



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Migración de un control A419 a un  
control por PLC en un sistema de  
aire acondicionado tipo chiller**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecatrónico**

**P R E S E N T A**

Raúl Malagón Peñaloza

**ASESOR DE INFORME**

Dr. Armando Rojas Morín



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2020**

# **Contenido**

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| <b>Introducción</b> .....                  | 7  |
| <b>1. Empresa</b> .....                    | 10 |
| <b>1.1 Organigrama</b> .....               | 11 |
| <b>1.2 Participación profesional</b> ..... | 13 |
| <b>2. Descripción del problema</b> .....   | 14 |
| <b>3. Solución a la problemática</b> ..... | 20 |
| <b>3.1 Ideal del proyecto</b> .....        | 21 |
| <b>3.2 Análisis</b> .....                  | 22 |
| <b>3.3 Necesidades</b> .....               | 22 |
| <b>4. Resultados</b> .....                 | 23 |
| <b>5. Conclusiones</b> .....               | 23 |
| <b>ANEXOS</b> .....                        | 23 |

# Índice de figuras

|                                                                                                                                        | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Ilustración 1.1</b> Organigrama de empresa CYVSA mantenimiento.....                                                                 | <b>6</b>      |
| <b>Ilustración 2.1</b> Unidad mini chiller de 5 toneladas.....                                                                         | <b>9</b>      |
| <b>Ilustración 2.2</b> PLC con su módulo de expansión con el que viene acondicionado el chiller de fábrica.....                        | <b>10</b>     |
| <b>Ilustración 2.3</b> Imagen tomada en campo del gabinete de fuerza cuando el equipo se encuentra sin fallas en el PLC.....           | <b>10</b>     |
| <b>Ilustración 2.4</b> Imagen tomada en campo de un control A419 realizando la función del PLC instalado en el gabinete de fuerza..... | <b>11</b>     |
| <b>Ilustración 2.5</b> Esquema de funcionamiento del control A419                                                                      | <b>12</b>     |
| <b>Ilustración 3.1</b> Esquema de metodología utilizada para llegar a la solución de la problemática.....                              | <b>15</b>     |
| <b>Ilustración 3.2</b> Motor saber o también llamado protector de fase...                                                              | <b>17</b>     |
| <b>Ilustración 3.3</b> Contactor marca Hartland de 3 polos.....                                                                        | <b>18</b>     |
| <b>Ilustración 3.4</b> Contactor magnético (izquierdo). Protector de sobre corriente (derecho).....                                    | <b>18</b>     |
| <b>Ilustración 3.5</b> Sensor de flujo de paleta.....                                                                                  | <b>19</b>     |
| <b>Ilustración 3.6</b> Presostato para alta presión.....                                                                               | <b>19</b>     |
| <b>Ilustración 3.7</b> Sensor de temperatura.....                                                                                      | <b>20</b>     |
| <b>Ilustración 4.1</b> Diagrama esquemático de control.....                                                                            | <b>22</b>     |
| <b>Ilustración 4.2</b> Fotografía tomada en campo del PLC(izquierda) a controlar conectado a una tarjeta de expansión (derecha).....   | <b>22</b>     |
| <b>Ilustración 4.3</b> Dibujo de la tarjeta de expansión utilizada.....                                                                | <b>23</b>     |
| <b>Tabla 4.1</b> Conexiones a las terminales de la tarjeta de expansión con elementos del sistema.....                                 | <b>23</b>     |

|                         |                                                                                                                                           |           |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Ilustración 4.4</b>  | Entorno de trabajo en CPT tolos.....                                                                                                      | <b>24</b> |
| <b>Ilustración 4.5</b>  | Bloques de control de “Universal input” (izquierda) y de “Digital Out” (derecha).....                                                     | <b>25</b> |
| <b>Ilustración 4.6</b>  | Bloque de comparación de suma y de un “AND” lógico respectivamente.....                                                                   | <b>26</b> |
| <b>Ilustración 4.7</b>  | Programa sencillo entre 2 estados “true” un “and” y una salida digital.....                                                               | <b>26</b> |
| <b>Ilustración 4.8</b>  | Configuración del bloque de monitor de fase dentro de CPT tolos.....                                                                      | <b>27</b> |
| <b>Ilustración 4.9</b>  | Configuración de bloques de presostatos de alta y baja presión, así como el sensor de flujo.....                                          | <b>27</b> |
| <b>Ilustración 4.10</b> | Configuración de bloques de temperaturas en inyección, de retorno y de congelamiento.....                                                 | <b>28</b> |
| <b>Ilustración 4.11</b> | Configuración de señales digitales. A bomba y a la bobina del compresor respectivamente.....                                              | <b>28</b> |
| <b>Ilustración 4.12</b> | Programación para arranque del sistema hidráulico.....                                                                                    | <b>28</b> |
| <b>Ilustración 4.13</b> | Contactador binario conectado a cada una de los estados de los sensores.....                                                              | <b>29</b> |
| <b>Tabla 4.2</b>        | Tabla temperatura contra resistencia para sensores de temperatura de platino.....                                                         | <b>30</b> |
| <b>Ilustración 4.14</b> | Programación de bloques de sensores de temperatura con sus respectivos comparadores.....                                                  | <b>32</b> |
| <b>Ilustración 4.15</b> | Programación de bloques para el sensor de congelemiento.....                                                                              | <b>33</b> |
| <b>Ilustración 4.16</b> | Sensor de inyección, retorno y congelamiento con sus respectivos comparadores de resistencia conectados al contador binario.....          | <b>34</b> |
| <b>Tabla 4.3</b>        | Acciones a realizar dependiendo de en qué situación se encuentren los sensores y por ende el Contactador binario dentro del programa..... | <b>35</b> |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |           |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Ilustración 4.17</b> | Identificación de fallas del fabricante.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>36</b> |
| <b>Ilustración 4.18</b> | Programación en bloque de alarma de 1 pulso.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>36</b> |
| <b>Ilustración 4.19</b> | Propiedades de los bloques de alarma mostrado en ilustración 4.18                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>37</b> |
| <b>Ilustración 4.20</b> | Bloques de constantes booleanos. “Verdadero” o “Falso”.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>38</b> |
| <b>Ilustración 4.21</b> | Bloques de constantes flotantes.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>38</b> |
| <b>Ilustración 4.22</b> | Inicio de simulación con encendido de la bomba por 30 seg.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>39</b> |
| <b>Ilustración 4.23</b> | Simulación 30 seg después del inicio. Bloque “inicio” se encuentra en “false”, bloque “or” se mantiene “true” por bloque “flujo” en “true” y bloque “bomba” se mantiene en “on”.....                                                                                                                                                                                           | <b>39</b> |
| <b>Ilustración 4.24</b> | Prueba de cambio de estado “off” en bloque “bomba” por cambio de estado a “false” en bloque “flujo”.....                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>40</b> |
| <b>Ilustración 4.25</b> | Simulación de una situación donde el sensor de flujo está cerrado, el voltaje es correcto, las presiones en el equipo son correctas y el sensor de retorno registra una temperatura superior a los 12°C para arrancar. Observando en el extremo derecho de la ilustración el bloque “compres” en estado “on”.....                                                              | <b>40</b> |
| <b>Ilustración 4.26</b> | Simulación de equipo trabajando. Bloque “DlyOFF1” encargado que el equipo se quede enclavado en un ciclo muy largo, a su vez encargado de mantener el enclavamiento en el compresor durante ese ciclo ya que en el bloque “retorno” y su comparador se deja de cumplir la condición donde la temperatura de retorno es mayor a la fijada de 12.77 en valor de resistencia..... | <b>41</b> |

|                         |                                                                                                                                                                                              |           |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Ilustración 4.27</b> | Simulación de sistema apagado por corte de ciclo de enfriamiento por el bloque “inyecc” (que simula cuando el sensor de inyección ha llegado a una temperatura en el agua menor a 7.2°C..... | <b>42</b> |
| <b>Ilustración 4.28</b> | Simulación de congelamiento en el sistema.....                                                                                                                                               | <b>42</b> |
| <b>Ilustración 4.29</b> | Bloques para construir sistema de alarmas mostrado en ilustración 4.17.....                                                                                                                  | <b>43</b> |
| <b>Ilustración 4.30</b> | Simulación de alarma activa por falta de flujo de agua. Bloque “flujo” en estado “false”.....                                                                                                | <b>43</b> |

## ***Introducción***

En el siguiente trabajo describo las actividades realizadas en el campo laboral, así como los conocimientos de ingeniería aplicados que se adquirieron durante mi estancia en la facultad. Dichas actividades consisten en programar, y migrar una unidad tipo mini chiller de un control A419 a un control por PLC. Este control es el encargado de gestionar todo el proceso que se realiza dentro de la unidad.

Una unidad tipo chiller utiliza el ciclo de refrigeración para enfriar agua a través de un intercambiador de calor, esta agua helada llega a otra unidad dentro del recinto a climatizar, haciendo el intercambio por tubos de cobre y un ventilador.

La necesidad de realizar esta migración surge por el hecho de que, al no tener un control digital, es bastante difícil saber o predecir la falla de un sistema, cuando una unidad tipo mini chiller falla, esto puede ser por un aspecto en el circuito de refrigeración o en el circuito hidráulico, el control A419 permite un número limitado de sensores lo que implica que para un poder mayor de sensado, se necesita aumentar el número de unidades A419.

De la misma manera, cuando existe una falla irreparable en el PLC, este debe ser sustituido, y al no tener el personal capacitado para realizar esta actividad, se sustituye el PLC por un control A419 o A421, que son semejantes en funcionamiento y programación, y al hacer este tipo de cambio se necesita poner en corto muchos sensores para que el sistema se mantenga funcional.

El reporte inicia explicando detalladamente, como funciona una unidad tipo mini chiller, y cómo es el control de esta unidad utilizando el controlador A419, las desventajas de utilizar este tipo de control.

En el desarrollo explico los métodos utilizados para la resolución del problema, así como los problemas dentro de la programación que surgieron y las diversas soluciones planteadas para que explotar el controlador a su máximo poder.



# OBJETIVOS

## *Objetivo general*

Migrar un sistema de control analógico a un sistema de control digital por PLC, para facilitar la manipulación del sistema y el diagnóstico de fallas.

## *Objetivos particulares*

- Realizar adaptaciones para que el sistema funcione de manera correcta.
- Regresar a sistema PLC en unidades adaptadas a un control A419.
- Entender la forma de programación del PLC por bloques.
- Comprobar la eficiencia del control de PLC contra el control A419
- Ser lo más explicativo posible para que compañeros del área HVAC puedan realizar un programa sobre la plataforma.
- Simular el proceso para acercarlo lo más posible a la realidad y de esta manera poder proponerlo como una solución en la empresa.

## ***1. Empresa***

*Calefacción y ventilación S.A. de C.V.* es un grupo conformado de 4 grandes empresas.

Para conocer el grupo a fondo visitar: [www.cyvsa.com](http://www.cyvsa.com)

La primera *DYPRO* (Diseños Y Proyectos) es la encargada de realizar los cálculos térmicos, el modelado MEP, la selección de equipos, así como la instalación de estos.

*DUFORM* (Ductos y Formas) con el proyecto desarrollado por *DYPRO* y con toda la información requerida, esta empresa se encarga de realizar toda la ductería rígida o flexible que se necesita para la instalación de los equipos. Enfocándose solo en ductos de ventilación, uniones y piezas que del proyecto deriven.

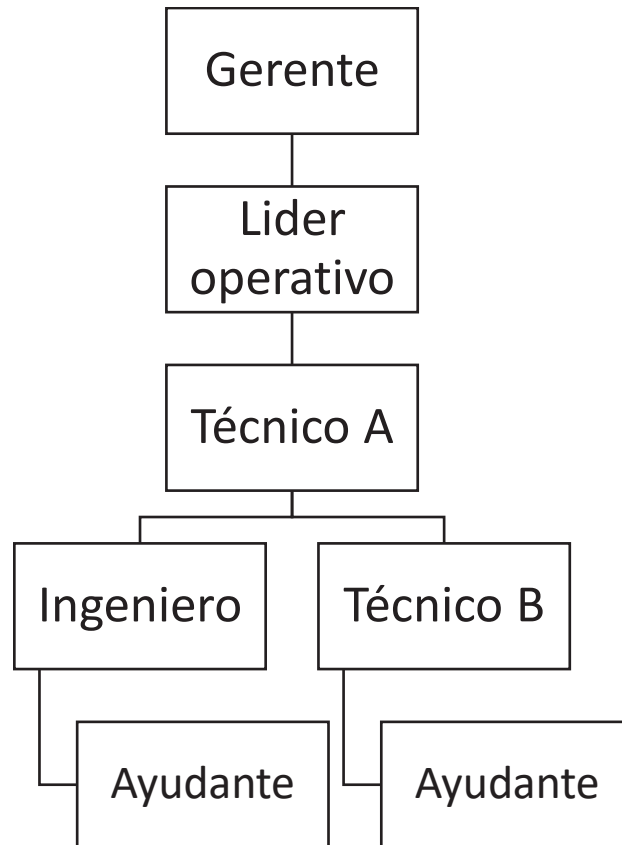
*CLIMA FLEX* empresa dedicada al diseño y armado de equipos de aire acondicionado. La planta en San Luis Potosí es la encargada de diseñar y realizar los equipos de aire acondicionado y ventilación que el proyecto requiera, desde unidades de 1 tonelada de refrigeración hasta más de 300 TR.

*CYVSA MANTENIMIENTO* después de la realización del proyecto, esta empresa es la que se encarga del correcto funcionamiento de los equipos, remplazo o modificación en los diferentes equipos de aire acondicionado y ventilación, esta es la empresa donde laboré.

Para saber más sobre la empresa visitar [www.cyvsamant.com](http://www.cyvsamant.com)

## **1.1 Organigrama**

Dentro de la empresa hay 2 grupos, el operativo y el administrativo, yo desempeño labores en el ámbito únicamente operativo por lo cual es el organigrama que se describirá en la ilustración 1.1



*Ilustración 1.1. Organigrama de empresa CYVSA mantenimiento*

El organigrama es muy sencillo y pequeño por lo que a mi parecer agiliza las cuestiones. Yo desempeño mi labor dentro de la empresa como ingeniero. Lo que diferencia a un técnico B o ingeniero de un técnico A son en primera los años de experiencia por lo menos deben pasar 2 años dentro de la empresa o tener experiencia comprobable en el campo por lo menos 5 años por lo que un técnico A puede supervisar el trabajo.

Las habilidades y conocimientos que se debe tener para cumplir con el perfil dentro de la empresa son esencialmente 3. El primero contar con una licenciatura terminada, referente a el campo del área termodinámica, la segunda haber tenido algún tipo de experiencia manejando herramienta de mano como es amperímetro, manómetros, bombas de vacío, etc. Así como tener una noción del control de contactores, en 220 V y 440 V. La tercera y no menos importante, acreditar el

examen prueba que realiza la prueba sobre ciclos de refrigeración, presiones, electricidad y electrónica básica.

## ***1.2 Participación profesional***

En la empresa he desarrollado mis conocimientos teóricos y prácticos aprendidos a lo largo de la carrera, mi trabajo de desempeña totalmente en campo haciendo uso de conocimientos mecánicos, hidráulicos termodinámicos, eléctricos y de control.

Se me solicita mantener los equipos en perfecto funcionamiento, así como atención de reportes de emergencia, mi trabajo se basa en dos grupos, un mantenimiento preventivo en el cual como su nombre lo indica se pretende que el equipo se mantenga en sus óptimas condiciones para su funcionamiento, el otro grupo de actividades que desempeño son acciones correctivas, las cuales se emplean cuando el equipo se encuentra fuera de servicio por alguna falla en uno de sus componentes.

Desempeño trabajos en baja y media tensión, en su mayoría equipos trifásicos, cambio de sensores dentro de los equipos, ajuste de estos y chequeo del control del equipo.

En fallas mayores, cambios motores, compresores e intercambiadores de calor, muchas veces dañados por las impurezas en el agua afectando a la red hidráulica e inundando el compresor.

En ámbitos de control, se cambia controlador A419 por PLC para dar una mayor información y control al sistema.

Inspecciono, reviso y controlo los mantenimientos preventivos y correctivos dentro de torre corporativa apegándome a un plan de mantenimientos.

## ***2. Descripción del problema***

El control en los sistemas de aire acondicionado es algo esencial ya que, al no tener un buen control, estos pueden congelarse o incluso no arrancar el equipo.



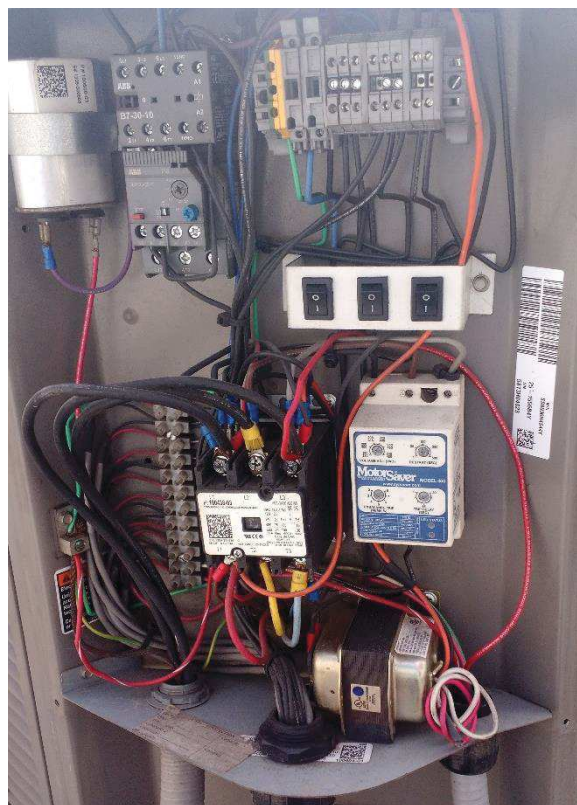
*Ilustración 2.1 Unidad mini chiller de 5 toneladas. 1. Sistema de fuerza y control A419. 2. Válvulas de servicio de refrigerante. 3. Salida de agua helada. 4. Sistema de control por PLC.*

En la ilustración 2.1 se muestra una unidad mini chiller con la que se trabajó, estas unidades de fabrica vienen acondicionadas para trabajar con una un PLC como el que se muestra en la ilustración 2.2, este plc va montado en la parte inferior del chiller en el gabinete marcado con el número 4 en la ilustración 2.1.



*Ilustración 2.2 PLC con su módulo de expansión con el que viene acondicionado el chiller de fábrica.*

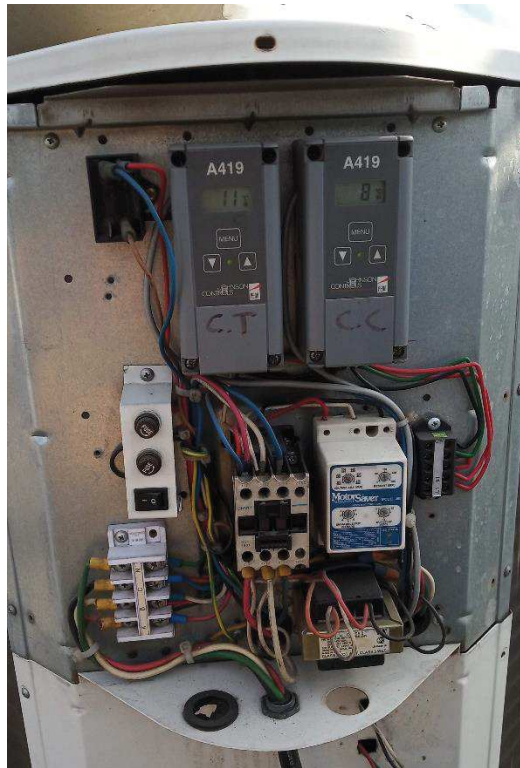
Dentro del gabinete marcado en la ilustración 2.1 con el número 1 cuando el equipo se encuentra operando normalmente se ve como lo muestra la ilustración 2.3.



*Ilustración 2.3 Imagen tomada en campo del gabinete de fuerza cuando el equipo se encuentra sin fallas en PLC.*



Cuando existe una falla en el PLC del equipo donde el dispositivo (plc) queda inservible, este se reemplaza (como se muestra en la ilustración 2.4) por un dispositivo más sencillo de programar, en donde no se requiere el uso de un pc.



*Ilustración 2.4 Imagen tomada en campo de un control A419 realizando la función del PLC instalado en el gabinete de fuerza.*

En la ilustración 2.5 se muestra la forma de cómo opera el control A419 gráficamente.

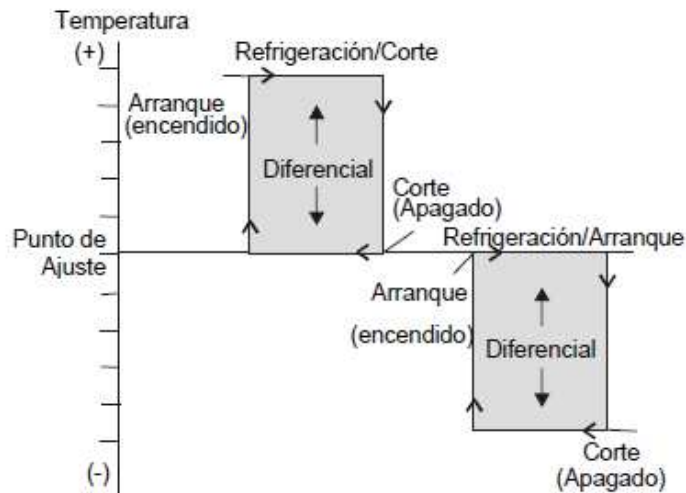


Ilustración 2.5 Esquema de funcionamiento del control A419.

Dentro del dispositivo existen 2 maneras de trabajar en modo de refrigeración.

La primera, en modo corte, esto pasa cuando el diferencial se encuentra por encima del punto de ajuste, el relevador interno se activará cuando la temperatura alcance el punto de ajuste más un diferencial programado, cuando la temperatura llega nuevamente al punto de ajuste el relevador se desactivará.

La segunda, en modo corte, esto pasa cuando el diferencial está por debajo del punto de ajuste, cuando la temperatura alcance el punto de ajuste el relevador se activará, se desactivará el relevador cuando la temperatura caiga al punto de ajuste menos un diferencial programado.

Cualquiera de las 2 anteriores opciones es posible programar en el sistema, el más usado es el modo corte ya que en un sistema tipo chiller el punto de ajuste se establece en 7°C y el diferencial normalmente se fija en 5°C esto quiere decir que al llegar la temperatura de 12° el relevador arrancará, haciendo accionar el sistema y apagará al llegar a los 7° nuevamente.

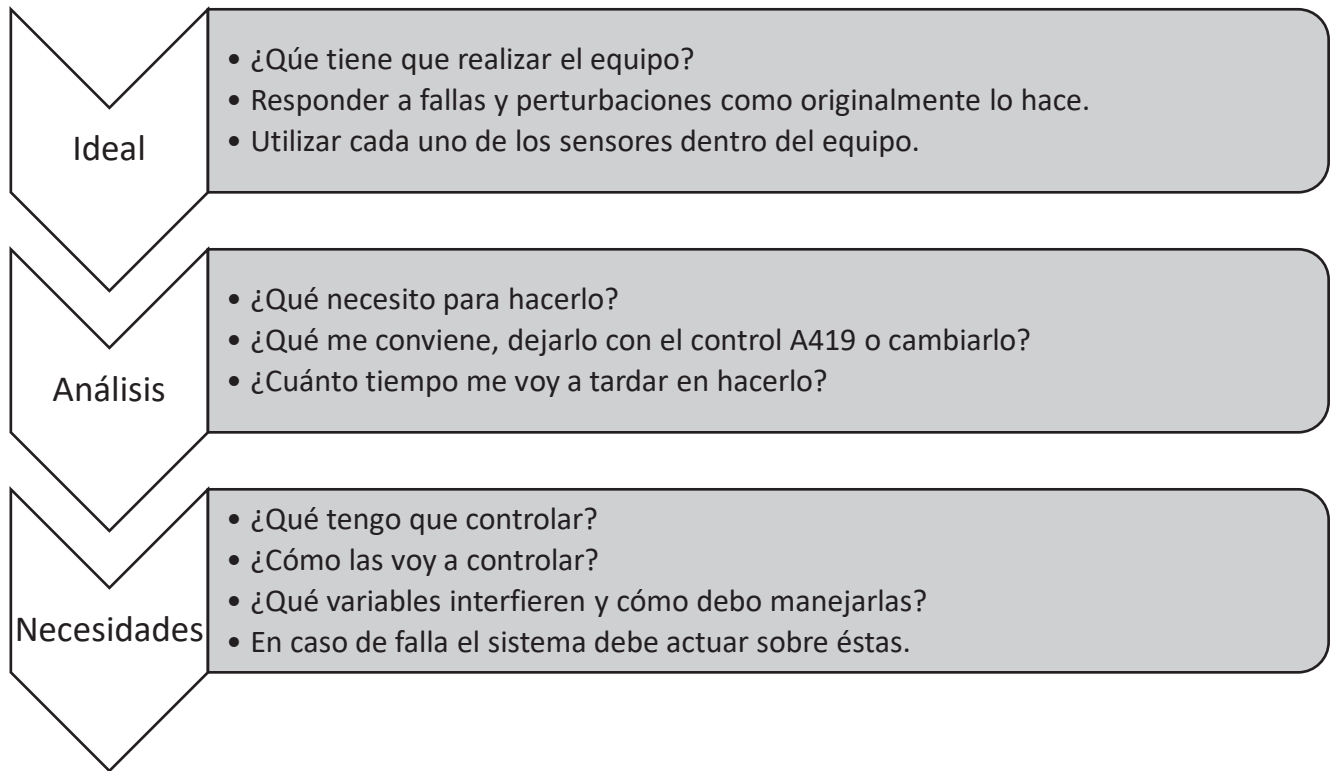
Como se puede apreciar, en el sistema solamente se ocupa un parámetro, el cual es la temperatura, por lo cual si se desea conocer el estado del flujo de agua, las presiones en la línea de alta y baja, no es posible con este control, a pesar de que este sistema tiene una protección anti ciclo corto ( la cual no permite que el equipo

opere en un tiempo determinado) no es suficiente protección para el equipo ya que si faltase agua en el equipo, el control A419 seguiría operando al sensar una temperatura alta, en otras palabras, el sistema operaría sin ningún fin, ya que el agua helada no llegaría al equipo secundario ventiloconvector, evaporadora de pared o uma (unidad manejadora de aire).

Es por ello que para un mejor control, un sensado correcto del sistema, así como una protección del mismo asegurando que este funcione de la mejor manera y garantizando una mayor vida útil se sugiere el cambio de un control más eficiente, un control que permita ser programado a disposición del usuario, que te permita involucrar otros parámetros aparte de la temperatura como flujo y presiones y que si el sistema llegase a fallar te indique la falla para una pronta resolución.

### ***3. Solución a la problemática***

En la ilustración 3.1 describo los procesos que utilicé para llegar a la solución del problema planteado utilizando las técnicas y procedimientos expuestos con anterioridad. Al plantearme preguntas en cada uno de los puntos e irlos respondiendo para lograr a una óptima solución.



*Ilustración 3.1. Esquema de la metodología utilizada para llegar a la solución de la problemática.*

### **3.1 Ideal del proyecto**

El control está planeado para ser instalado en cualquier unidad que contenga algún otro tipo de control, de igual manera este control puede ser escalable a un sistema de mayor dimensionamiento haciendo las modificaciones en el software pertinente, debe funcionar en sistemas chiller de cualquier capacidad.

De la misma manera el sistema responderá de manera automática a una falla y podrá continuar, una vez que la falla haya sido arreglada. Así mismo el sistema mostrará de alguna manera la posible falla que pueda tener el sistema.

### **3.2 Análisis**

El sistema al iniciar debe verificar que todos sus sistemas estén en orden, pasado este paso el sistema debe iniciar la bomba ya que sin flujo de agua el sistema no podrá hacer el intercambio de calor.

Después de un lapso en el que dejamos que las tuberías se llenen de agua para evitar cavitación en la tubería se comienza a tomar lectura en cada uno de los sensores, presión, alta, baja, temperatura y flujo de agua.

Una vez el sistema se encuentre sensando, éste decidirá si es conveniente arrancar el compresor, de esto dependerán ciertos factores como lo son, las presiones, si el equipo tiene baja presión no puede arrancar, esto quiere decir que hay falta de refrigerante, si el sistema tiene sobre presión tampoco arrancará, así como falta de agua en el sistema o incluso una temperatura aún no lo suficiente alta para activar el compresor.

Si el sistema en algún momento llega a sufrir una alteración en los sensores, éste automáticamente se detendrá y mandará una alarma que indique cuál es el problema en el sistema.

En el momento que la alteración desaparezca el sistema será capaz de reiniciar su ciclo de trabajo normalmente.

### **3.3 Necesidades**

Las necesidades para cubrir vienen dadas desde los sensores a utilizar hasta los PLC y la programación a utilizar.

Como primer paso se deben de controlar sensores de temperatura, que midan la temperatura a la salida del intercambiador de calor y a la entrada de éste.

Segundo punto, se debe controlar el flujo de refrigerante que pasa a través de una válvula solenoide puesta en la línea de baja a la entrada del compresor.

De la misma manera, controlar una bomba de agua la cual se encarga de distribuir el agua a todos los ventiloconvectores.

La bomba se relaciona directamente con el sensor de flujo de agua, si el sensor de flujo estuviera dañado o una lectura errada, la bomba no funcionaría.

Y por último y no menos importante, sensores en línea de baja y de alta presión, como sistema de protección para el sistema.

El sistema cuenta con los siguientes elementos a controlar.

### 1. *Motor saver*

Este dispositivo es el encargado de monitorear el voltaje, diseñado para proteger motores trifásicos contra condiciones inestables de voltaje. Cuando una condición fuera de rango es detectada el relevador de salida es desactivado, después de un retardo ajustado. El relevador se reactiva cuando las condiciones de voltaje vuelven a condiciones aceptables.



Ilustración 3.2 Motor Saver o también llamado protector de fase.

### 2. *Contacto hartland*

Contacto de 3 polos, voltaje de control de 24V amperaje máximo de 25A, este dispositivo es el encargado de controlar el cierre del circuito hacia el motor ventilador y hacia el compresor, controlado por el PLC.



Ilustración 3.3. Contactor marca Hartland de 3 polos.

### 3. Contactor ABB con protector de sobre corriente.

Contactor de imán, a este dispositivo va conectada la bomba de agua.

Trip class 10 es el encargado de proteger la bomba de fases invertidas o sobre corrientes. A este dispositivo va conectado al contactor por las terminales superiores, este dispositivo se usa para controlar el contactor.

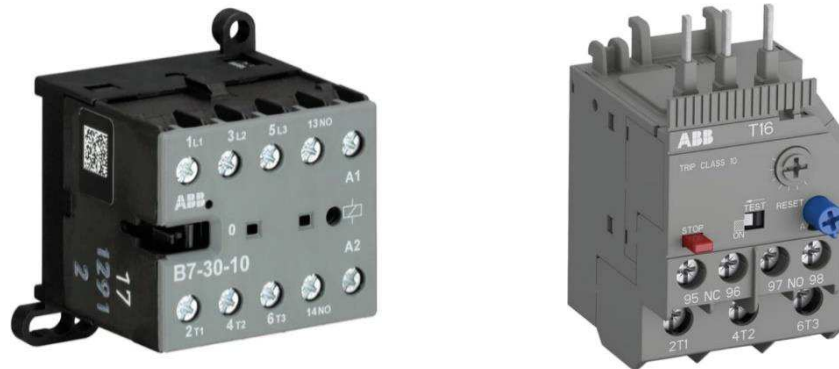


Ilustración 3.4 Contactor magnético (izquierdo). Protector de sobre corriente (derecho).

### 4. Interruptor de flujo de paleta

Interruptor de paleta colocado en la tubería de agua, el funcionamiento es relativamente sencillo, mientras el sistema tenga agua la paleta será movida accionando la continuidad en el circuito, si por alguna causa el agua llegase a



faltar o hubiera cavitación en la tubería, la paleta regresaría a su posición normal cortando la continuidad en los extremos de los cables del sensor.



*Ilustración 3.5. Sensor de flujo de paleta.*

#### *5. Sensor de baja presión y alta presión.*

Presostato colocado en la línea de succión, cuando la presión es demasiado baja en el sistema, el mecanismo interno del presostato abre el circuito eléctrico mandando señal de baja presión.

Presostato colocado en la línea de alta presión, cuando la presión es demasiado alta en el sistema, el mecanismo interno del presostato abre el circuito eléctrico mandando señal de alta presión.



*Ilustración 3.6 Presostato para alta presión.*

6. *Sensor de temperatura de inyección, de retorno y de congelamiento.*

Sensor que indica la temperatura de inyección, este elemento va colocado a la salida del intercambiador de calor. Sensor que consiste en un elemento de platino el cual la resistencia cambia proporcionalmente a la temperatura. Estos sensores están ajustados según los requisitos de la norma DIN IEC 7751

Sensor de retorno colocado a la entrada del intercambiador de calor, este sensor de encarga principalmente de accionar el sistema una vez que el agua haya llegado a la temperatura máxima permitida por el control.

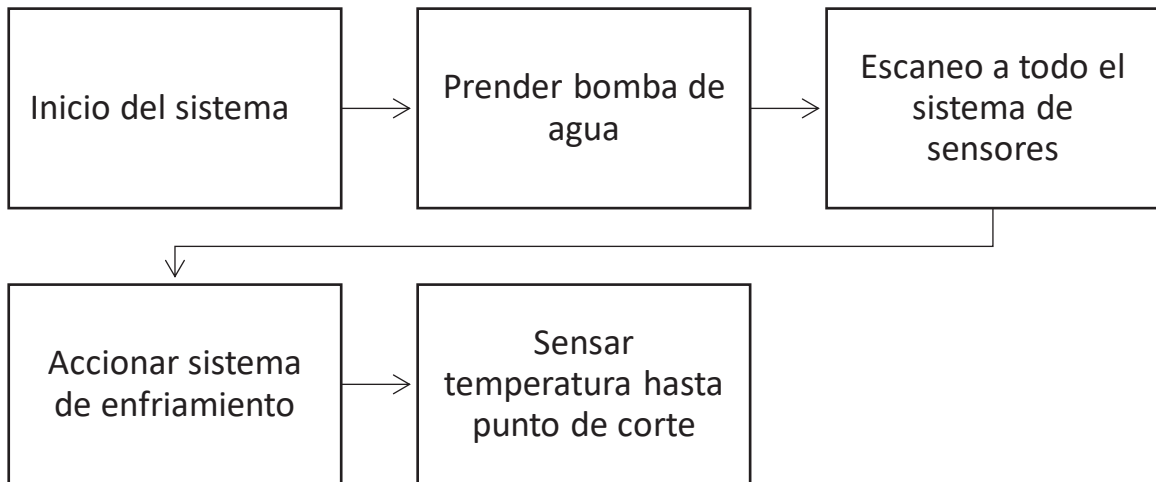
Sensor de seguridad de congelamiento, este elemento colocado en la línea de baja presión, cuando la temperatura es demasiado baja en la línea tiende a congelarse, ya sea por flujo de aire, falta de gas o incluso fallo en el sensor de temperatura e inyección. Evitando de esta manera que el equipo se congele y provocando mayor daño.



*Ilustración 3.7. Sensor de temperatura.*

## ***4. Resultados***

Después de detallar los elementos que contiene el sistema, a continuación, se describirá la conexión que llevará tanto como el diagrama de fuerza/ y el diagrama de control.



*Ilustración 4.1 Diagrama esquemático de control.*

Para el control se tiene un PLC desarrollado por la compañía Tridium, a su vez este PLC va conectado a una tarjeta de expansión a la cual se conectan entradas/salidas digitales/analógicas.



*Ilustración 4.2 Fotografía tomada en campo del PLC (izquierda) a controlar conectado a una tarjeta de expansión(derecha).*

En la ilustración 4.3 se describe de mejor manera con las entradas que cuenta la tarjeta de expansión.

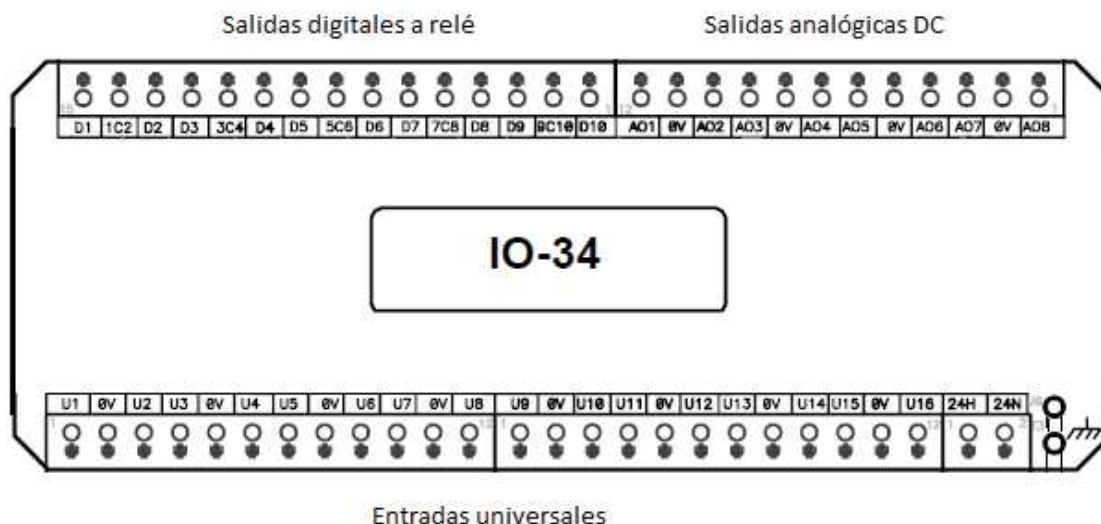


Ilustración 4.3 Dibujo de la tarjeta de expansión utilizada.

En la tabla 4.1 se describe el elemento conectado a la terminal del módulo de expansión.

| Conexiones a terminales de tarjeta de expansión con el sistema |                                    |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Terminal                                                       | Elemento                           |
| U1                                                             | Monitor de fase                    |
| U2                                                             | Sensor de flujo                    |
| U3                                                             | Presostato alta presión            |
| U4                                                             | Presostato baja presión            |
| U5                                                             | Sensor de temperatura inyección    |
| U6                                                             | Sensor de temperatura de retorno   |
| U7                                                             | Sensor de congelamiento            |
| D1                                                             | A contactor de bomba               |
| 1C2                                                            | 24V AC                             |
| D3                                                             | Bobina de compresor/fan ventilador |
| 3C4                                                            | 24V AC                             |

Tabla 4.1. Conexiones a las terminales de la tarjeta de expansión con los elementos del sistema.

La programación de estos dispositivos se realiza a través de una aplicación llamada *CPT tools*, en un lenguaje de bloques haciendo que la programación sea sencilla y con funciones predeterminadas.

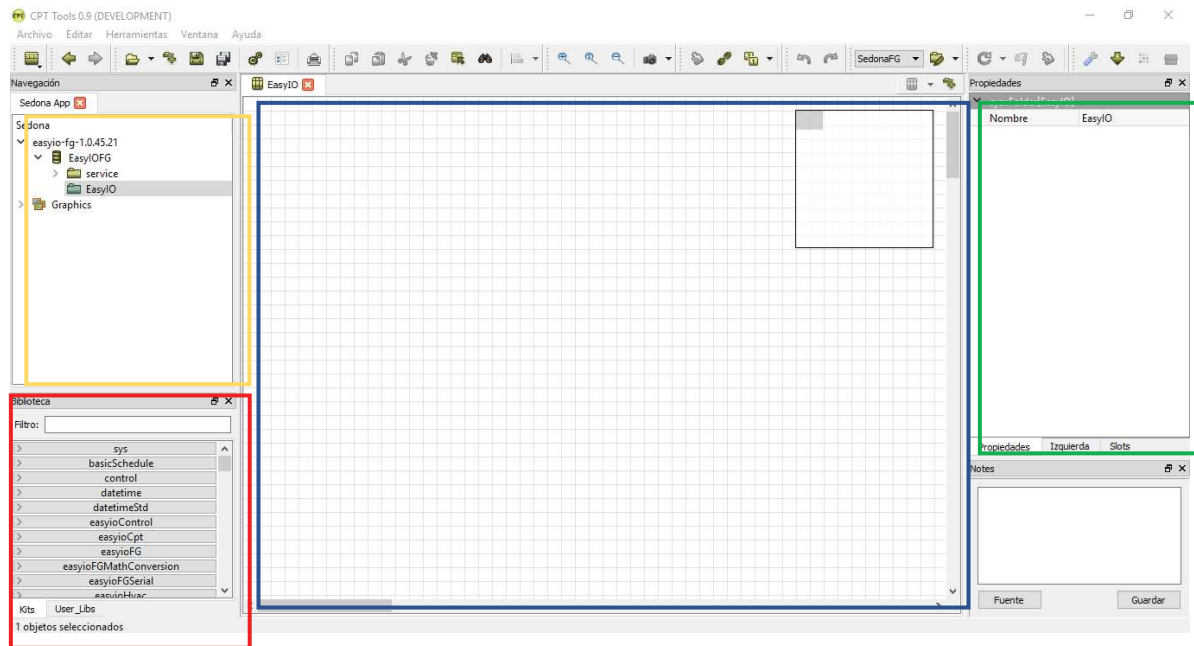


Ilustración 4.4 Entorno de trabajo de CPT tools.

Dentro del software se encuentran 4 elementos principales. En rojo, la biblioteca donde se encuentran todos los kits de Sedona o bloques para programar, en azul como tal la hoja de trabajo, en verde las propiedades que se le puede dar a un módulo y en amarillo el árbol del programa.

Dentro del programa los elementos ya sean entradas que son los sensores o salidas se representan con bloques como se muestra en la ilustración 4.5.

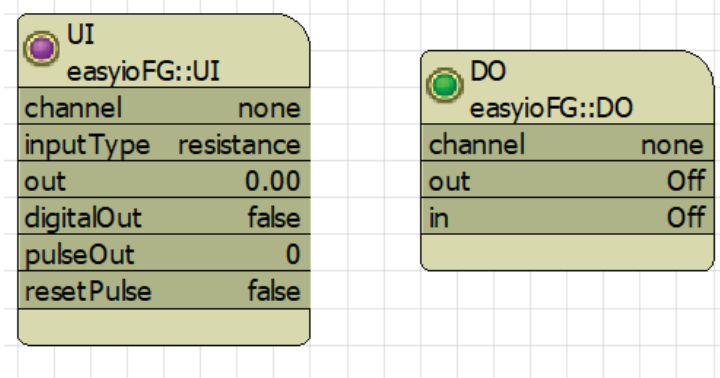


Ilustración 4.5 Bloques de control de "Universal Input" (izquierda) y de "Digital Out" (derecha).

Dentro de los bloques se encuentran los parámetros distintos en los que ya sea una entrada o salida se pueden configurar. Para el bloque "Universal Input" de entrada universal mostrado en la ilustración 4.5 se puede ver un apartado que dice "channel", es en ese apartado donde utilizando el árbol de propiedades explicado en la ilustración 4.4 se puede configurar el bloque en la entrada digital física correspondiente en el PLC. La siguiente fila muestra "inputType" es este apartado donde se configura el tipo de entrada, esta puede ser entrada digital, de resistencia, de un voltaje de 0 a 10V, una corriente de 0 a 20 mA o una entrada digital. En las siguientes filas se muestra el estado del bloque en tiempo real.

Del lado derecho de la ilustración 4.5 se muestra el bloque "Digital Out" de salida digital, de igual manera que el bloque UI se configura el canal físico con el canal de programación, siendo capaz de mandar flancos positivos o negativos únicamente este bloque.

Algunas otras funciones básicas como sumas, comparación o compuertas lógicas se hacen de igual manera a través de los bloques del programa, en la ilustración 4.6. se muestran un bloque de comparación, otro de suma, y otro de un "AND" lógico.

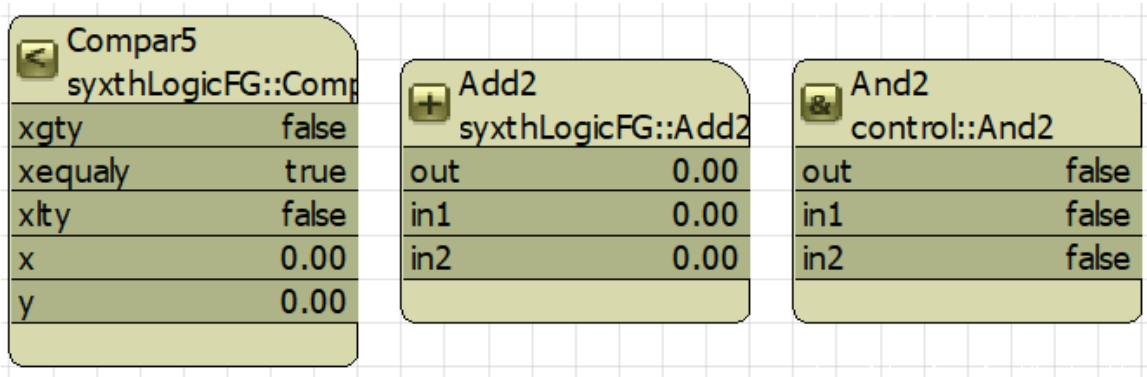


Ilustración 4.6 Bloque de comparación, de suma y un "AND" lógico respectivamente.

La programación y la unión entre bloques se hace a través de líneas que se conectan entre las variables o constantes de los bloques. A manera de ejemplo en la ilustración 4.7 se muestra un programa lógico de un "AND" cuando 2 condiciones se cumplen activará una salida digital.

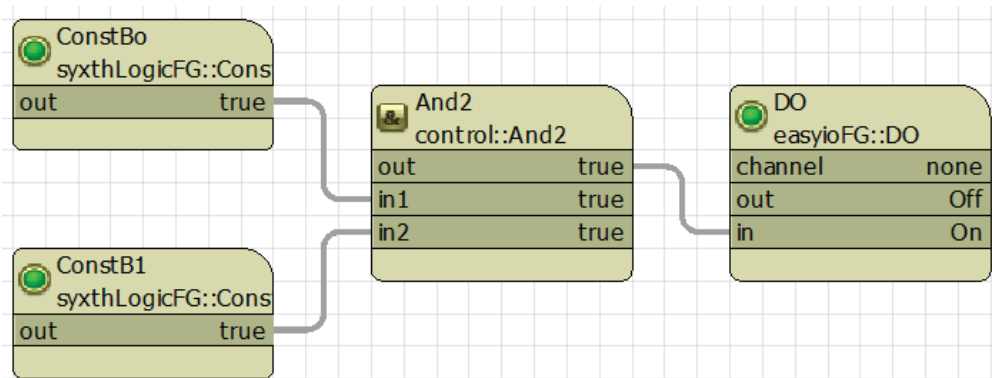


Ilustración 4.7 Programa sencillo entre 2 estados "true" un "and" y una salida digital.

Explicado a grandes rasgos el funcionamiento y la forma de programación en bloques lo primero que se realizó fue la identificación de sensores dentro del módulo de expansión siguiendo la tabla 4.1.

La primera entrada a configurar fue el monitor de fase en el puerto U1 de la tarjeta de expansión, El monitor de fase (MotorSaver) detecta si las condiciones de voltaje en las 3 líneas, si son ideales el relevador cierra. En cualquier otro caso se mantiene abierto.



Siguiendo esa lógica se configura la entrada U1 como una entrada digital como en la ilustración 5.8.

| <b>M_FASE</b><br>easyioFG::UI |         |
|-------------------------------|---------|
| channel                       | UI1     |
| inputType                     | digital |
| out                           | 0.00    |
| digitalOut                    | false   |
| pulseOut                      | 0       |
| resetPulse                    | false   |

Ilustración 4.8 Configuración del bloque de monitor de fase dentro de CPT tools.

El sensor de presión de alta y baja presión, así como el sensor de flujo son sensores ON/OFF por lo tanto para las entradas U2, U3 Y U4 las configuraciones quedaron de la siguiente manera como se muestra en la ilustración 4.9.

| <b>HIGH_P</b><br>easyioFG::UI |         | <b>LOW_P</b><br>easyioFG::UI |         | <b>FLUJO</b><br>easyioFG::UI |         |
|-------------------------------|---------|------------------------------|---------|------------------------------|---------|
| channel                       | UI3     | channel                      | UI4     | channel                      | UI2     |
| inputType                     | digital | inputType                    | digital | inputType                    | digital |
| out                           | 0.00    | out                          | 0.00    | out                          | 0.00    |
| digitalOut                    | false   | digitalOut                   | false   | digitalOut                   | false   |
| pulseOut                      | 0       | pulseOut                     | 0       | pulseOut                     | 0       |
| resetPulse                    | false   | resetPulse                   | false   | resetPulse                   | false   |

Ilustración 4.9 Configuración de bloques de presostatos de alta y baja presión, así como el sensor de flujo.

Las entradas de los sensores de temperatura se configuraron en manera de resistencia ya que los sensores al cambiar la temperatura cambian la resistencia del platino. Quedando configurado como se muestra en la ilustración 4.10.

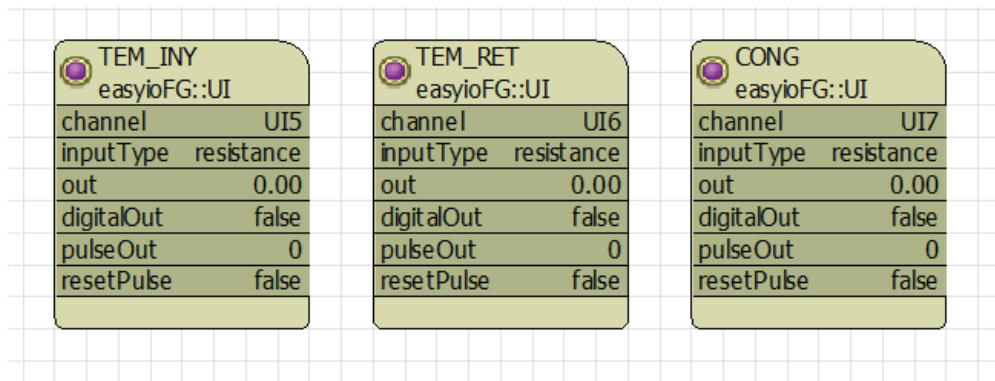


Ilustración 4.10. Configuración de bloques de temperatura de inyección, de retorno y de congelamiento.

Configuradas las entradas, se realizó lo mismo para las salidas, siguiendo la tabla 4.1. La configuración quedó de la siguiente manera.

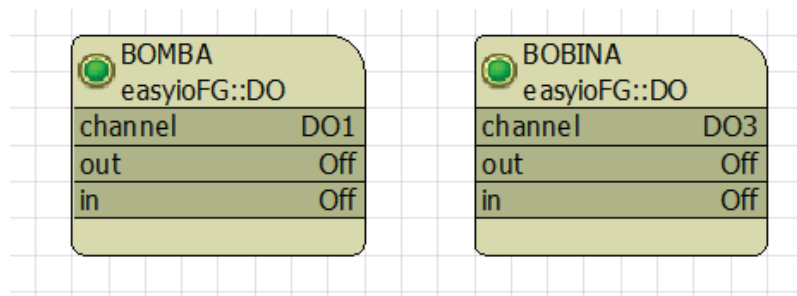


Ilustración 4.11. Configuración de señales digitales. A bomba y a la bobina del compresor respectivamente.

Hecho lo anterior siguiendo los pasos, por tanto, al encender el equipo, lo primero que debe de realizar el control es prender la bomba un tiempo predeterminado para que temperaturas normalicen, así como el flujo de agua dentro del sistema. Para este fin se ocupó un elemento dentro del programa para que diera un pulso por un tiempo determinado mostrado en la ilustración 4.12 con el nombre de “oneShot”.

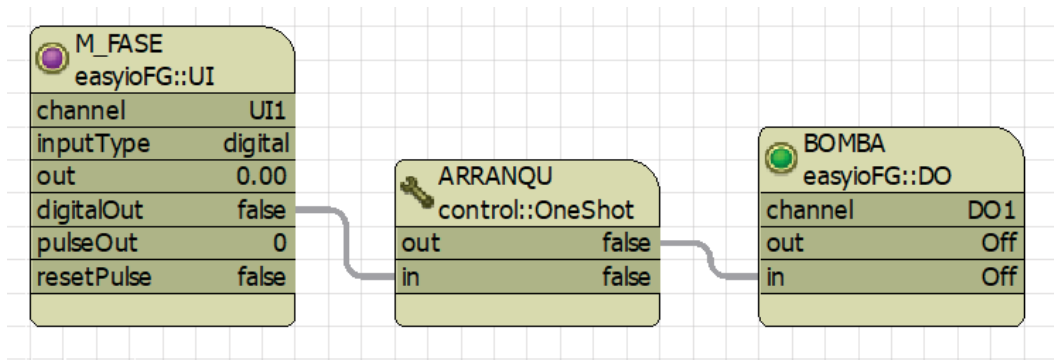


Ilustración 4.12. Programación para arranque inicial del sistema hidráulico.

Los bloques mostrados en la ilustración 4.12 se puede interpretar a manera de texto como: Siempre y cuando el relevador del monitor fase se encuentre operando bajo condiciones normales, el bloque M\_FASE dará el flanco alto, de lo contrario el bloque de arranque nunca tendrá el flanco alto a la entrada para accionar la bomba.

Lo siguiente que se realizó fue proponer un contador binario que dependiendo el estado en que se encontraran la entrada de los sensores, eso ayudaba de 2 maneras, en primera, para facilitar la programación y la segunda para identifica cuál de los sensores estaba bajo condiciones irregulares.

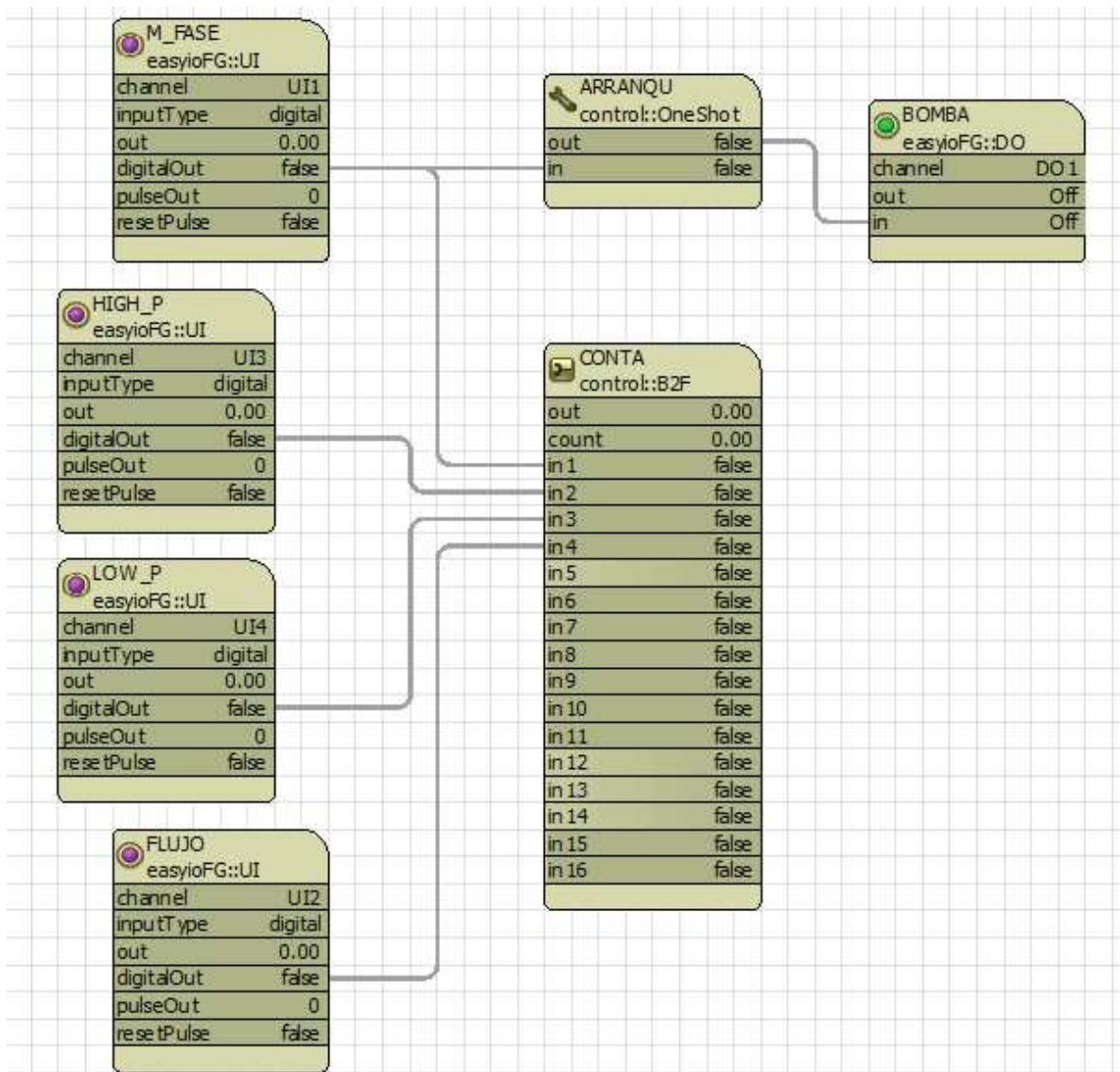


Ilustración 4.13. Contador binario conectado a cada una de los estados de los sensores.

En la ilustración 4.13 de lado izquierdo se puede ver el bloque de los sensores, estos conectados a través de la salida digital al contador binario, que dependiendo de las entradas de la 1 a la 16 acumula en la salida “out” del contador el valor correspondiente (en binario) a los bits que se encuentren activos.

Para los sensores de temperatura se realizó una comparación, al estar los sensores bajo normatividad la resistencia de estos sensores está escrita según la temperatura en la siguiente tabla de la norma DIN\_751 para sensores de platino.

| Temperatura contra resistencia para sensores de platino |        |     |        |     |        |     |        |
|---------------------------------------------------------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| °C                                                      | Ω      | °C  | Ω      | °C  | Ω      | °C  | Ω      |
| -45                                                     | 82.29  | 175 | 166.63 | 395 | 245.37 | 615 | 318.52 |
| -40                                                     | 84.27  | 180 | 168.48 | 400 | 247.09 | 620 | 320.12 |
| -35                                                     | 86.25  | 185 | 170.33 | 405 | 248.81 | 625 | 321.71 |
| -30                                                     | 88.22  | 190 | 172.17 | 410 | 250.53 | 630 | 323.30 |
| -25                                                     | 90.19  | 195 | 174.02 | 415 | 252.25 | 635 | 324.89 |
| -20                                                     | 92.16  | 200 | 175.86 | 420 | 253.96 | 640 | 326.48 |
| -15                                                     | 94.12  | 205 | 177.69 | 425 | 255.67 | 645 | 328.06 |
| -10                                                     | 96.09  | 210 | 179.53 | 430 | 257.38 | 650 | 329.64 |
| -5                                                      | 98.04  | 215 | 181.36 | 435 | 259.08 | 655 | 331.22 |
| 0                                                       | 100.00 | 220 | 183.19 | 440 | 260.78 | 660 | 332.79 |
| 5                                                       | 101.95 | 225 | 185.01 | 445 | 262.48 |     |        |
| 10                                                      | 103.90 | 230 | 186.84 | 450 | 264.18 |     |        |
| 15                                                      | 105.85 | 235 | 188.66 | 455 | 265.87 |     |        |

Tabla 4.2. Tabla temperatura contra resistencia para sensores de temperatura de platino.

Las especificaciones del fabricante especifican que la temperatura de la entrada del agua debe ser de 12.77°C y la temperatura de salida del agua en el intercambiador debe ser de 7.2 °C, Por lo tanto, para la tabla anterior se procedió a interpolar entre esos valores.

Ecuación (1) para encontrar el valor de la resistencia en 7.2 °C.

$$R_{7.2^\circ} = R_{5^\circ} + \frac{R_{10^\circ} - R_{5^\circ}}{10^\circ - 5^\circ} (7.2^\circ - 5^\circ) \quad (1)$$

Sustituyendo datos en (1)

$$R_{7.2^\circ} = 101.95 + \frac{103.90 - 101.95}{10 - 5} (7.2^\circ - 5^\circ) \quad (2)$$

De (2) resultado

$$R_{7.2^\circ} = 102.80 \Omega$$

Por lo tanto, para la temperatura de salida del agua en el intercambiador de calor, el sensor marca una resistencia de 102.80 Ω.

De la ecuación (3) de interpolación a 12.77 °C

$$R_{12.77^\circ} = R_{10^\circ} + \frac{R_{15^\circ} - R_{10^\circ}}{15^\circ - 10^\circ} (12.77^\circ - 10^\circ) \quad (3)$$

Sustituyendo datos de tabla 4.2 en (4)

$$R_{7.2^\circ} = 103.90 + \frac{105.85-103.90}{15-10} (12.77^\circ - 10^\circ) \quad (4)$$

Resultado de (4)

$$R_{7.2^\circ} = 104.98 \Omega$$

Con los 2 valores obtenidos para las resistencias a la temperatura y salida del intercambiador se procedió a realizar en el programa a través de comparación de valores en la entrada del sensor y el valor de resistencia que representa temperatura baja o alta en el intercambiador quedando de la siguiente manera.

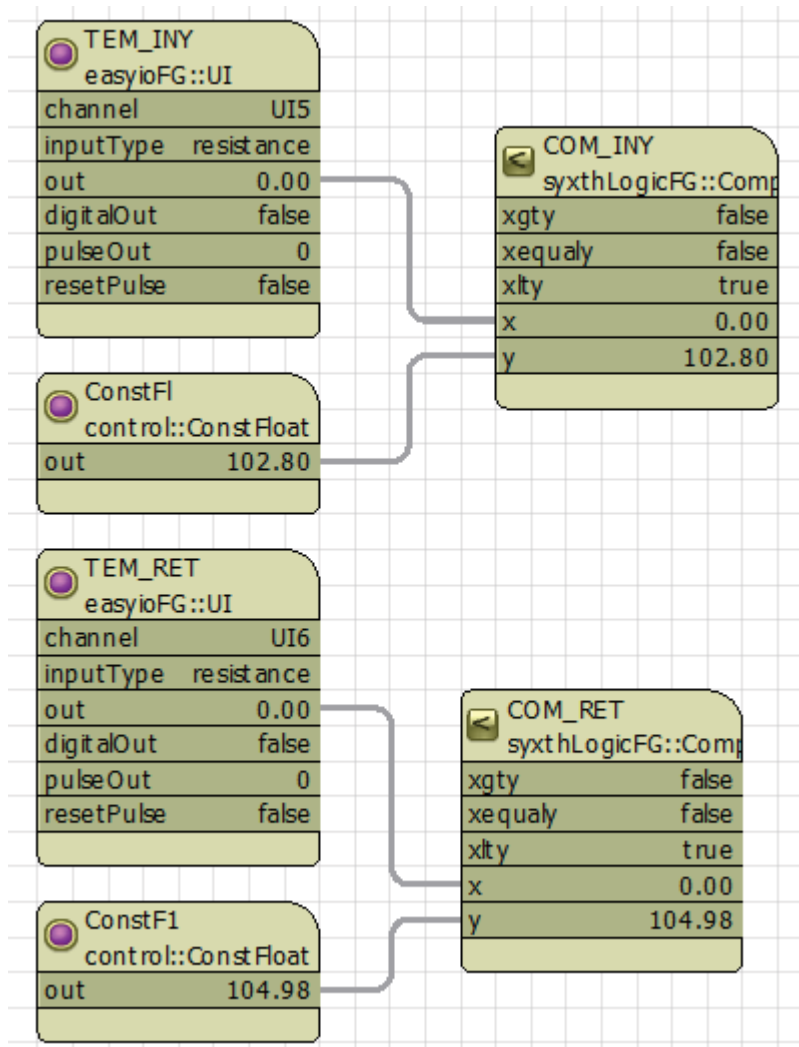


Ilustración 4.14 Programación de bloques de sensores de temperaturas con sus respectivos comparadores.

Para el sensor de congelamiento se decidió fijar la temperatura a 0° ya que en este momento es donde hay presencia de escarchamiento en la tubería. Y por tanto la tubería del refrigerante en la línea de baja comenzará a congelarse.

Quedando en su comparador en la tabla 4.2 con el valor de 100 Ω a 0°C

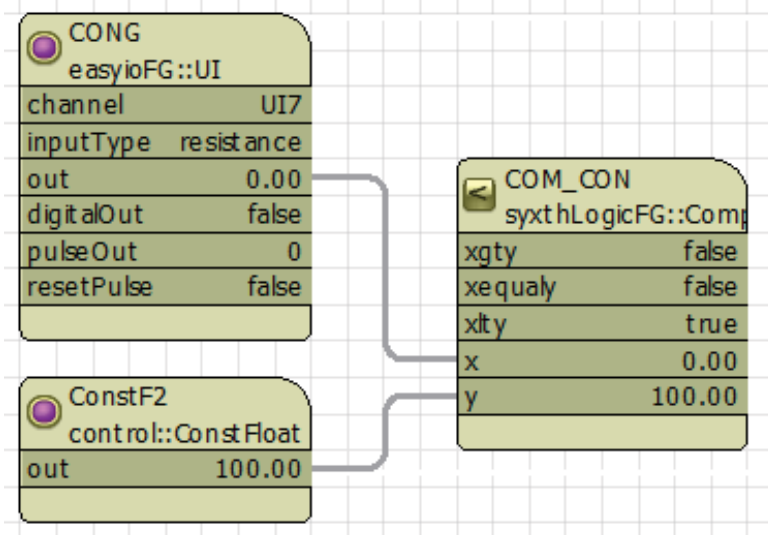


Ilustración 4.15. Programación de bloques para el sensor de congelamiento.

De la misma manera que con el sensor de flujo, monitor de fase, presión alta y presión baja se hace una conexión entre los 3 comparadores y el contador binario.

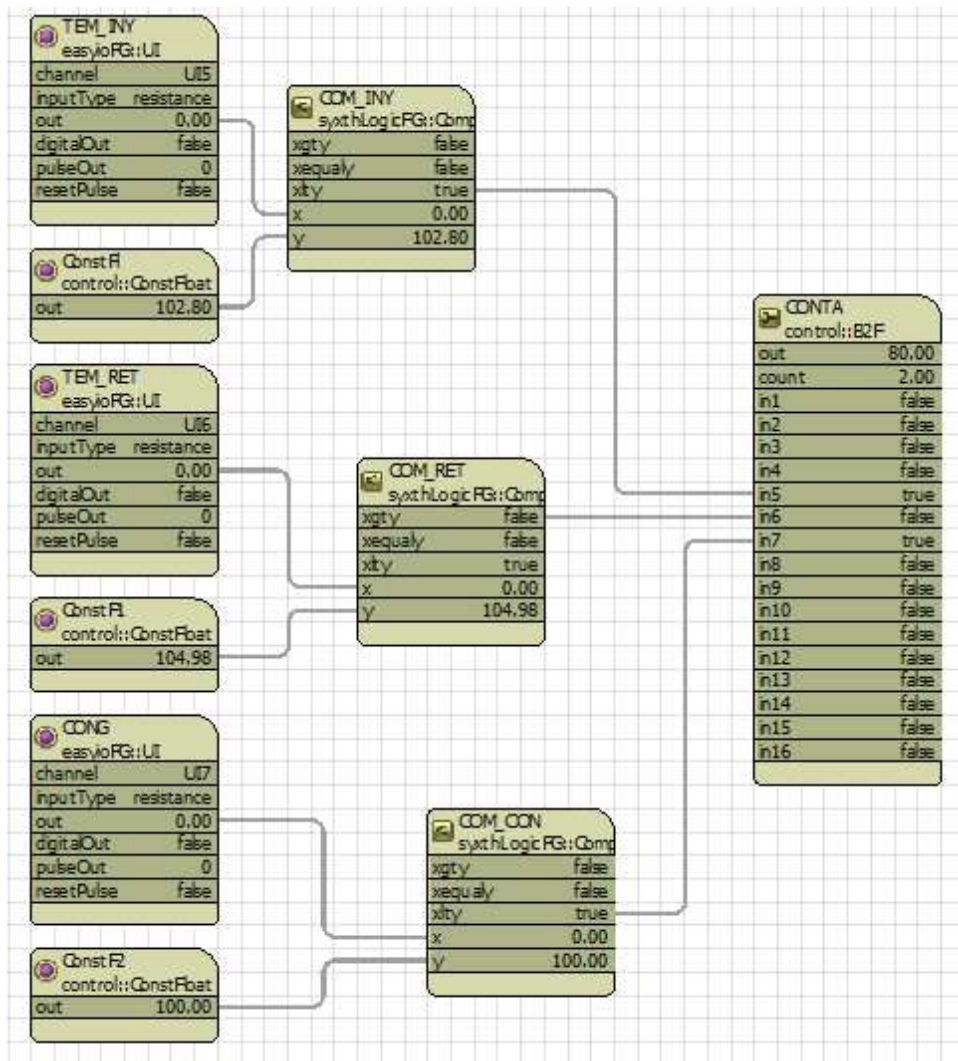


Ilustración 4.16. Sensor de inyección, retorno y congelamiento con sus respectivos comparadores de resistencia, conectados al contador binario.

En la tabla 4.3 se muestran las acciones que se tomaron en cuenta según sea el estado del contador binario.



| <b>POSIBLES SITUACIONES EN LAS QUE PUEDE CAER EL SISTEMA</b> |                                                                                                         |                                                                           |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>OUT Contador binario</b>                                  | <b>EVENTO</b>                                                                                           | <b>ACCIÓN A REALIZAR</b>                                                  |
| 15                                                           | Sistema se mantiene enfriando, sensor de temperatura de retorno sensa temperatura por debajo de 12.77 C | Compresor y ventilador se mantienen encendido                             |
| 31                                                           | Temperatura en la inyección del intercambiador ha llegado a los 7.2°C o por debajo.                     | Sistema manda a des energizar bobina de compresor y ventilador.           |
| 39                                                           | Sensor de flujo abierto                                                                                 | Mandar alerta de perturbación en flujo de agua y apagar bomba.            |
| 43                                                           | Sensor de baja presión abierto.                                                                         | Mandar alerta de baja presión en el sistema.                              |
| 45                                                           | Sensor de alta presión abierto                                                                          | Mandar alerta de alta presión.                                            |
| 46                                                           | Monitor de serie abierto por condiciones no ideales en el voltaje.                                      | Mandar alerta de problema en línea de voltaje.                            |
| 47                                                           | Temperatura de retorno está sensando temperatura superior o igual a los 12.77°C                         | El sistema manda a energizar bobina para accionar compresor y ventilador. |
| 79                                                           | Sensor de congelamiento sensa temperatura por de bajo de los 0°C                                        | Mandar alerta de congelamiento en el sistema.                             |

*Tabla 4.3. Acciones a realizar dependiendo de en qué situación se encuentres los sensores y por ende el contador binario dentro del programa.*

El manual del fabricante nos habla sobre un sistema de alarmado dependiendo la alarma que esté activada. En la ilustración 4.16 se puede ver las posibles alarmas que especifica el fabricante.

| Alarmas (D7) | ALARMA SOFTWARE | DIAGNOSTICO                      | CAUSA                                                                                                                              | SOLUCION                                                                                                                                                                                 |
|--------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Ciclo      |                 | Falla en el suministro eléctrico | Voltaje fuera de rango<br>Perdida de una fase<br>Desbalanceo de fases<br>Fases invertidas                                          | Corregir suministro eléctrico<br>Revisar conexión eléctrica<br>especificaciones del equipo.<br>Invertir conexión de fases.                                                               |
| 2 Ciclo      |                 | Falla en el flujo de agua        | El flujo de agua no es uniforme<br>Valvulas de seccionamiento cerradas<br>Falla interruptor de flujo<br>Falla en la bomba de agua. | Purgar<br>Revisar que todas las valvulas esten abiertas<br>Revisar la conexiion del interruptor de flujo<br>Revisar la conexión de la bomba de agua<br>Revisar proteccion de sobrecarga. |
| 3 Ciclos     |                 | Alta presion                     | Falta de flujo de aire<br>Recirculamiento de flujo de aire                                                                         | Revisar poleas y bandas del ventilador<br>Revisar posibles obstrucciones en el condensador al manual de instalacion.                                                                     |
| 4 Ciclos     |                 | Baja Presion                     | Falta de refrigerante                                                                                                              | Revisar todo el sistema por posibles fugas si la perdida es mayor al 25% se debera hacer una carga nueva.                                                                                |
| 5 Ciclos     |                 | Congelamiento                    | Falta de agua en el sistema<br>Falta de flujo de agua                                                                              | Revisar suministro de agua<br>Eliminar obstrucciones del circuito hidronico.                                                                                                             |

Ilustración 4.17 Identificación de fallas del fabricante.

Por ejemplo: Si el sistema tiene baja presión, la alarma manda un parpadeo a la salida digital 7. Cada parpadeo dura 5 segundos, después de 4 ciclos la alarma se apagará durante 10s.

Lo que se hizo en la programación para la creación de la alarma fue definir primero con un generador de pulsos el ciclo de la alarma.

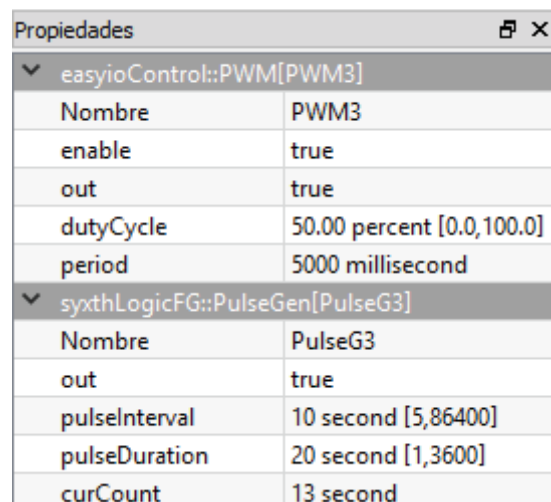
Después de eso con un generador de PWM se hicieron los ciclos de apagado y prendido de la alarma.

Para el ejemplo anterior de la alarma de baja presión la alarma quedó programada como lo muestra la ilustración 4.18.



Ilustración 4.18 Programación en bloque de alarma de 1 pulso.

Con las siguientes propiedades en los bloques.



| Propiedades                     |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| easyioControl::PWM[PWM3]        |                           |
| Nombre                          | PWM3                      |
| enable                          | true                      |
| out                             | true                      |
| dutyCycle                       | 50.00 percent [0.0,100.0] |
| period                          | 5000 millisecond          |
| syxthLogicFG::PulseGen[PulseG3] |                           |
| Nombre                          | PulseG3                   |
| out                             | true                      |
| pulseInterval                   | 10 second [5,86400]       |
| pulseDuration                   | 20 second [1,3600]        |
| curCount                        | 13 second                 |

Ilustración 4.19 Propiedades de los bloques de alarma mostrado en la ilustración 5.17.

En donde el generador de pulsos se mantiene en la salida verdadero (“1” lógico) por 20 segundos mientras el bloque de PWM mantiene su entrada “enable” verdadera (“1” lógico). En el ciclo de trabajo se mantiene 50% en “ON” y 50% “OFF” el periodo es de 5s.

Para las alarmas restantes se realizó la acción anterior con sus respectivas configuraciones en el generador de pulsos.

En el anexo 1 se muestra la programación completa.

A continuación, se muestra una simulación que se hizo para conocer si la programación se hizo correctamente, ya que para programar este tipo de plc, necesario estar conectado al dispositivo PLC.

Para la programación y ejecución de esta simulación se hizo sobre un programa llamado Apps Tools que genera una máquina virtual del PLC utilizado en este proyecto.

Las entradas de los sensores ON/OFF fueron simulados con bloques de valores booleanos, estos bloques permiten en tiempo real cambiar el estado de la salida falso/verdadero.

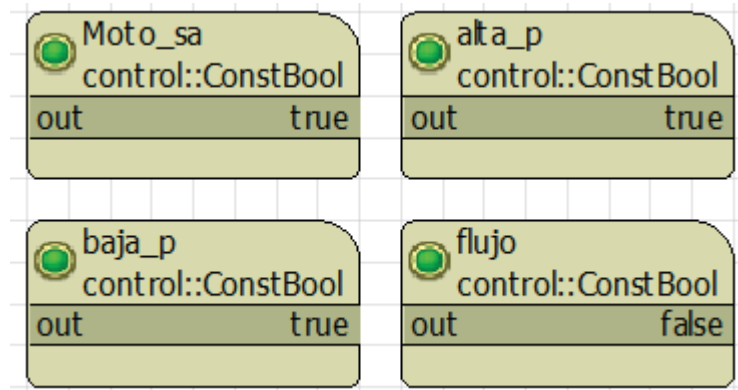


Ilustración 4.20 Bloques de constantes boléanos. "Verdadero" o "Falso".

Para los sensores de temperatura se usaron bloques de valores constantes flotantes, esto permite cambiar el valor flotante en cualquier momento de la ejecución de la simulación.

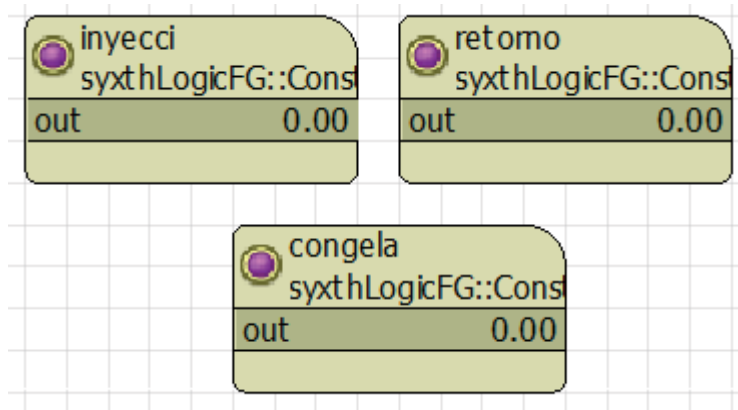


Ilustración 4.21 Bloques de constantes flotantes.

Para un mejor entendimiento de la simulación, ver anexo 2. Donde se encuentran los bloques completos de la simulación.

Al inicializar la tarjeta siempre y cuando el monitor de fase se encuentre activo la bomba prende durante 30 seg para normalizar el flujo en la línea, las líneas en rojo son las correspondientes al control de la bomba. El bloque inicio solamente da un disparo por 30 segundos, en el bloque OR se encuentran las 2 opciones, la bomba se encuentra prendida al inicio 30 segundos forzosamente y el resto del programa siempre y cuando el sensor de flujo se mantenga cerrado.

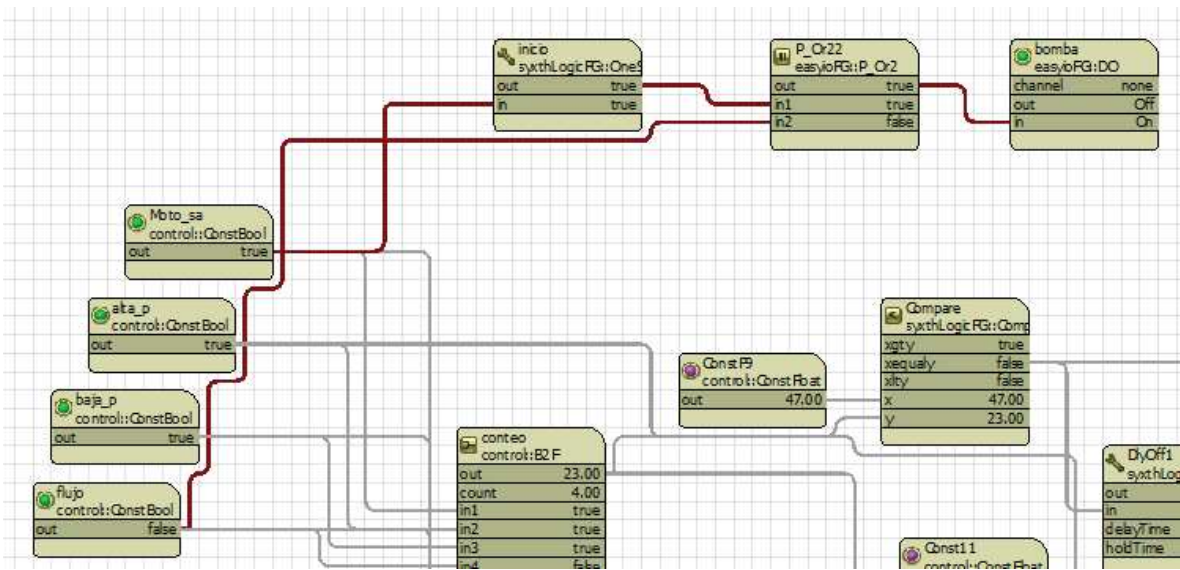


Ilustración 4.22 Inicio de simulación con encendido de la bomba por 30 seg.

Pasados los 30s para regular el caudal del agua, el sensor de flujo se cierra y la bomba se mantiene prendida como en la ilustración 4.23 lo demuestra.

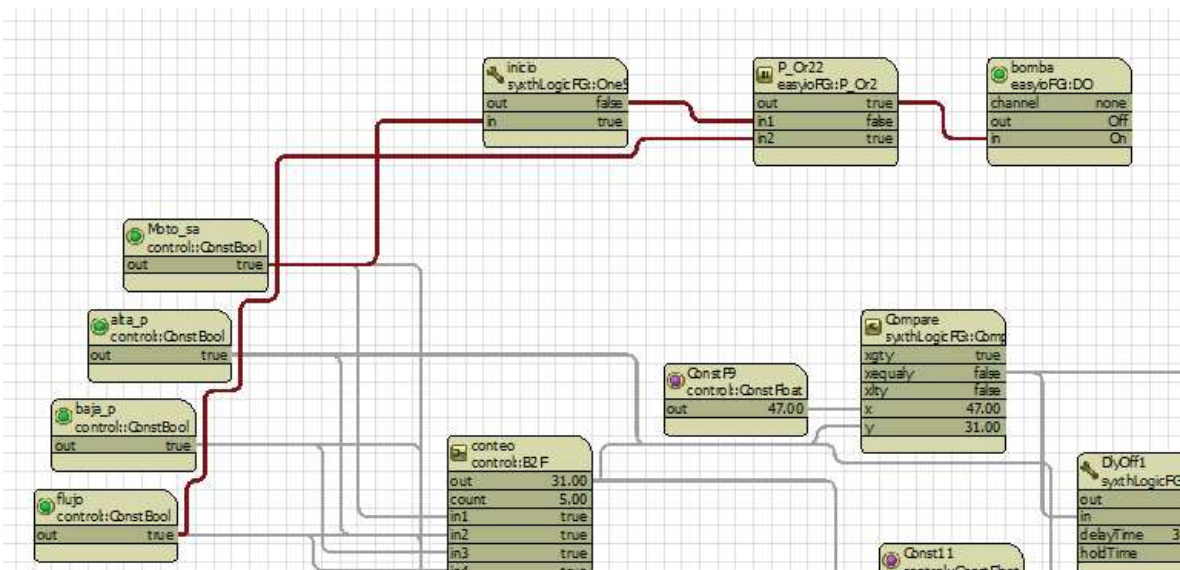


Ilustración 4.23 Simulación 30 seg después del inicio. Bloque "inicio" se encuentra en "false", bloque "OR" se mantiene "true" por bloque "flujp" en "true" y bloque "bomba" se mantiene en "on"

Con el programa andando si el sensor de flujo se abre la bomba se apaga automáticamente, en la ilustración 4.24 se muestra del bloque flujp un "FALSE" y en el bloque bomba en su entrada un "OFF"

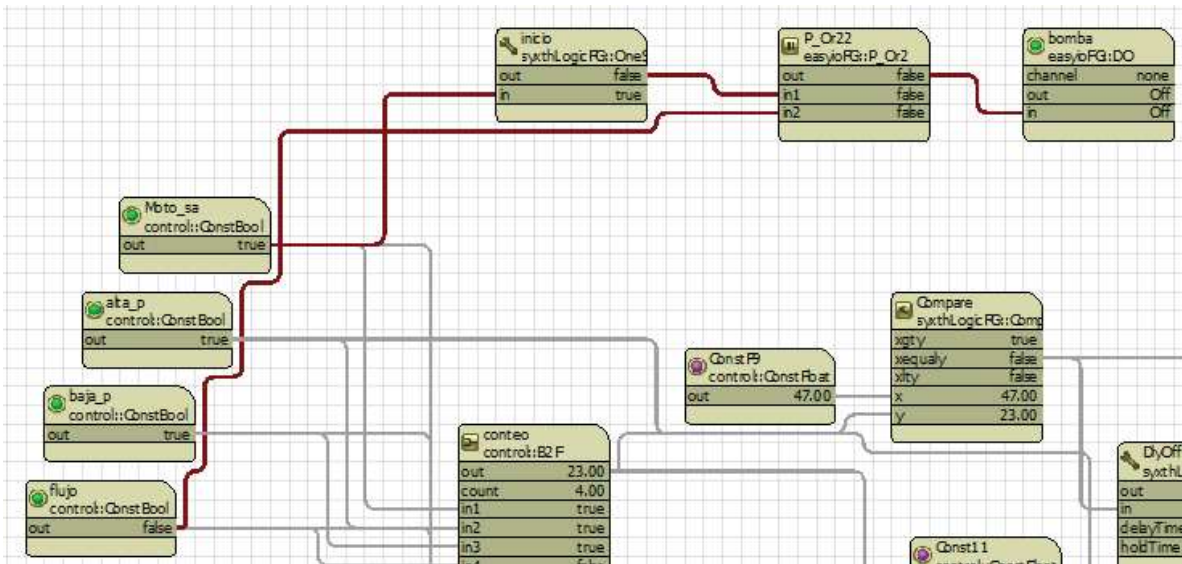


Ilustración 4.24 Prueba de cambio de estado "off" en bloque "bomba" por cambio de estado a "false" en bloque "flujo".

Ahora bien, para que haya un arranque del compresor y el ventilador para comenzar el ciclo de enfriamiento del agua en el chiller, en la salida del bloque "conteo" debe haber un valor acumulado de 47 (esto de la tabla 4.3). Cambiando los estados de los bloques "Moto\_sa" en "true", bloque "alta\_p" en "true", bloque "baja\_p" en "true", bloque "flujo" en "true", bloque "retorno" valor = 105, bloque "inyecci" valor = 105 y por último bloque "congelada" valor = 105.

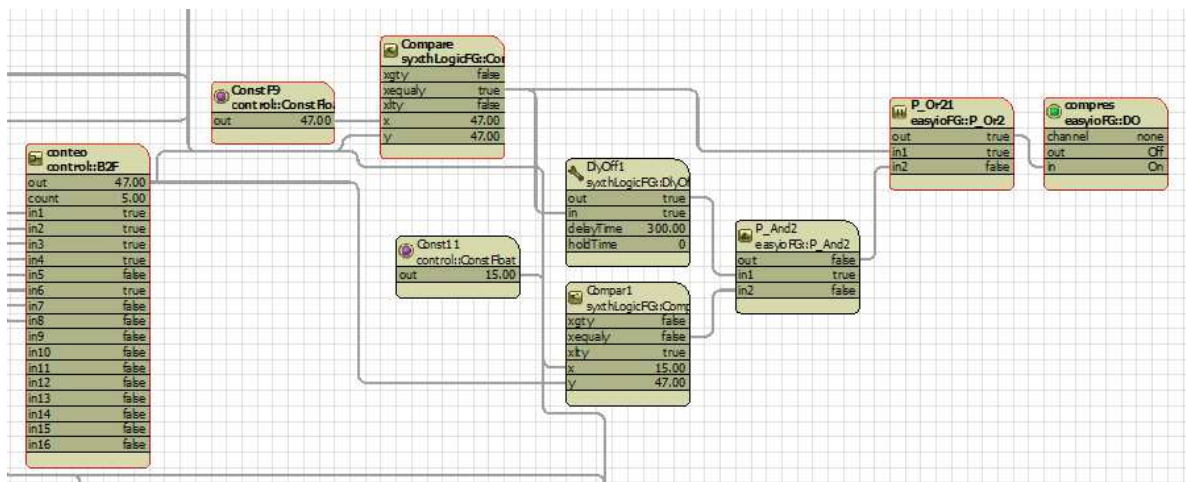


Ilustración 4.25 Simulación de una situación donde el sensor de flujo está cerrado, el voltaje es correcto, las presiones en el equipo son correctas y el sensor de retorno registra una temperatura superior a los 12°C para arrancar. Observando en el extremo derecho de la ilustración el bloque "compres" en estado "On".

De la ilustración 4.25 el bloque "conteo" se observa un valor de 47 en su salida mientras que en el bloque "compres" se encuentra su entrada con un valor "ON". Los bloques "ConstF9" y "Compare" son los encargados de dar arranque a el compresor.

Cuando el sistema comienza a enfriar el sensor de temperatura de retorno cambia de valor por la disminución de la temperatura terminado con la condición de arranque, (que es cuando la resistencia en el sensor sea mayor a 104.98).

Al dejarse de cumplir la condición con el bloque “conteo” diferente de 47 el bloque “conteo” pasa de su conteo binario de 47 a 15 (como se muestra en la ilustración 4.26) en su salida y el bloque “DlyOff1” es el encargado de mantener el flanco positivo hasta que llegue a la temperatura de corte o se cumplan 5 min de trabajo en el equipo.

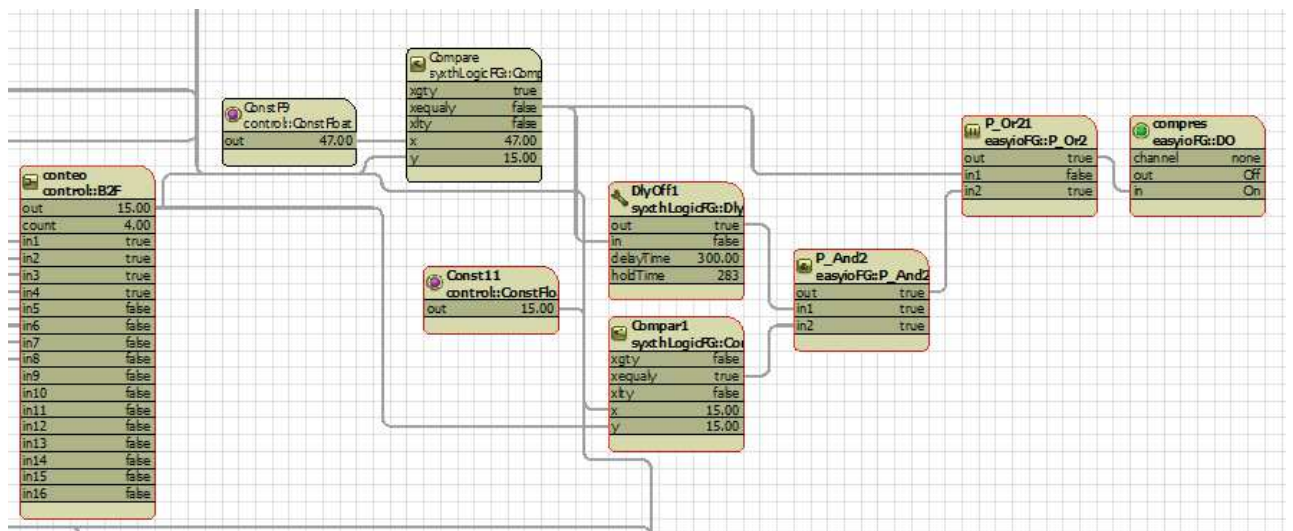


Ilustración 4.26. Simulación de equipo trabajando. Bloque "DlyOFF1" encargado que el equipo se quede enclavado en un ciclo muy largo, a su vez encargado de mantener el enclavamiento en el compresor durante ese ciclo ya que en el bloque "retorno" y su comparador se deja de cumplir la condición donde la temperatura de retorno es mayor a la fijada de 12.77 en valor a resistencia.

En tiempo real lo que sucede en la ilustración 4.26 es que en el bloque “Dlyoff1” se empieza su conteo descendente mientras el bloque “Compar1” mantiene su salida “true” porque x es igual a y. Donde y es el valor acumulado del bloque “conteo” y x es una constante, en este caso 15.

Cuando el sensor de temperatura de inyección llega a una resistencia menor a 102.80 el contador tendrá un valor acumulado de 31(de tabla 4.3) haciendo que ninguna condición se cumpla apagando el sistema de enfriamiento como se muestra en la ilustración 4.27.

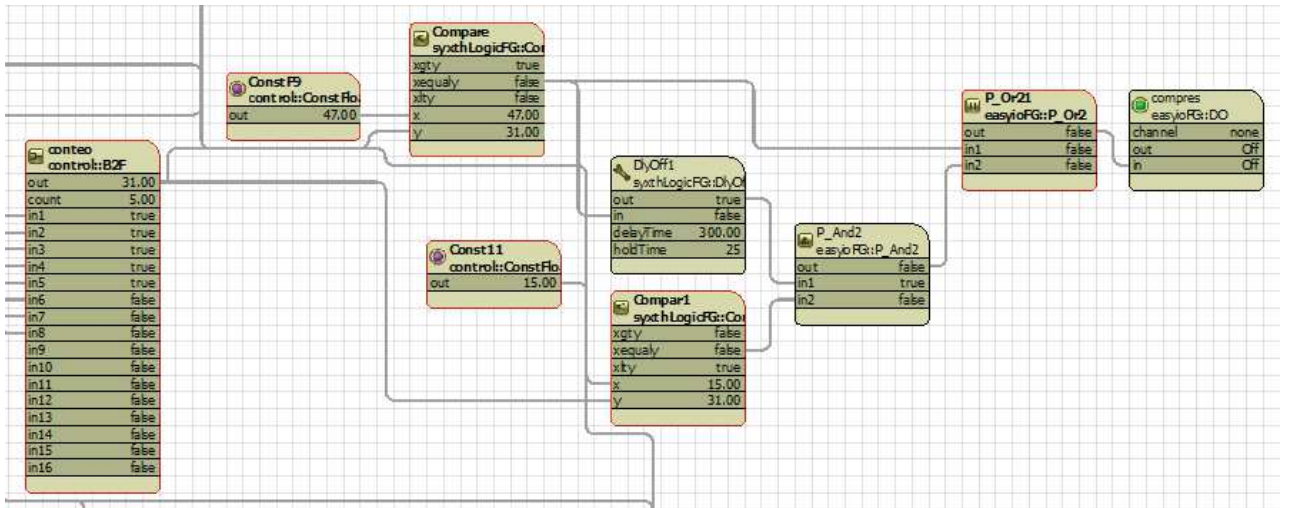


Ilustración 4.27 Simulación de sistema apagado por corte de ciclo de enfriamiento por el bloque “inyecci” (que simula el sensor de inyección que ha llegado a una temperatura en el agua menor a 7.2 °C).

En caso de el sistema no cortar por el sensor de inyección, lo hará el bloque “DyOff1” cuando termine su conteo de 5 minutos en caso de que ninguna de las 2 situaciones anteriores pase el sensor de congelamiento lo hará. Como se muestra en la ilustración 4.28 el bloque “conteo” a su salida tiene un valor acumulado de 79, esto porque en el bloque “congela” (simulador de sensor de congelamiento) existe un valor inferior a 100 y el bloque “compar4” cumple la condición para un valor menor a 100 en el bloque escrito como “xlt y” (x less than y).

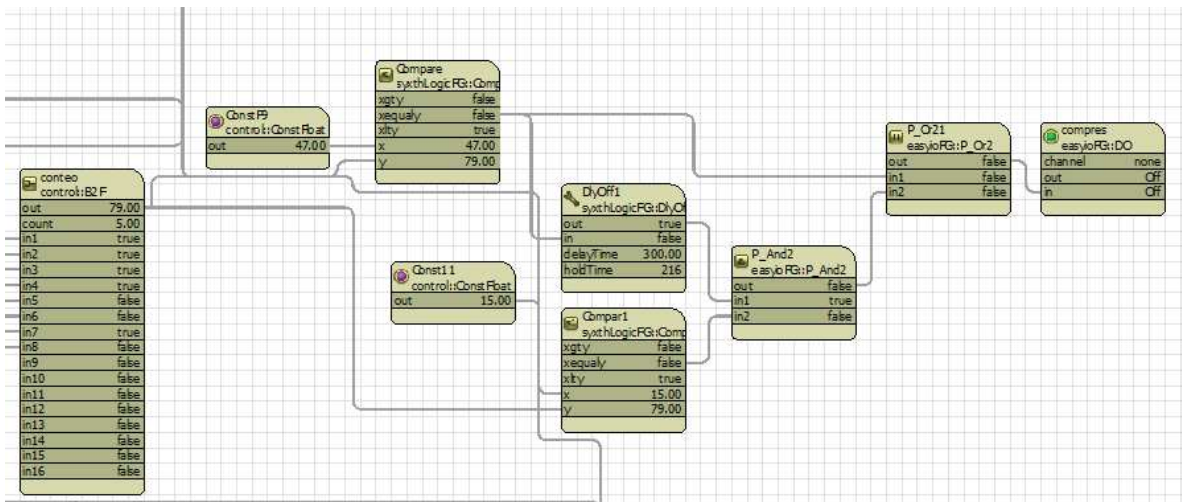


Ilustración 4.28 Simulación de congelamiento en el sistema.

A la entrada del bloque “compres” un “Off” por no cumplirse ninguna condición de 47 o 15, pues al estar cumpliéndose la condición en el comparador del bloque “congela” respectivamente el valor acumulado para el contador es de 79.



Terminando con la simulación del accionamiento y paro del compresor y la comprobación del correcto funcionamiento de dicha programación, se procedió a simular el sistema de alarmas, tomando en cuenta que cuando el sensor de flujo se encuentra cerrado la bomba se mantiene prendida y la alarma apagada.

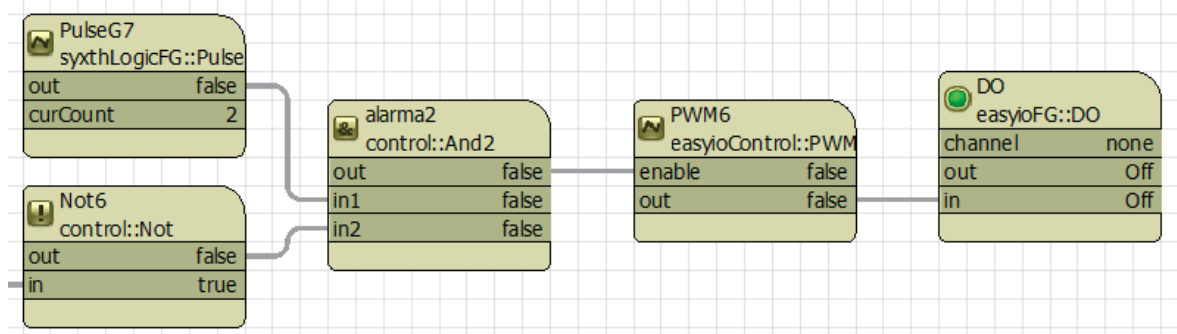


Ilustración 4.29. Bloques genéricos para construir sistema de alarmas mostrado en ilustración 4.17

En la salida del bloque “PWM6” se encuentra “false” ya que el sensor de flujo (bloque “flujo”) se encuentra en “true”, haciendo que el bloque “Not6” tenga en su salida “false” y esto a su vez haciendo que en el bloque “alarma2” que es un “and” lógico no se cumplan las 2 condiciones para accionar el bloque “PWM6” y este a su vez mandar la alarma al bloque de salida digital “DO”.

Al cambiar el estado del bloque del bloque “flujo” pasa lo siguiente mostrado en la ilustración 4.30.

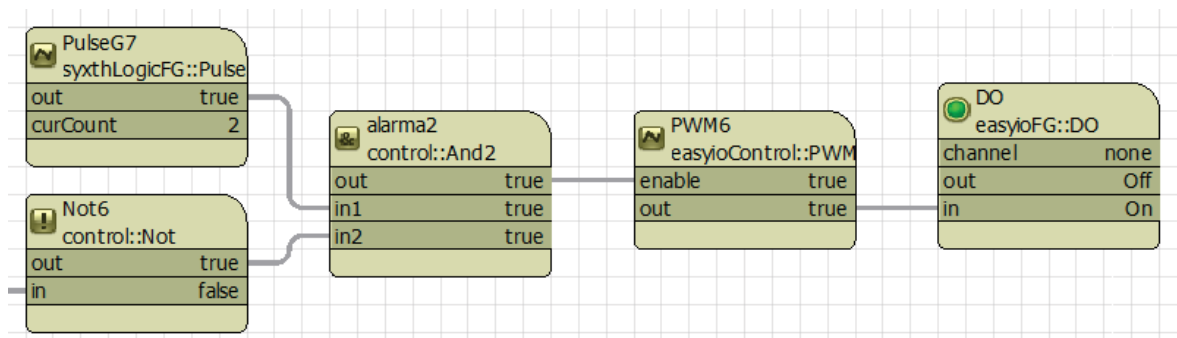


Ilustración 4.30. Simulación de alarma activa por falta de flujo de agua. Bloque "flujo" en estado "false".

Lo que sucede en tiempo real con los bloques de la ilustración 4.30 es que se activa la alarma por ciclos de 2 pulsos, después la alarma se apaga 10s y vuelve hacer sus 2 ciclos.

Para las siguientes alarmas respetando los ciclos que el fabricante especifica en la ilustración 4.17 los bloques quedan armados de la misma manera como se muestra en la ilustración 4.30 cambiando únicamente el tiempo de cada bloque generador de pulsos.

## ***5. Conclusiones***

En este capítulo se describirán las conclusiones a las que se llegaron después de realizar este proyecto, así como al realizar este trabajo escrito, sobre los objetivos logrados y posteriormente sobre el trabajo a futuro dentro de la empresa entorno a este proyecto.

### **5.1 Objetivos logrados**

- Se logró entender a fondo el funcionamiento del equipo mini chiller para poder seccionarlo y sobre ello poder realizar el control más preciso.
- Se estudió el PLC utilizado, entendiendo cómo funciona y de esta manera poder programarlo de una forma adecuada, así sobre cómo conectarlo físicamente y qué necesidades requiere el sistema para adecuarlo a un PLC.
- Se diseñó un programa que cumpliera las especificaciones del fabricante, y de la misma forma realizara exactamente las mismas tareas que hacia el equipo antes de ser sustituido el PLC por un control A419, y en el caso de un sistema que se migrara, que este hiciera las funciones “ideales” para ese tipo de sistema.
- Utilizando un simulador virtual se logró probar el funcionamiento de la programación para saber si estaba programado de una manera correcta, poder replicar lo que pasa en la vida real y saber en como actuaba el sistema sobre esto.
- Se intentó ser lo más explicativo posible en el trabajo escrito, con imágenes, explicaciones sobre las mismas, así como evitar dar por hecho los más mínimos aspectos para que otra persona pueda replicar el programa o de no ser así que programe su propio código.
- Se evaluó la posibilidad de dejar los sistemas solamente con un control A419 para su funcionamiento, llegando a la conclusión que seguirá siendo mejor un control por PLC donde no se pongan en corto circuito sensores o actuadores, esto para prolongar su vida o evitar un daño mayor a la unidad.

## **5.2 Trabajo a futuro**

Se comprobó que se puede sustituir un sistema PLC por un control A419, pero al hacer esto se ponen en cuestionamiento el correcto funcionamiento del equipo, y más aún cuando el equipo estaba ya diseñado con este sistema. Cuando sucede esto, los elementos como la bomba de agua se tiene que poner directa, pero si el sistema se queda sin agua, la bomba trabajará en vacío quemándola y sin agua el sistema empezaría a entrar en unos procesos de fallos en cadena por lo que se recomienda proponer estos puntos en la empresa para evitar el cambio de PLC Al equipo A419.

Se podría diseñar un sistema de control por A419 que fuera lo más preciso posible a un PLC, así como un sistema de alarmas más sencillo, que no requiera un a PC para poder programar el PLC.

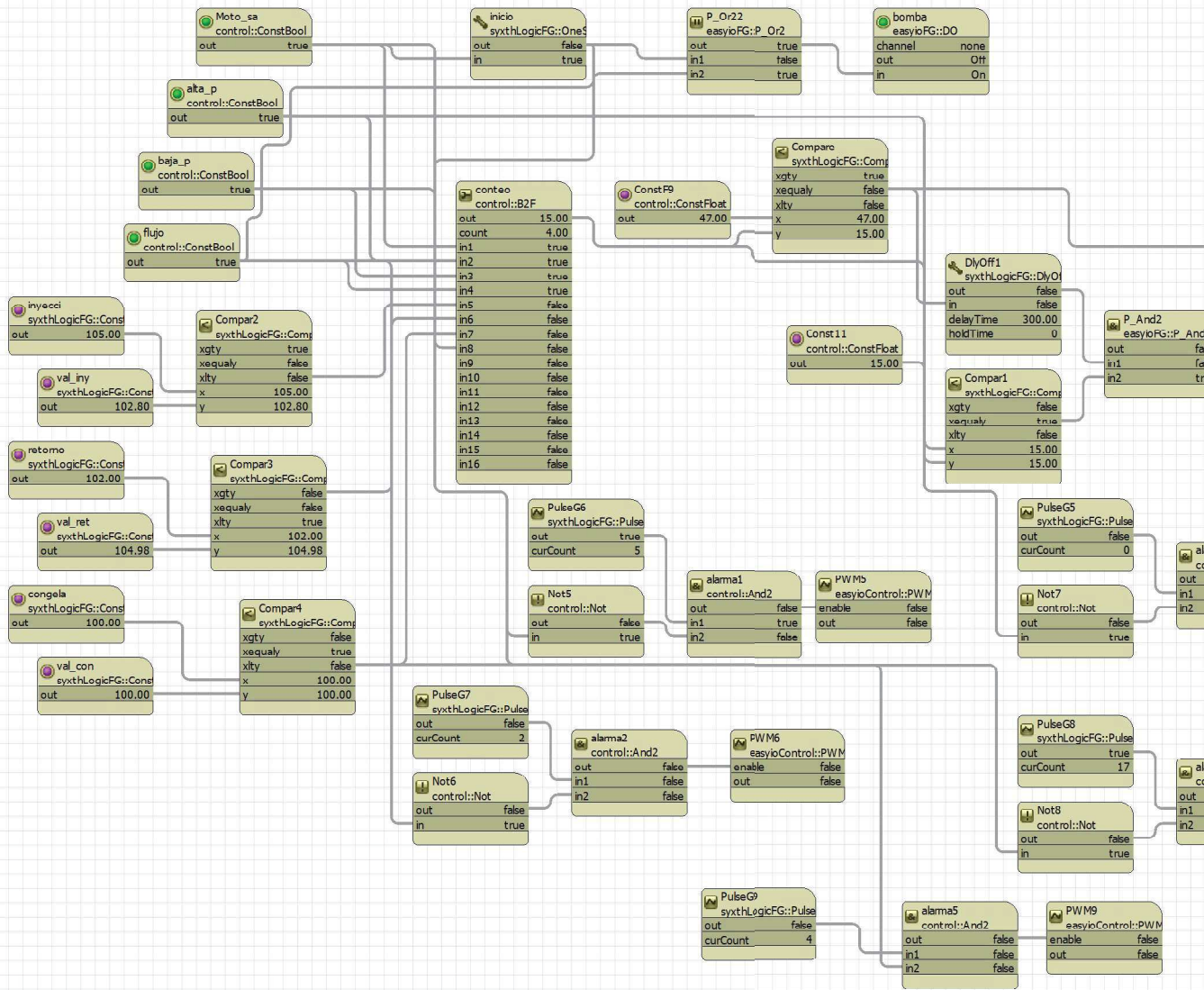
El programa CPT Tools existen muchas funciones, y de la misma manera existen más librerías que se puedes descargar de la red, estas librerías hacen que el programa sea más corto, simplificando funciones. Por lo que se propone a futuro estudiar estas librerías para simplificar el programa haciéndolo más eficiente.

Por otro lado, estos PLC tienen una función para conectarse a la red y de esta manera poder monitorear el sistema en todo momento, por lo que es conveniente de la misma forma aprender a conectarlo a la red y diseñar la interfaz para otro tipo de proyectos.

Este programa se hizo solamente para un tipo de chiller el cual activamente se encuentra activo en muchos lados, la empresa *climaflex* encargada del ensamble de estos equipos los discontinuó por lo cual se propone averiguar el tipo de sistemas que tienen y aprender a cómo programarlos y si existe una mejora para ellos.

## ***ANEXOS***





## REFERENCIAS

- [1] SyxthSense, “Sedona Range Controllers Application Note-CPT Tool” ,Reino Unido, 2004.
- [2] Tridium inc, “JACE-3E”, Junio 2013
- [3] Tridium inc, “JACE-300E”, 2015
- [4] LG Electronics, “Getting Started with Niagara Framework Software Manual”, Georgia
- [5] Tridium inc, “Niagara AX kitControl Guide”, Virginia 2008
- [6] SyxthSense, “SDC-20G/32G Graphics Series Distributed Controller Reference”, Reino Unido 2013.
- [7] ClimaFlex , “Hoja de especificación cliv series” , S.L.P Agosto 2012
- [8] Contemporary Control Systems inc, “SDC-20G/32G Graphics Series Distributed Controller Reference”, Febrero 2016
- [9] EasyIO, “EasyIO Sedona kits user guide”, Septiembre 2012.
- [10] Contemporary Control Systems inc, “Using Tridium’s Sedona 1.2 Components with Workbench” , Febrero 2017
- [11] Netsov,Z. (2017). Sedona Framework-Best opportunity for open control [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de: [www.docplayer.net/65922976-Sedona-Framework-Best-opportunity-for-open-control.html](http://www.docplayer.net/65922976-Sedona-Framework-Best-opportunity-for-open-control.html)