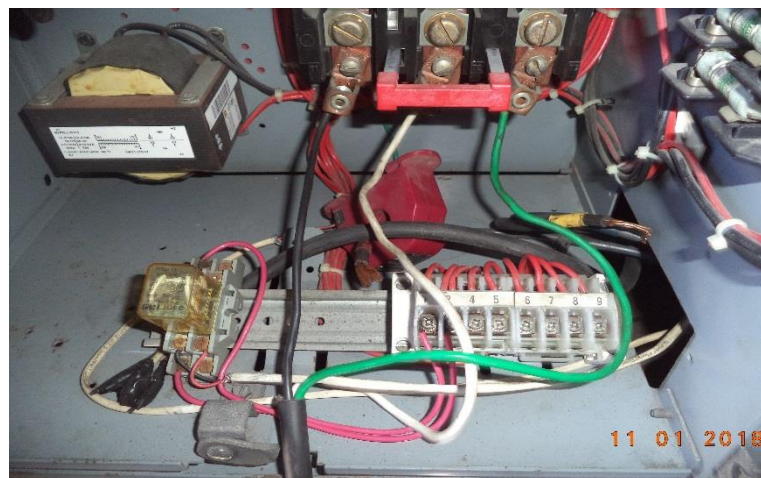
Hernández, Fernández & Baptista (2010:4) Sostiene que todo trabajo de investigación se sustenta en dos tipos de enfoques: el cuantitativo y el cualitativo y a su vez estos en manera conjunta hacen un tercer enfoque: EL enfoque mixto.

Como es de esperar en este tipo de proyectos de automatización es necesario el uso del enfoque cuantitativo; El enfoque Cuantitativo fue necesario para hacer todo tipo de mediciones y determinar que diseños usar y la colocación de los sensores en las tuberías

todo esto es fue brindado por la empresa misma que sub contrato a un equipo de técnicos para que realizase los cortes en la tubería y también hicieron la colocación de los sensores siempre con la supervisión de los ingenieros a cargo del proyecto.

#### **4.3. POBLACION Y MUESTRA**

Con el uso de la técnica de entrevista se logró descubrir que el proceso que se lleva a cabo en la planta es un tratado especial que se le da a la tela de la cual se fabrican varios productos; este proceso es de suma importancia para que la tela pueda ser exportada y cumplir con los estándares de calidad por lo cual el enfriamiento del agua debe ser optimo anteriormente se utilizaban termómetros para tener un control sobre la temperatura del agua que se está tratando pero debido a que esto tiene un margen de error humano porque muchas veces la temperatura ya no era la misma referente a la que se había medido minutos atrás ya que la temperatura del agua continuaba descendiendo; La zona en la cual se encuentra ubicada la planta tiene una temperatura que va desde los 27 a 33 grados Celsius la mayor parte del año debido a eso se ocupan los cuatro chillers durante la temporada de verano.



**Ilustración 10: Antiguo panel de control**



#### 4.4. TECNICAS E INSTRUMENTACION APLICADOS

“La investigación no tiene sentido sin las técnicas de recolección de datos. Estas técnicas conducen a la verificación del problema planteado. Cada tipo de investigación determinará las técnicas a utilizar y cada técnica establece sus herramientas, instrumentos o medios que serán empleados.” (Daniel S. Behar Rivero, 2008, p. 54)

En esta parte del informe se detalla que tipo de técnicas se utilizaron para recopilar la información necesaria para cumplir con los objetivos de la investigación. Las técnicas fueron las siguientes:

➤ Observación

“La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o conducta manifiesta. Puede utilizarse como instrumento de medición en muy diversas circunstancias.” (Daniel S. Behar Rivero, 2008, p. 68)

Esta técnica fue la menos usada durante la mayor parte de investigación debido a que Las visitas técnicas fueron escasas debido a la poca disponibilidad por parte de la empresa en cuestión, pero durante las visitas se pudieron observar el área de trabajo primero que nada el lugar de colocación del panel de control que estuviese en un área que no fuese afectada por agua debido a que hay muchas fugas en esa parte de la planta y a su vez que no fuese afectado por el clima lluvioso o por los rayos solares(directamente), como segunda observación era para tomar medidas de la tubería que llega los chillers debido a que el modelado en 3D en SolidWork es en escala métrica y como tercera y última observación el lugar donde se colocarían los sensores de temperatura debido a que hay varias líneas de tubería llegando a los chillers pero solo se necesita medir la salida por que esta línea es la cual va directo a la planta.



## Ilustración 11: Tubería de la línea de entrada hacia los chillers

### ➤ La entrevista

“La entrevista, desde el punto de vista del método, es una forma específica de interacción social que tiene por objeto recolectar datos para una indagación. El investigador formula preguntas a las personas capaces de aportarle datos de interés, estableciendo un diálogo peculiar, asimétrico, donde una de las partes busca recoger informaciones y la otra es la fuente de esas informaciones.” (Daniel S. Behar Rivero, 2008, p. 55)

Esta técnica fue la más efectiva al momento de recopilar información necesaria para llevar a cabo esta investigación y se usó por lo general al momento de las visitas técnicas en la empresa y aunque fueron pocas pudimos recopilar información de suma importancia para el proyecto, primero más que nada era necesario saber al momento de establecer un control automatizado que variable que variable sería controlada y en este caso nuestra variable de control es la temperatura y con esto determinar que temperatura es necesaria para que el proceso sea óptimo, los ingenieros a cargo nos comunicaron que la temperatura ideal variaba entre los 19 y 20 grados Celsius.

## 4.6. MATERIALES

“Soy completamente consciente de que hay gente presuntuosa que cree tener razón en desacreditarme por no ser un hombre culto ¡Qué locos [...] ¡No saben que mis materiales tienen más valor porque derivan de la experiencia antes que de las palabras de otros, y la experiencia es la maestra de quienes han escrito con acierto” ...! (Leonardo Da Vinci, s. f.)

Dentro de la lista de materiales que se utilizaron para la creación del panel y la instalación de los sensores están los siguientes:

Ítem	Cantidad	Modelo	Descripción
1	1	TM221ME32TK	PLC Schneider Electric
2	1	TM3DI8	Módulo de 8 Entradas Discretas 24 VDC
3	1	TM3TI4	Módulo de 4 Entradas Analógicas RTDs
4	1	HMIGTO3510	HMI Magelis 7.0" 800x480 96 MB
5	2	ABFT20E200	Cable para Entradas y Salidas Discretas
6	1	-	Fuente de Voltaje 24 VDC / 2.5 A
7	2	-	Sensores RTD

8	1	-	Panel Metálico 500 de alto x 600 de ancho
9	12	-	Postes para Bornes
10	3	-	Bornera Sencilla para cable 18 AWG
11	1	-	Bornera Aterrizada para Tierra cable 18 AWG
12	25	-	Bornera Doble para cable 18 AWG
13	3	-	Puentes para Bornera doble (10 Pines)
14	5	-	Bornera triple para cable 18 AWG
15	5	-	Bornera con porta fusible
16	5	-	Fusibles de Vidrio de 50 mA
17	16	-	Relés de 24 VDC, 5A, 1 Contacto NO
18	5	-	Cable de Control TFF #18 Negro
19	5	-	Cable de Control TFF #18 Blanco
20	20	-	Cable de Control TFF #18 Rojo
21	20	-	Cable de Control TFF #18 Azul
22	5	-	Cable de Control TFF #18 Verde
23	1.5	-	Canaleta Ranurada 40mm X 60 mm
24	1	-	Riel Din
25	1	-	Mini breaker 1P/2A 120 VAC
26	2	-	Mini breaker 1P/2A 24 VDC

**Tabla 5: Lista de materiales**

#### 4.7. FUENTES DE INFORMACION

“La investigación recoge conocimientos o datos de fuentes primarias y los sistematiza para el logro de nuevos conocimientos.” (Daniel S. Behar Rivero, 2008, p. 22)

Las fuentes son necesarias para llevar a cabo todo tipo de investigación ya que estas nos brindan más información acerca de lo que necesitamos para llevar a cabo este proyecto en este proyecto en específico nuestras fuentes fueron las siguientes:

- Manuales sobre PLC TM221ME32TK
- Manuales sobre So Machine Basic
- Trabajos previos sobre programación de 3 o 4 actuadores con dos variables dependientes

#### 4.8. CRONOGRAMA DE ACTIVIADES

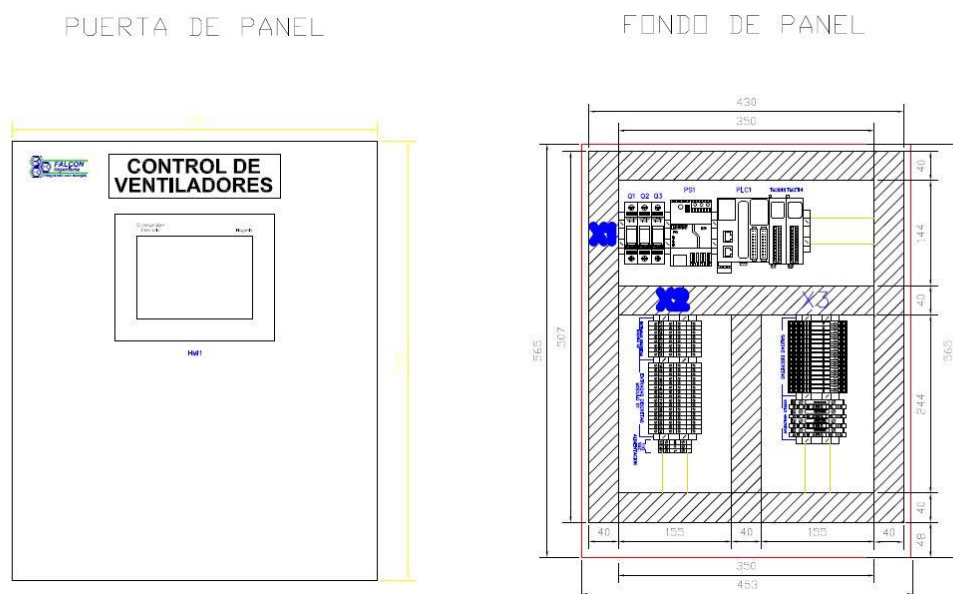
Actividades	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Revisión de propuesta de proyecto	■									
Visita técnica				■		■				
Diseño de paneles AutoCAD	■	■								
Pruebas de equipo y de programación							■	■		
Diseño 3D SolidWorks			■	■	■	■				
Programación de HMI						■	■			
Programación de PLC			■	■	■					
Armado de panel						■	■			
Pruebas Técnicas								■	■	
Instalación									■	■

**Tabla 6: Cronograma de actividades**

## V. RESULTADO Y ANALISIS

### 5.1. DISEÑO DE PANELES

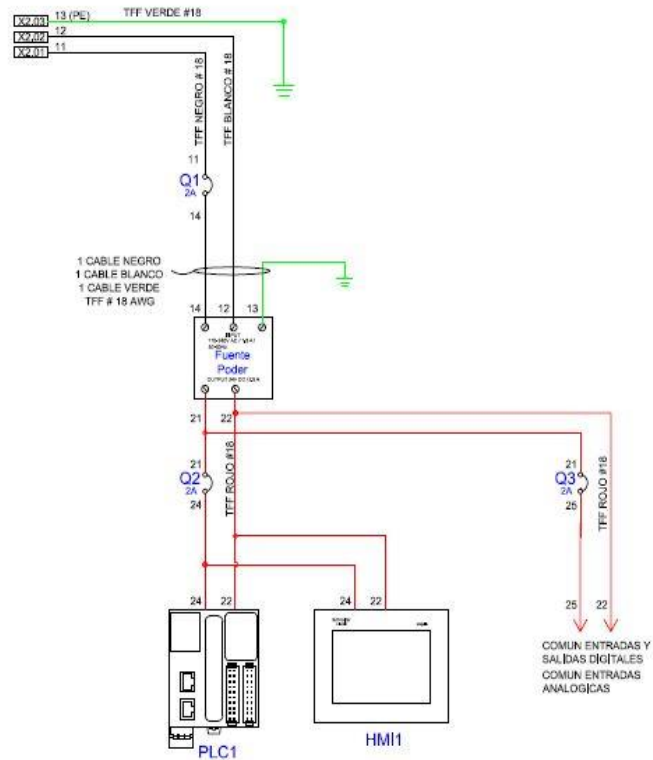
Primero que nada, se necesitaba hacer un diseño del panel y que las medidas de este satisficieran la necesidad del cliente ya que los lugares sugeridos eran pocos y el espacio no era tan amplio así que tomando como punto de partida lo antes mencionado las medidas del panel quedaron como se muestra a continuación en la siguiente ilustración.



**Ilustración 12: Plano del panel de control**

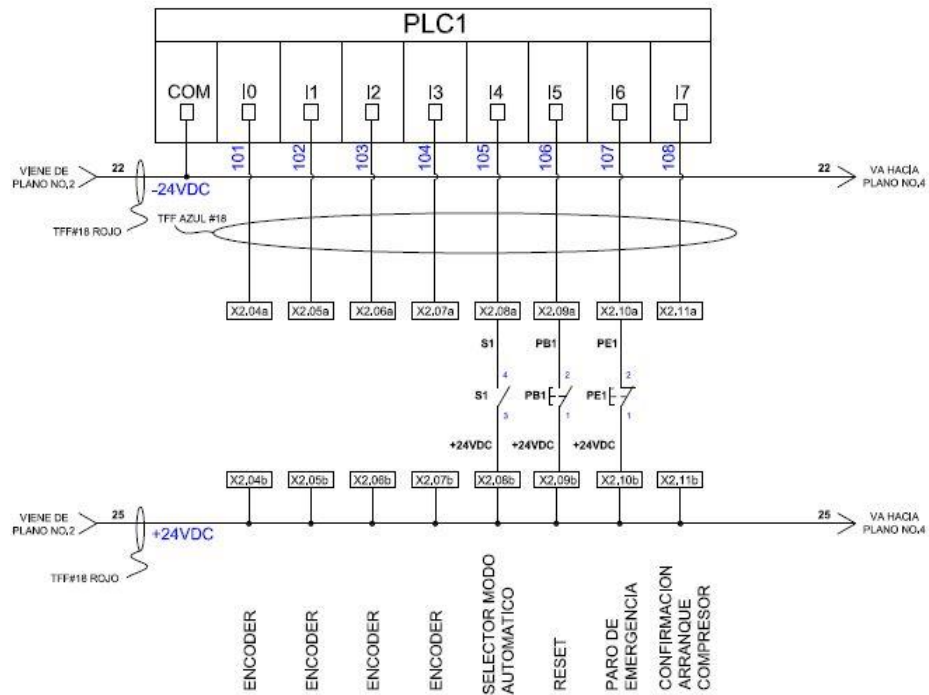
En la siguiente ilustración se muestra el diseño del panel con respecto a la alimentación se especifica que tipo y color de cable usar para la línea viva y para el neutro se especifica a que parte de los dispositivos va conectada para que a la hora del ensamblaje no hay a confusión y siempre se hace prueba de continuidad para verificar que todo este conforme al diseño y que no se produzca ningún tipo de accidente o que los equipos sean dañados por algún corto circuito.

# ALIMENTACIONES

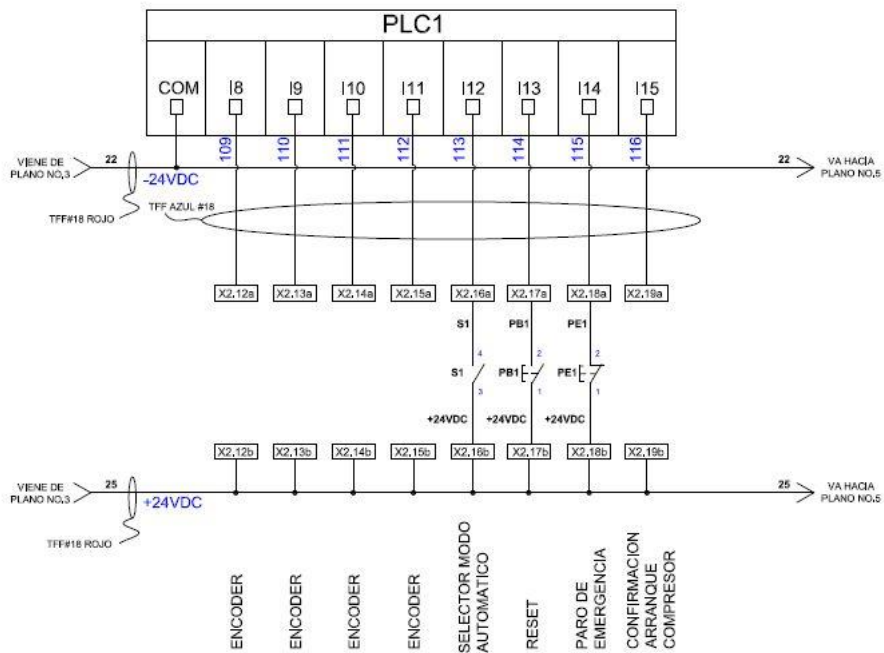


**Ilustración 13: Plano de alimentación**

A continuación, se mostrará los planos de las entradas y salidas analógicas del PLC con sus respectivas marcas y especificaciones técnicas como ser el tipo de cable, color de cable, número de marca y su número de entrada en el PLC.

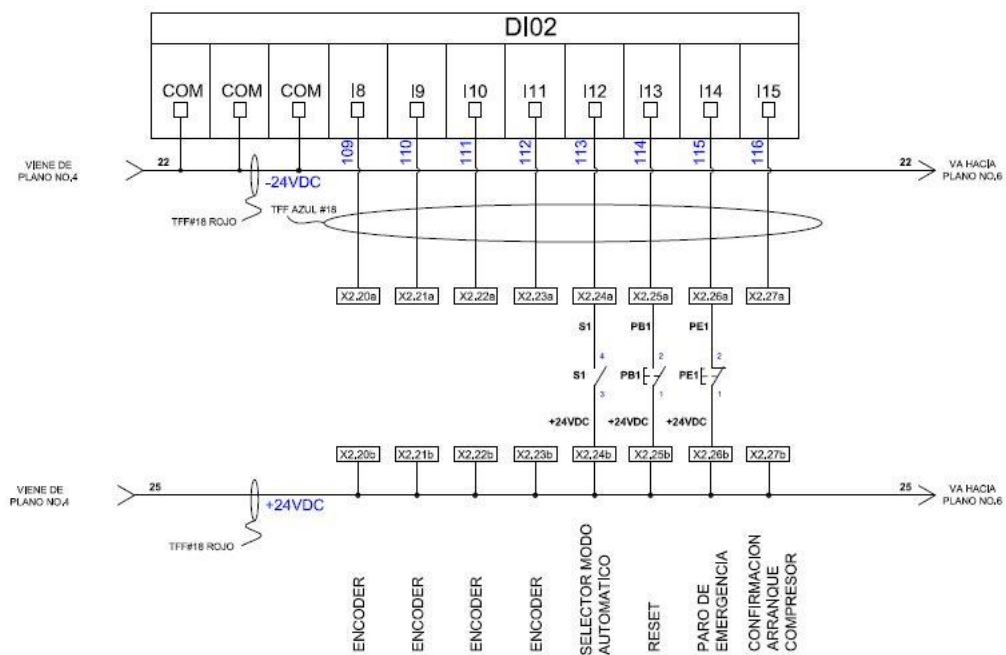


**Ilustración 14: Entradas analógicas**



**Ilustración 15: Entradas analógicas 2**

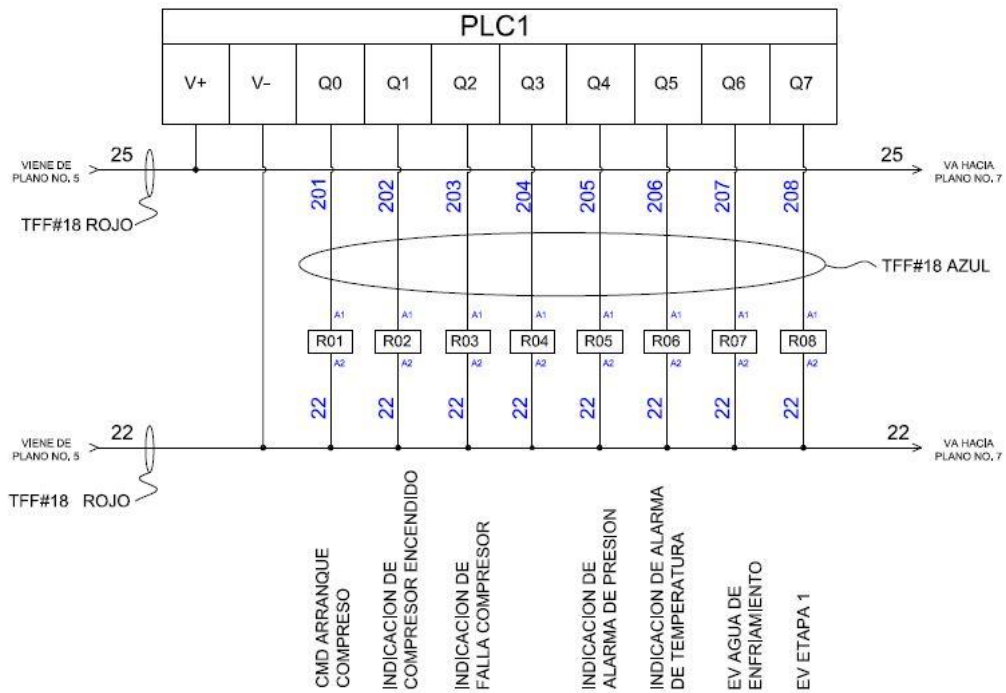
En la siguiente ilustración se muestra las salidas analógicas con sus respectivas marcas e indicaciones de a que numero pertenece dentro de la lógica del PLC algunas como el paro de emergencia el cual será un botón que hará el para inmediato de todo el proceso, también se encuentra el reset el cual hará un reinicio del sistema lo cual apagara y volverá a arrancar el mismo, también está la confirmación de arranque esta es muy importante porque nos indica que chillers ya están en funcionamiento lo cual nos envía una señal la cual el PLC guarda dentro de su lógica y con esta y dependiendo la temperatura la lógica puede indicarnos que se necesitan o no todos los chillers encendidos.



**Ilustración 16: Salidas analógicas**

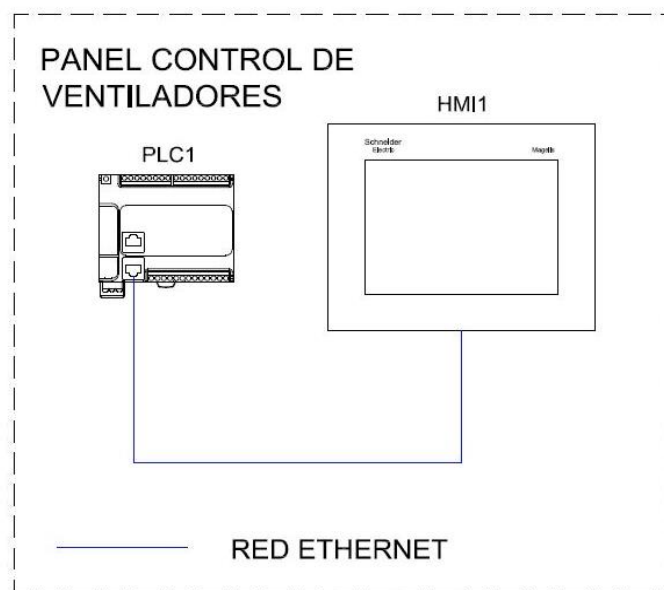
En la siguiente ilustración observaremos las salidas analógicas del PLC también podremos observar el CMD de arranque del Chiller lo que no es más que un comando de arranque para cada uno de los chillers, como segundo está el indicador de encendido este nos ayudara a saber cuándo uno de los chilleras ya está cumpliendo con el comando de arranque, como tercer tendremos un indicador de falla el cual solo detectara si hay o no un chiller en falla que también puede ser el resultado de la desconexión de uno de estos debido al mantenimiento, tenemos también un indicador de alarma de temperatura la cual nos dirá cuando la temperatura está por debajo o muy por encima de lo ideal.



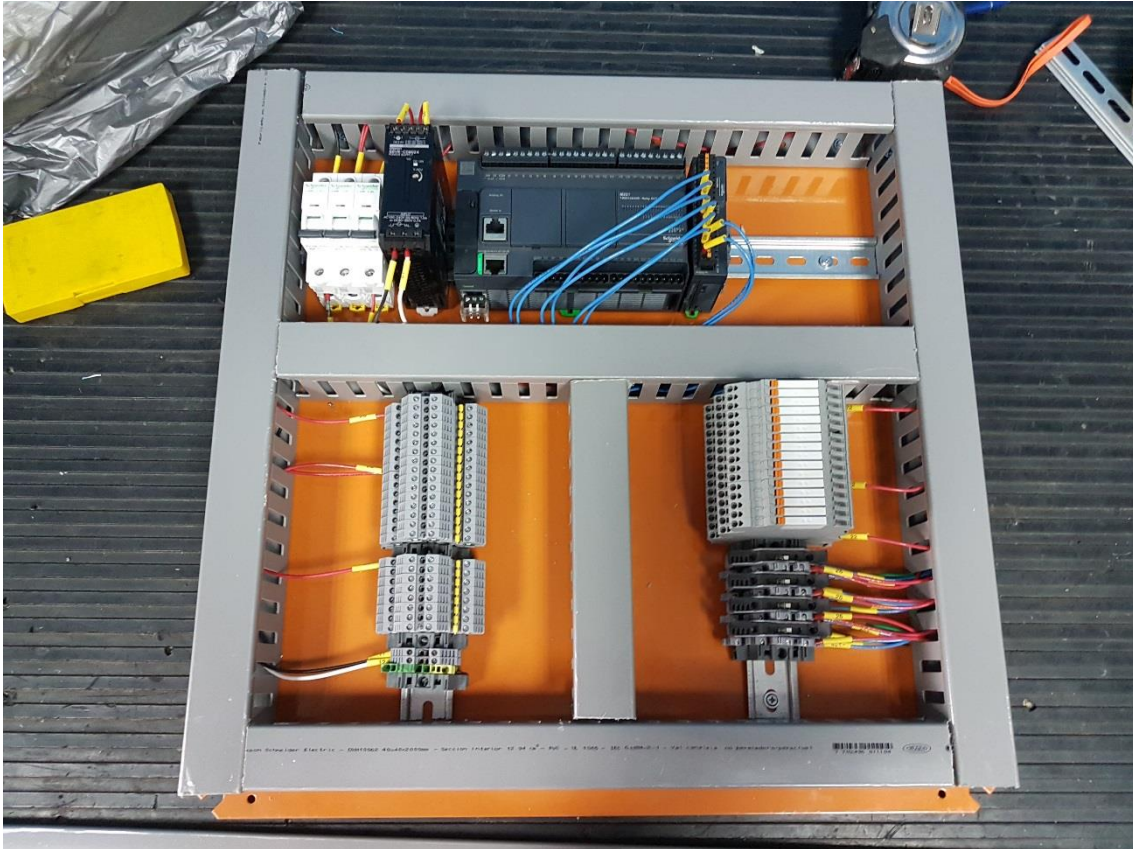


**Ilustración 17: Salidas analógicas 2**

En esta última ilustración del panel se muestra la conexión de la pantalla HMI al PLC la cual muestra de forma visual el proceso



**Ilustración 18: Plano de pantalla HMI**



**Ilustración 19: Panel de control**

### **5.3. PROGRAMACION Y DISEÑO DE LOGICA**

La programación es la base fundamental en todo proyecto de automatización ya que sin esta el PLC no sabría qué hacer con los dispositivos conectados a él, pero más que esto está también la lógica que se desea implementar la cual varía según la necesidad del proyecto, en este en particular se necesita controlar 4 chillers los cuales no solo deben estar controlados por la temperatura deseada sino también por las horas de operación todo esto es según la necesidad del cliente.

Primero se intentó desarrollar una lógica según prioridades que denotaba que el chiller con más horas de operación tendría la prioridad de trabajo más elevada para ser suplantado en caso que solo se necesitaran 3 chillers y en caso que fuese dos sería de la misma forma de forma que se alternasen para que cada uno tuviesen casi la misma cantidad de horas trabajadas pero este tipo de lógica falló debido a que había mucha redundancia ya que el programa So Machine Basic ofrece muy pocas funciones y la única forma de realizar esta lógica en este PLC era mediante comparaciones lo cual lo hacía muy extenso y al final surgían redundancias que provocaban confusión en la programación.

Como segunda opción se pensó en una forma de establecer las posibles combinaciones de cada uno de los casos que son:

- Cuando la temperatura que mide el sensor sea mayor a la temperatura ideal y hay 4 chillers disponibles.
- Cuando la temperatura que mide el sensor sea mayor a la temperatura ideal y hay 3 chillers disponibles.
- Cuando la temperatura que mide el sensor sea mayor a la temperatura ideal y hay 2 chillers disponibles.
- Cuando la temperatura que mide el sensor sea mayor a la temperatura ideal y hay 1 chillers disponibles.

A partir de esto se estableció posibles combinaciones de 4 variables que serían C1, C2, C3 y C4 para hacer un esquema de trabajo para cada caso con sus posibles combinaciones.

A continuación, se muestra un ejemplo de los ciclos de trabajo en forma de ilustración.

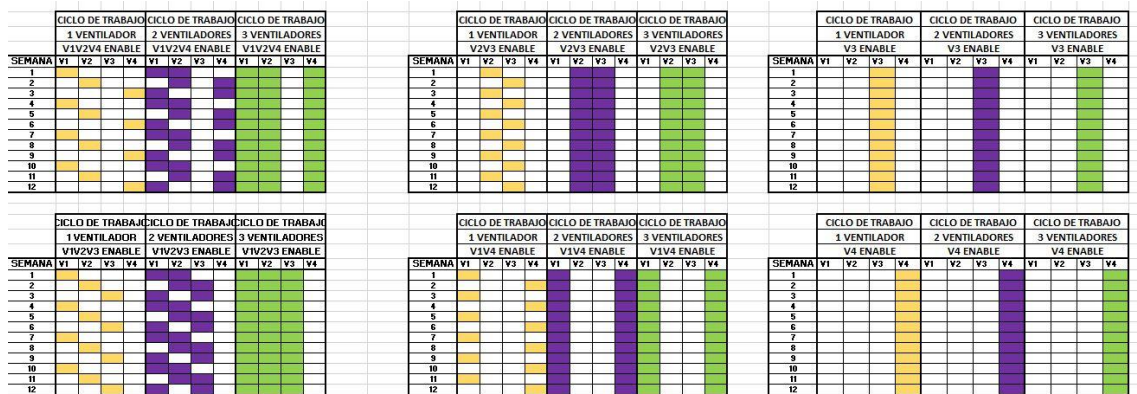
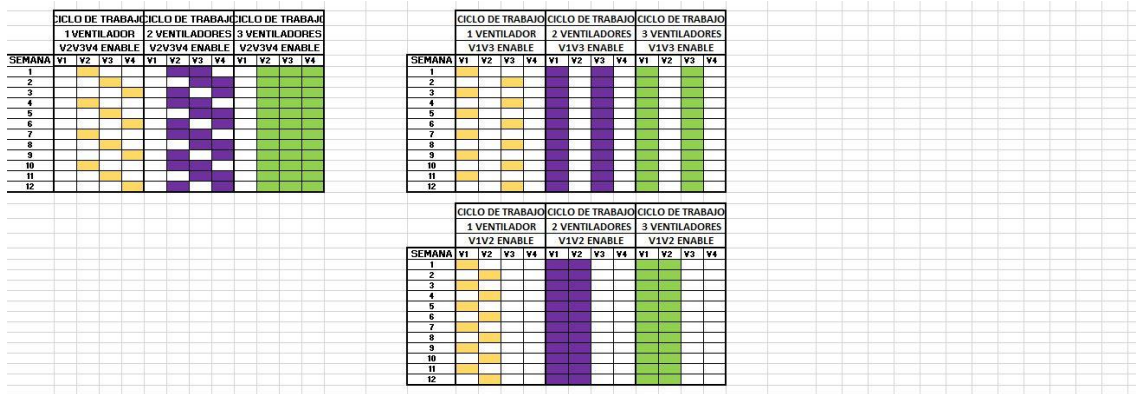
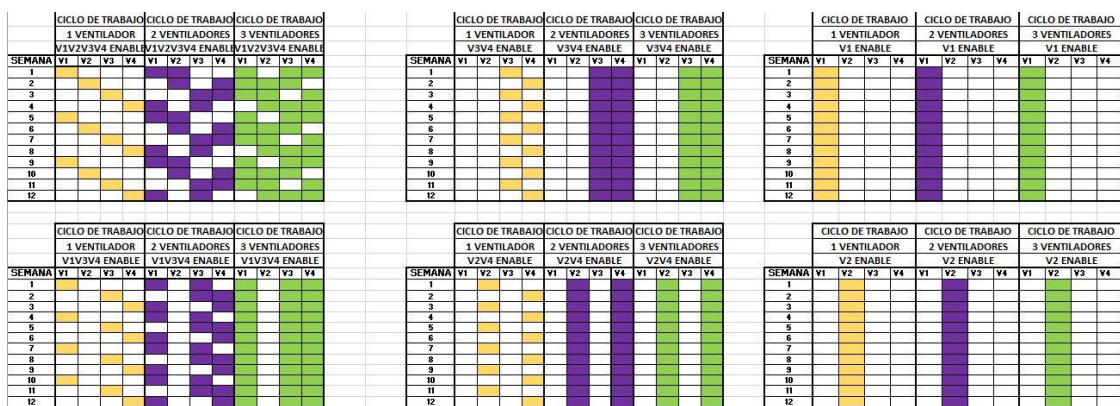


Ilustración 20:Cilcos de trabajo 1



**Ilustración 21: Ciclos de trabajo 2**



**Ilustración 22: Ciclos de trabajo 3**

### 5.3.1. Software de programación.

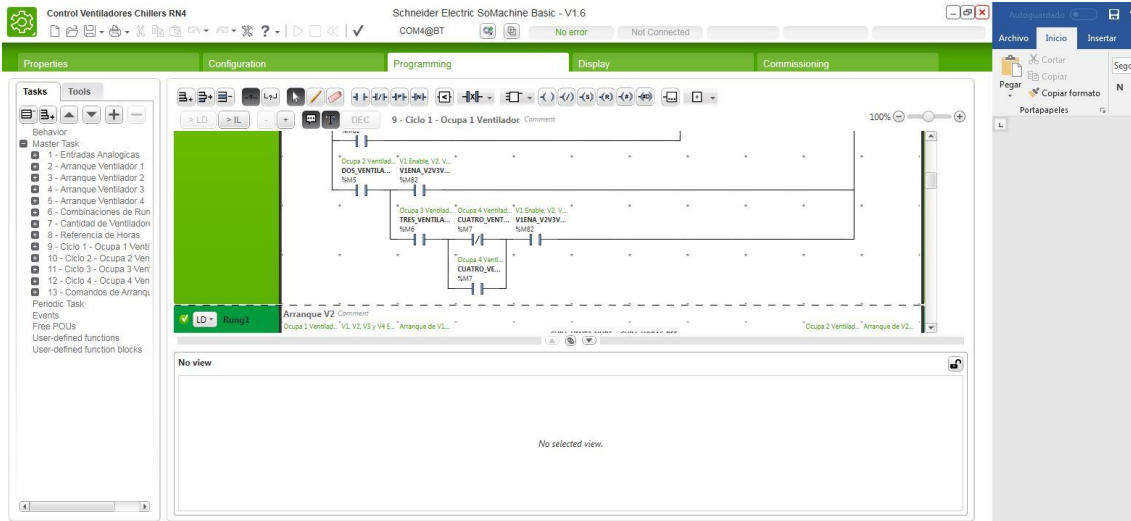
“El software de computadora sigue siendo la tecnología más importante en la escena mundial y también es un ejemplo magnífico de la ley de las consecuencias inesperadas.” (Pressman, 2010, p. 2)

¿Qué es SoMachine Logic Builder?

Descripción general

Logic Builder proporciona el entorno de configuración y programación para los proyectos de SoMachine que cree con SoMachine Central. Muestra los diferentes elementos de un proyecto en vistas separadas que se pueden organizar en la interfaz de usuario de So Machine y en el escritorio, en función de las necesidades individuales. Esta estructura de vistas permite añadir elementos de hardware y software al proyecto mediante el método de arrastrar y soltar. Los principales cuadros

de diálogo de configuración que permiten crear contenido para el proyecto se proporcionan en el centro de la pantalla de Logic Builder. Además de una sencilla configuración y programación, Logic Builder también proporciona potentes funciones de diagnóstico y mantenimiento.



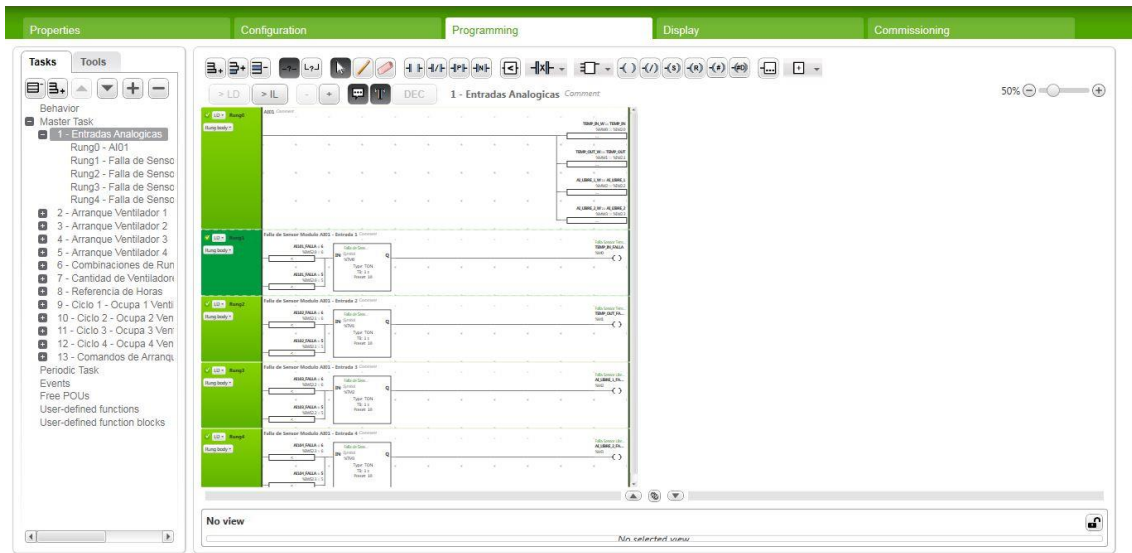
**Ilustración 23: SoMachine Basic**

### 5.3.2 Lógica de Operación

“El corazón del proceso de programación se encuentra en la planeación de la lógica del programa.” (Farrell, Joyce, s. f., p. 9)

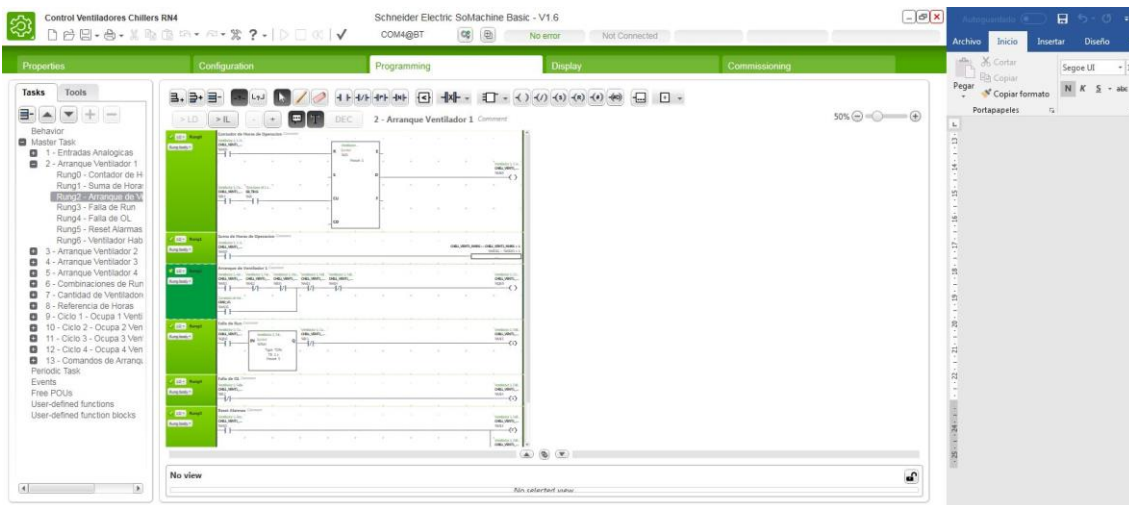
Como se ha mencionado anteriormente la lógica de programación es una parte fundamental al momento de programar un PLC y en la siguiente ilustración observaremos los comandos RUN del programa y a su vez los indicadores de falla del sensor.





**Ilustración 24: Comando Run y de Falla**

En la siguiente Ilustración se podrá observar cada una de las características del arranque del ventilador 1 lo cual varía un poco para cada uno de los demás ventiladores en esta sección se puede observar el contador de horas el cual funciona a base del reloj interno del PLC y el cual posee un contador que se activa cuando el ventilador que en este caso es el 1 entra en funcionamiento y se resetea al cumplir una hora de funcionamiento y como consiguiente tenemos la suma de horas de operación que una variable en la salida del contador va guardando ese pulso que envía una vez cumple el ciclo y en la suma de horas va incrementando y sumando constantemente, después tenemos el arranque del ventilador que debe cumplir ciertos requisitos para encender como lo es no estar en falla y no estar en modo manual.



**Ilustración 25: Arranque de ventiladores**

#### 5.4. Presupuesto del proyecto

El presupuesto del proyecto esta principalmente compuesto por los componentes eléctricos que fueron utilizados.

Presupuesto			
Ítem	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
TM221ME32TK PLC Schneider Electric	1	\$ 370	\$ 370
TM3DI8 Modulo de 8 Entradas Discretas 24 VDC	1	\$ 170	\$ 170
TM3TI4 Modulo de 4 Entradas Analógicas RTDs	1	\$ 170	\$ 170
HMIGTO3510 HMI Magelis 7.0	1	\$ 2,500	\$ 2,500
ABFT20E200 Cable	1	\$ 60	\$ 60
Fuente de Voltaje 24 VDC / 2.5 A	1	\$ 100	\$ 100
Sensores RTD	2	\$ 200	\$ 400
Panel de control	1	\$ 2,000	\$ 2,000
Costo de ingeniería	1	\$ 5,000	\$ 5,000
<b>Costo total en USD</b>			<b>\$ 10,770</b>
<b>Costo total en lempiras</b>			<b>Lps. 250,510,2</b>

**Tabla 7: Tabla de presupuesto**

## **VI. CONCLUSIONES**

(Vilega, 2015) Afirma: "Las conclusiones de un trabajo son una sección o capítulo final, de reducidas dimensiones, donde el autor trata de sintetizar todo lo hasta allí expuesto de modo tal que resulten destacados los aspectos más importantes del desarrollo anterior".

- El desarrollo de una lógica funcional en la programación del PLC que se usa para controlar los chillers.
- Correcta instalación y montaje de sistemas control y medición.
- Mejora del rendimiento y horas de operación de los chillers debido a la correcta implementación de ingeniería en el sistema de control y monitoreo.



## VII. RECOMENDACIONES

### **Para la empresa:**

- Aumentar el personal en el área de automatización para poder encontrar la solución a los problemas de forma más rápida y efectiva.

### **Para la universidad:**

- Aumentar la cantidad de cursos y talleres en los cuales los alumnos puedan aprender más sobre algunos softwares necesarios en la industria como AutoCAD o bien SolidWorks Electric.
- Implementar talleres en los cuales el alumno pueda aprender el armado y diseño de paneles con las respectivas normas.
- Implementar talleres sobre la seguridad industrial que forma parte del día a día en el área de trabajo y la cual es muy importante al momento de trabajar con Electricidad.

## BIBLIOGRAFIA

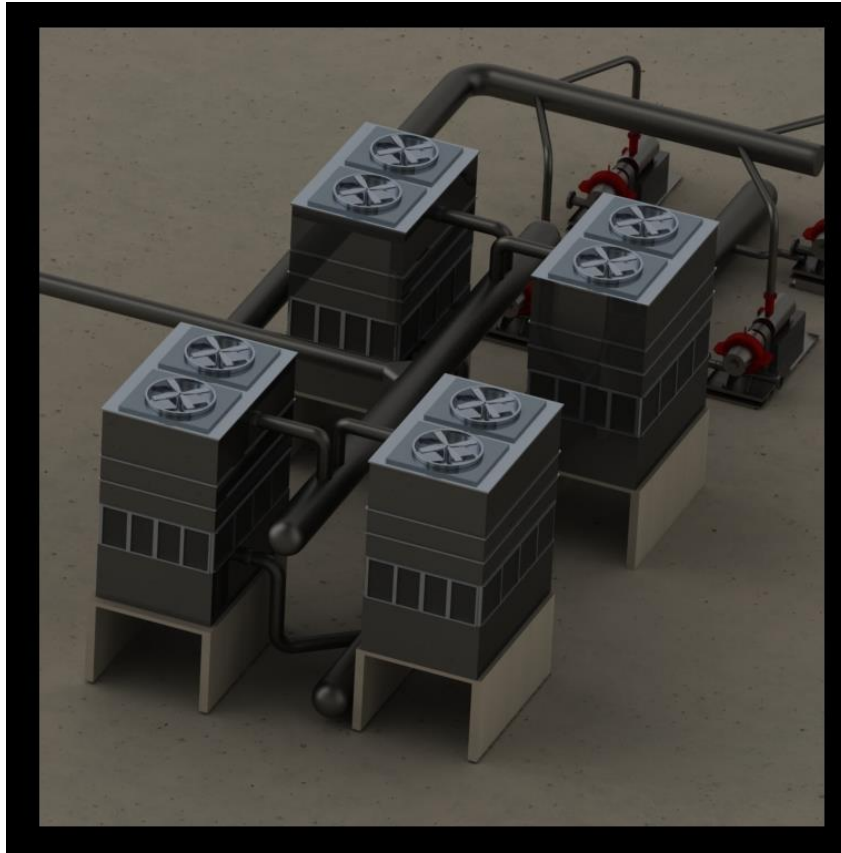
- César A. Bernal. (2014). *Fundamentos de investigación* (1era.). Recuperado a partir de <https://www.biblionline.pearson.com/Pages/BookDetail.aspx?b=1442>
- Daniel S. Behar Rivero. (2008). *Metodología de la investigación*. México,DF.
- Farrell, Joyce. (s. f.). *Introducción a la Programación Lógica y Diseño* (7.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning Editores.
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2010). *Metodología de la Investigación* (4ta ed.).
- Joyanes Aguilar, L. (2008). *Fundamentos de programación: algoritmos, estructura de datos y objetos* (4a. ed.). México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado a partir de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3216636>
- Joyanes Aguilar, L., Rodríguez Baena, Luis, & Fernández Azuela, Matilde. (2003). *Fundamentos de programación: libro de problemas. Algoritmos, estructuras de datos y objetos* (2a. ed.) (2a.). McGraw-Hill España. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=10498607&p00=fundamentos+programacion>
- Leonardo Da Vinci. (s. f.). folio 327v.
- Leonel Germán Corona Ramirez, Jimñenez, G., & Mares, J. (2014). *Sensores y actuadores* (Primera Edición). México: Editorial PATRIA, S.A DE C.V. Recuperado a partir de <https://books.google.es/books?id=wMm3BgAAQBAJ&lpg=PP1&ots=6N2skza10w&dq=sensores%20y%20actuadores&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=sensores%20y%20actuadores&f=false>

Máquina frigorífica. (2017, enero 5). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado a partir de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A1quina\\_frigor%C3%ADfica&oldid=96028669](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=M%C3%A1quina_frigor%C3%ADfica&oldid=96028669)

Navidi, W. (2006). *Estadística para ingenieros*. Distrito Federal, MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado a partir de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=4498994>

Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software: un enfoque práctico (7a. ed.)*. México, D.F., MEXICO: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado a partir de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/detail.action?docID=3224540>

## ANEXOS



**Ilustración 26: Modelo de SolidWorks**