

**AUTOMATIZACIÓN DEL MODULO DE AIRE ACONDICIONADO DEL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**DAVID ANTONIO ESPELETA RIOS**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

**AUTOMATIZACIÓN DEL MODULO DE AIRE ACONDICIONADO DEL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**DAVID ANTONIO ESPELETA RIOS**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director: Edwin J. Córdoba Tuta  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA**

**2010**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Bucaramanga, Abril del 2010**

## **DEDICATORIA**

**A Dios**

**A mi padre Alvaro E. Espeleta Maya**

**A mi madre Nelly I. Rios Gamarra**

**A mis hermanos Alvaro y Ana milena**

**A mis familiares**

**Y a Yesenia.**

## **AGRADECIMIENTOS**

- A Dios, por iluminarme en los momentos difíciles.
- A mis padres, que me brindaron la oportunidad de estudiar y nunca dejaron de confiar en mí.
- A mis amigos, Carlos, Oscar, Pablo, Camilo, Ludwing, Melvin, Diego, Julio, Yamile y demás, quienes sin duda alguna fueron la mejor compañía durante este ciclo, apoyándome en el proyecto y en mi vida.
- Al ingeniero Edwin Cordoba Tuta quien con apoyo constante, experiencia y enseñanzas, me guío en la consecución de este proyecto.
- A los profesores de la facultad de ingeniería mecánica por la paciencia, conocimientos y demás virtudes inculcadas durante mi vida universitaria.
- A todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este proyecto.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
<b>1.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>2</b>
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>2</b>
<b>2. MARCO TEORICO</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Automatización</b>	<b>3</b>
2.1.1 Sistemas de control	3
2.1.1.1 Sistema de lazo abierto	4
2.1.1.2 Sistema de lazo cerrado	4
2.1.1.3 Comparación de sistema de los sistemas de control	5
<b>2.2 Sistema de aire acondicionado</b>	<b>6</b>
2.2.1 Ciclo refrigeración por compresión de vapor	6
2.2.2 Refrigerantes	9
<b>2.3 Equipos</b>	<b>9</b>
2.3.1 Equipos de monitoreo	12
2.3.2 Equipos de control	13
<b>2.4 STEP 7</b>	<b>13</b>
2.4.1 Estructura de programación	14
2.4.1.1 Secuencias y anidamiento	15
2.4.2 Principales Lenguajes de Programación	15
2.4.3 Lenguaje de programación alternativo	17
2.4.3.1 Lenguaje de alto nivel	18
2.4.3.2 Lenguaje gráfico	19
2.4.4 Tipos de datos	19
2.4.4.1 Direcciones de los datos	20
<b>3. PROGRAMACION EN STEP 7</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Administrador SIMATIC</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Objetos y jerarquías</b>	<b>23</b>
3.2.1 Objeto "Proyecto"	23
3.2.2 Objeto "Equipo"	24
3.2.3 Objeto "Modulo Programable"	24

3.2.4	Objeto “Programa S7/M7”	24
3.2.5	Objeto “Carpeta de fuentes”	24
3.2.6	Objeto “Carpeta de bloques”	24
<b>3.3</b>	<b>Metodología de programación</b>	<b>25</b>
3.3.1	Subdivisión del proceso	26
3.3.2	Descripción de las aéreas funcionales	28
3.3.3	Descripción de los requerimientos de seguridad	34
3.3.4	Descripción de los elementos de manejo y visualización	35
3.3.4.1	Modo Automático	35
3.3.4.2	Modo Manual	36
3.3.4.3	Modo Control	36
3.3.5	Creación de los esquemas de configuración para el sistema de automatización	37
<b>3.4</b>	<b>Esquema de programación</b>	<b>38</b>
3.4.1	Creación del proyecto	39
3.4.2	Configuración del hardware	39
3.4.3	Definición de los símbolos	43
3.4.4	Creación del programa	43
3.4.4.1	Modo Automático	43
3.4.4.2	Modo Manual	45
3.4.4.3	Modo Control	47
3.4.4.4	Cálculos	50
3.4.4.5	Cálculos de las válvulas proporcionales	51
3.4.4.6	Cálculos de los variadores de frecuencia	52
3.4.4.7	Cálculos de los transmisores de temperatura	53
3.4.4.8	Cálculos de las RTDs	54
3.4.5	Comprobación del programa	55
<b>4.</b>	<b>INTERFAZ HOMBRE MAQUINA – HMI</b>	<b>58</b>
<b>4.1</b>	<b>Comunicaciones</b>	<b>58</b>
4.1.1	Protocolo DDE	58
4.1.2	Servidor DDE	59
<b>4.2</b>	<b>Desarrollo de la interfaz</b>	<b>62</b>
4.2.1	Sección 1: Diagrama del proceso	64
4.2.2	Sección 2: Modo Automático	65
4.2.3	Sección 3: Modo Manual	67
4.2.4	Sección 4: Modo Control	70
4.2.5	Sección 5: Temperaturas	72

4.2.6 Sección 6: Graficas	73
4.2.7 Sección 6: Datos	77
4.2.8 Ventanas	78
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>147</b>



## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Componentes básicos de un sistema de control.</i>	4
<i>Figura 2 Sistema de lazo abierto.</i>	4
<i>Figura 3 Sistema de lazo cerrado</i>	5
<i>Figura 4 Diagrama T-s del ciclo ideal de compresión de vapor</i>	7
<i>Figura 5 Componentes del ciclo ideal de compresión de vapor</i>	8
<i>Figura 6 Chiller del modulo de aire acondicionado</i>	10
<i>Figura 7 Bombas de ½ HP de potencia del modulo de aire acondicionado.</i>	10
<i>Figura 8 Bombas de 2 HP de potencia del modulo de aire acondicionado</i>	11
<i>Figura 9 Unidad manejadora de aire del modulo de aire acondicionado.</i>	11
<i>Figura 10 Fancoil del laboratorio de transferencia de calor del modulo de aire acondicionado.</i>	11
<i>Figura 11 Fancoil del laboratorio de diseño del modulo de aire acondicionado.</i>	11
<i>Figura 12 RTD Pt100</i>	12
<i>Figura 13 Válvula proporcional</i>	12
<i>Figura 14 Variador de frecuencia MICROMASTER 420 de SIEMENS</i>	12
<i>Figura 15 CPU 315-2 DP de SIEMENS</i>	13
<i>Figura 16 Secuencia y anidamiento.</i>	15
<i>Figura 17 Lenguaje KOP (LADDER)</i>	16
<i>Figura 18 Lenguaje AWL (Lista de instrucciones)</i>	16
<i>Figura 19 Lenguaje FUP (Diagrama de bloques).</i>	17
<i>Figura 20 Lenguajes alternativos.</i>	18
<i>Figura 21 Pantalla de inicio del Administrador SIMATIC.</i>	22
<i>Figura 22 Interfaz del Administrador SIMATIC.</i>	23
<i>Figura 23 Objetos de un proyecto.</i>	23
<i>Figura 24 Ventana de un proyecto en STEP 7.</i>	25
<i>Figura 25 Esquema metodológico.</i>	25
<i>Figura 26 Elementos del modulo del aire acondicionado.</i>	26
<i>Figura 27 Subdivisiones del modulo del aire acondicionado.</i>	27
<i>Figura 28 Esquema del modo de control.</i>	37
<i>Figura 29 Estructura del sistema.</i>	37
<i>Figura 30 Diagrama de la programación</i>	38
<i>Figura 31 Asistente de creación de proyectos.</i>	39
<i>Figura 32 Esquema del hardware del sistema.</i>	40
<i>Figura 33 Redes del sistema.</i>	42
<i>Figura 34 Regresión lineal para las válvulas proporcionales</i>	51
<i>Figura 35 Regresión lineal para los variadores de frecuencia.</i>	53

<i>Figura 36 Regresión lineal para los transmisores de temperatura</i>	54
<i>Figura 37 Grafica de la RTD Pt100.</i>	55
<i>Figura 38 Comprobación de coherencia</i>	56
<i>Figura 39 Resultados de la comprobación de coherencia.</i>	57
<i>Figura 40 Diagrama de Conversación DDE</i>	58
<i>Figura 41 INAT DDE Server – Ethernet</i>	60
<i>Figura 42 Configuración del servidor DDE.</i>	62
<i>Figura 43 Esquema de comunicaciones</i>	63
<i>Figura 44 Herramientas de desarrollador.</i>	63
<i>Figura 45 Secciones de la interfaz.</i>	64
<i>Figura 46 Sección del diagrama del proceso.</i>	65
<i>Figura 47 Sección de modo automático</i>	67
<i>Figura 48 Sección de modo manual.</i>	69
<i>Figura 49 Sección de modo control.</i>	71
<i>Figura 50 Parámetros del PID en la HMI</i>	72
<i>Figura 51 Sección de temperaturas</i>	72
<i>Figura 52 Sección de graficas.</i>	74
<i>Figura 53 Grafica del PID.</i>	75
<i>Figura 54 Grafica del Transmisor de temperatura 1.</i>	75
<i>Figura 55 Grafica del Transmisor de temperatura 2</i>	75
<i>Figura 56 Grafica del Transmisor de temperatura 3.</i>	75
<i>Figura 57 Grafica del Transmisor de temperatura 4.</i>	76
<i>Figura 58 Grafica Sensor de temperatura 1.</i>	76
<i>Figura 59 Grafica Sensor de temperatura 2</i>	76
<i>Figura 60 Grafica Sensor de temperatura 3</i>	76
<i>Figura 61 Grafica Sensor de temperatura 4</i>	77
<i>Figura 62 Grafica Sensor de temperatura 5</i>	77
<i>Figura 63 Sección de datos</i>	78
<i>Figura 64 Cuadro de bienvenida</i>	79
<i>Figura 65 Revisión de elementos.</i>	79
<i>Figura 66 Caja de texto de advertencia del PLC.</i>	80

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Calor latente (<math>h_{fg}</math>) de algunos refrigerantes.</i>	9
<i>Tabla 2</i>	<i>Descripción de los bloques de SIMATIC</i>	14
<i>Tabla 3</i>	<i>Tipos de datos.</i>	19
<i>Tabla 4</i>	<i>Direcciones admisibles.</i>	20
<i>Tabla 5.</i>	<i>Elementos de las áreas</i>	28
<i>Tabla 6.</i>	<i>Funciones bombas 1 y 2</i>	28
<i>Tabla 7</i>	<i>Funciones bomba 3.</i>	29
<i>Tabla 8</i>	<i>Funciones Chiller 1 y 2</i>	30
<i>Tabla 9</i>	<i>Funciones variador de frecuencia 1.</i>	31
<i>Tabla 10</i>	<i>Funciones serpentín 1 y 2</i>	31
<i>Tabla 11</i>	<i>Funciones Blower</i>	32
<i>Tabla 12</i>	<i>Funciones variador de frecuencia 2</i>	32
<i>Tabla 13</i>	<i>Funciones válvulas proporcionales 1 y 2</i>	33
<i>Tabla 14</i>	<i>Funciones fancoil del laboratorio de diseño</i>	33
<i>Tabla 15</i>	<i>Funciones fancoil del laboratorio de transferencia</i>	34
<i>Tabla 16</i>	<i>Valores para el modo automático</i>	35
<i>Tabla 17</i>	<i>Elementos de los módulos anexos</i>	41
<i>Tabla 18</i>	<i>Condiciones de elementos en común Modo automático.</i>	43
<i>Tabla 19</i>	<i>Condiciones del laboratorio de automatización en común Modo automático.</i>	44
<i>Tabla 20</i>	<i>Condiciones del laboratorio de transferencia en común Modo automático</i>	44
<i>Tabla 21</i>	<i>Condiciones del laboratorio de diseño en común Modo automático</i>	45
<i>Tabla 22</i>	<i>Condiciones del laboratorio de diseño en común Modo automático.</i>	45
<i>Tabla 23</i>	<i>Condiciones del laboratorio de automatización en común Modo manual</i>	46
<i>Tabla 24</i>	<i>Condiciones del laboratorio de transferencia en común Modo manual</i>	46
<i>Tabla 25</i>	<i>Condiciones del laboratorio de diseño en común Modo manual.</i>	47
<i>Tabla 26</i>	<i>Condiciones de elementos en común Modo control</i>	47
<i>Tabla 27</i>	<i>Condiciones del laboratorio de diseño en común Modo control.</i>	48
<i>Tabla 28</i>	<i>Condiciones del laboratorio de transferencia en común Modo control</i>	48
<i>Tabla 29</i>	<i>Condiciones del laboratorio de automatización en común Modo control.</i>	49
<i>Tabla 30</i>	<i>Condiciones del PID</i>	49
<i>Tabla 31</i>	<i>Representación de los valores analógicos para intensidades.</i>	50
<i>Tabla 32</i>	<i>Datos de las válvulas proporcionales</i>	51
<i>Tabla 33</i>	<i>Datos de los variadores de frecuencia</i>	52
<i>Tabla 34</i>	<i>Datos de los transmisores de temperatura.</i>	53
<i>Tabla 35</i>	<i>Parámetros PID en la HMI.</i>	70
<i>Tabla 36</i>	<i>Relación de las graficas con los botones de activación</i>	73

## **RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO**

**TÍTULO:** Automatización del modulo de aire acondicionado del laboratorio de automatización y control.

**AUTOR:** David Antonio Espeleta Ríos

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** Edwin J. Córdoba Tuta

### **RESUMEN:**

El objetivo principal de este proyecto es la habilitación del funcionamiento del modulo de aire acondicionado del laboratorio de automatización y control que se encuentra en el edificio I de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Equipo que se hallaba en buenas condiciones físicas, pero carente de un sistema de control automatizado. Dicho sistema de gobernación y manipulación será concebido por medio de la programación de estrategias de control, haciendo uso del software "STEP 7" de "Siemens", fabricante del PLC que rige las funciones del modulo de aire acondicionado. Además para facilitar la utilización e interacción con el sistema, fue posible activar el uso de la red Ethernet interna de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga para establecer un vínculo entre el PLC y cualquier computador con acceso a esta red. Este enlace se lleva a cabo gracias a la Interfaz Hombre-Máquina, con sus siglas en ingles *HMI (Human Machine Interface)*, desarrollada en Microsoft Office Excel 2007, que permite el acceso, monitoreo y manipulación de las múltiples variables presentes en el sistema.

### **PALABRAS CLAVES:**

Automatización, PLC, HMI, modulo de aire acondicionado, red Ethernet, Step 7, programación, Excel.

## **GENERAL SUMMARY**

**TITLE:** Automatization of the air conditioner module of the Automatization and control laboratory.

**AUTHOR:** David Antonio Espeleta Ríos

**FACULTY:** Mechanical Engineering

**DIRECTOR:** Edwin J. Córdoba Tuta

### **SUMMARY:**

The main objective of this project is to enable the function of the air conditioner module of the Automatization and control laboratory located in the “I” building of the “*Universidad Pontificia Bolivariana*” Bucaramanga’s campus. Equipment which is found in good physical conditions, but with lack of an automatized control system. The above-mentioned governor and manipulator system will be conceive through the programming of control strategies, using the software “STEP 7” from “Siemens”, PLC’s manufacturer who manage the air conditioner module functions. As well to facilitate the utilization and interaction with the system, it was possible to permit the use of the internal Universidad Pontificia Bolivariana’s Ethernet network at Bucaramanga’s campus to establish a link between the PLC and any computer with access to this network. This link it’s made by a HMI (Human Machine Interface), developed in Microsoft Office Excel 2007, allowing the access, monitoring and manipulation the multiple variables in the system.

### **KEY WORDS:**

Automatization, PLC, HMI, air conditioner module, Ethernet Network, Step 7, programming, Excel.

## INTRODUCCION

Desde hornos microondas y aires acondicionados de uso domestico, pasando por procesos industriales complejos, como se ven en las plantas ensambladoras de automóviles; se puede comprobar que la automatización comprende un aspecto muy importante y en ocasiones fundamental en el desarrollo de la sociedad.

La automatización es una herramienta que aporta medios para conseguir un desempeño óptimo de los sistemas, mejoramiento de la productividad, cumplimiento de tareas repetitivas y rutinarias, liberación del recurso humano para tareas que requieran mayor conocimiento, reducción de la intervención humana en alguna parte de un proceso que pueda considerarse peligrosa, entre otras.

La Universidad Pontificia Bolivariana en su seccional de Bucaramanga, cuenta en el edificio I con un modulo de aire acondicionado que se rige bajo el ciclo de compresión de vapor, y que cuenta con múltiples componentes que precisan ser controlados, accionados y monitoreados constantemente para garantizar el uso adecuado de este recurso.

Este proyecto nace de la necesidad de automatizar este sistema haciendo uso de estrategias de programación. Dichas estrategias serán puestas en funcionamiento por medio de un Programador Lógico Controlable, con sus siglas en ingles *PLC*. Y al implementar este sistema de monitoreo, control y manipulación el estudiante contará con una herramienta practica donde se facilitara el entendimiento de procesos tanto de automatización como de refrigeración.

# **1. OBJETIVOS**

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Automatizar el modulo de aire acondicionado ubicado en el laboratorio de automatización y control por medio de la planeación y programación de estrategias de control haciendo uso del software STEP 7, que permitirán al sistema de aire acondicionado cumplir con su función de brindar confort térmico y a la vez servir de herramienta académica para la materia optativa de refrigeración y aires acondicionados.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Construir el programa del control del modulo de aire acondicionado del laboratorio de automatización y control a través del software STEP 7.
- Desarrollar estrategias de operación que permitan el funcionamiento del sistema de aire acondicionado.
- Manipular el programa de control mediante la red local de la universidad.
- Brindar soporte práctico para el conocimiento teórico adquirido en la asignatura de Refrigeración y aires acondicionados.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Automatización

La automatización se define como el estudio de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la generación de una tarea física o mental previamente programada.

En función del tipo de proceso que se pretende controlar y de la forma en la que se realice dicho control, el operador artificial o sistema de control presentará una configuración y características determinadas. [1]

Los sistemas de control se encuentran en gran cantidad en todos los sectores de la industria, tales como control de calidad de los productos manufacturados, líneas de ensamble automático, control de maquinas-herramientas, sistemas de potencia, robótica y muchos otros. [2]

#### 2.1.1 Sistemas de control

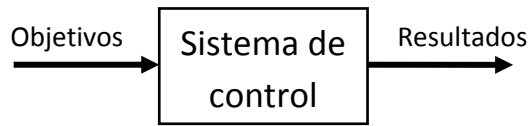
Los componentes básicos de un sistema de control se pueden describir mediante:

- Objetivos de control.
- Componentes del sistema de control.
- Resultados o Salidas.

La relación básica entre estos tres componentes se ilustra en la *Figura 1*. En términos más técnicos, los objetivos de control se pueden identificar como entradas, o señales actuantes, y los resultados también se llaman salidas, o variables controladas. En general, el objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma prescrita mediante las entradas a través de elementos del sistema de control. [2]



**Figura 1. Componentes básicos de un sistema de control.**



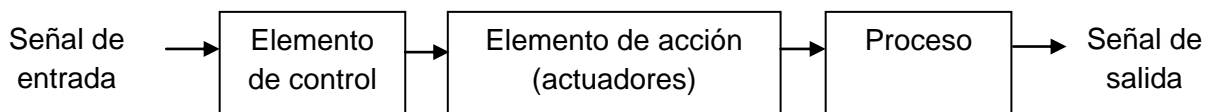
Fuente: KUO, Benjamin. Sistemas de control automático.

Existen dos formas de realizar el control de un sistema: sistema de lazo abierto y de lazo cerrado.

### **2.1.1.1 Sistema de lazo abierto**

En los cuales la salida no afecta la acción de control. Entonces a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En La práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas, como se ve en la *Figura 2*. [3]

**Figura 2 Sistema de lazo abierto.**



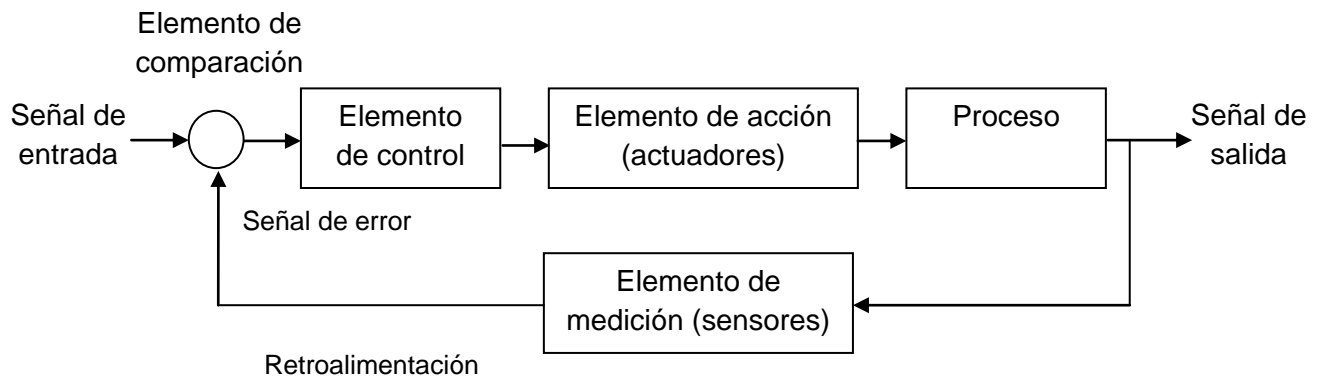
Fuente: OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna

### **2.1.1.2 Sistema de lazo cerrado**

Son los sistemas de control realimentados. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación, a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término

control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema, proceso visualizado en la *Figura 3*. [3]

**Figura 3 Sistema de lazo cerrado**



Fuente: OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna

### **2.1.1.3 Comparación de sistema de los sistemas de control**

Una ventaja del sistema de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema. Por tanto, es posible usar componentes relativamente precisos y baratos para obtener el control adecuado de una planta determinada, en tanto que hacer eso es imposible en el caso de un sistema en lazo abierto. Desde el punto de vista de la estabilidad, el sistema de control en lazo abierto es más fácil de desarrollar, porque la estabilidad del sistema no es un problema importante. Por otra parte, la estabilidad es una función principal en el sistema de control en lazo cerrado, lo cual puede conducir a corregir en exceso errores que producen oscilaciones de amplitud constante o cambiante.

Debe señalarse que, para los sistemas en los que se conocen con anticipación las entradas y en los cuales no hay perturbaciones, es aconsejable emplear un control en lazo abierto. Los sistemas de control en lazo cerrado sólo tienen ventajas cuando se presentan perturbaciones impredecibles y/o variaciones impredecibles en los componentes del sistema. Observe que la valoración de la energía de salida determina en forma parcial el costo, el peso y el tamaño de un sistema de control. La cantidad de componentes usados en un sistema de control en lazo cerrado es mayor que la que se emplea para un sistema de control equivalente en lazo abierto. Por tanto, el sistema de control en lazo cerrado suele tener costos y potencias más grandes. Para disminuir la energía requerida de un sistema, se emplea un control en lazo abierto cuando puede aplicarse. Por lo general, una combinación adecuada de controles en lazo abierto y en lazo cerrado es menos costosa y ofrecerá un desempeño satisfactorio del sistema general. [3]

## **2.2 Sistema de aire acondicionado**

Con estos sistemas de control, variables como la temperatura pueden ser controladas, y extrapolando esta idea, del mismo modo pueden controlarse sistemas de aire acondicionado y refrigeración.

El modulo de aire acondicionado con que cuenta el laboratorio de automatización de la Universidad Pontificia Bolivariana se rige bajo el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

### **2.2.1 Ciclo refrigeración por compresión de vapor**

El ciclo de compresión de vapor, termodinámicamente, se define con los siguientes procesos:

1-2 Compresión isoentrópica.

2-3 Rechazo de calor reversible a presión constante, en la que el medio de trabajo se condensa y forma un líquido saturado.

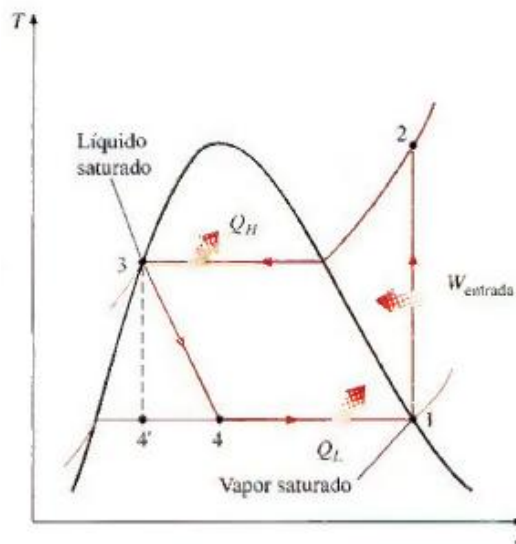
3-4 Expansión estrangulada a entalpía constante, hasta una presión baja.

4-1 Adición de calor reversible, a presión constante, durante un cambio de fase del medio de trabajo o refrigerante.

Siendo apreciado de manera esquemática y diagramada en la figura 4.

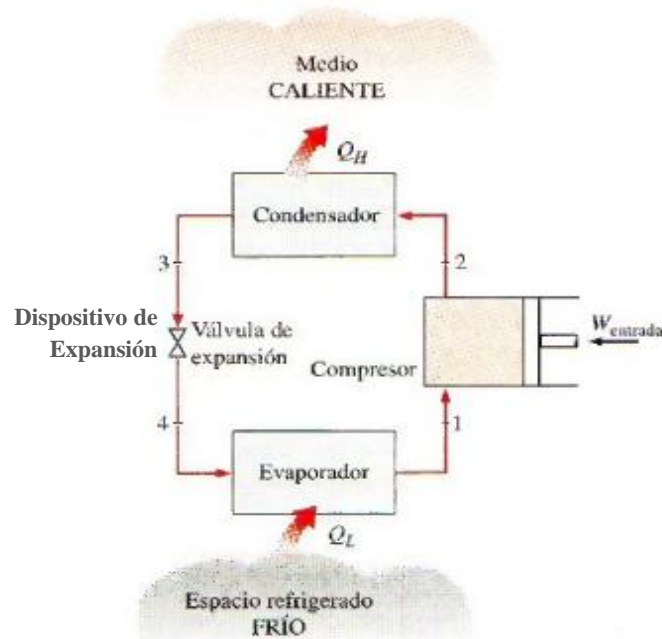
Este ciclo tiene varias características distintivas. Primera, que el medio de trabajo que avanza por el ciclo tiene un proceso de evaporación a baja temperatura y presión, y una condensación a líquido saturado a alta temperatura y presión. También, mientras que tres de los cuatro procesos son reversibles, un proceso irreversible de estrangulación hace que el ciclo sea irreversible. [4]

**Figura 4 Diagrama T-s del ciclo ideal de compresión de vapor**



Fuente: CENGEL, Yunus. Termodinámica.

Figura 5 Componentes del ciclo ideal de compresión de vapor



Fuente: CENGEL, Yunus. Termodinámica.

Este ciclo incluye cuatro componentes principales:

- Condensador.
- Dispositivo de expansión.
- Evaporador.
- Compresor.

El refrigerante entra al compresor como vapor a baja temperatura y presión, donde se comprime aumentando su presión y temperatura. Al salir del compresor lo hace como vapor recalentado a alta temperatura y presión. Luego pasa al condensador en el cual es enfriado y condensado conforme fluye por el serpentín del condensador. Al abandonar este dispositivo, lo hace como líquido a alta temperatura y presión. Después ingresa a dispositivo de expansión, ahí desciende la presión y temperatura, para finalmente llegar al evaporador, como una mezcla de líquido y vapor (rica en líquido) en donde absorbe el calor del ambiente que lo

rodea o fuente de calor, que en este caso es agua. La figura 5 representa esquemáticamente el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. [5]

### 2.2.2 Refrigerantes

Las unidades de enfriamiento por compresión de vapor trabajan usando sustancias refrigerantes, los cuales actúan como agentes de enfriamiento, absorbiendo el calor, por evaporación, de otro cuerpo o sustancia.

Los refrigerantes para este tipo de ciclo se seleccionan teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Económico.
- No tóxico e inocuo para los alrededores y el ser humano.
- No inflamable.
- Alto calor latente ( $h_{fg}$ ) a la temperatura de refrigeración, visible en la tabla 1.
- Baja presión de saturación a la temperatura de operación. [4]

Tabla 1 Calor latente ( $h_{fg}$ ) de algunos refrigerantes.

Refrigerante	Fórmula	Presión de saturación		Temperatura de saturación		$h_{fg}$	
		kPa	psia	°C	°F	kJ/kg	Btu/lbm
Amoniaco	NH <sub>3</sub>	332	48.21	-6	20	1240	533.1
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	118	17.18	-6	20	384	165.3
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1005	145.8	-40	-40	317	136.5
Cloruro de metilo	CH <sub>3</sub> Cl	202	29.3	-6	20	412	178.4
R-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	246	35.7	-6	20	158	67.9
R-22	CHClF <sub>2</sub>	240	34.7	-20	-5	221	94.9
R-22	CHClF <sub>2</sub>	398	57.7	-6	20	211	90.5
R-134a	CF <sub>3</sub> CFH <sub>2</sub>	125	18.17	-21	-6	215	92.5
R-123	CCl <sub>2</sub> HCF <sub>3</sub>	20	2.90	-13.3	-10	182	78.2

Fuente: ROLLE, Kurt C. Termodinámica.

### 2.3 Equipos

El módulo de aire acondicionado consta de un sistema con capacidad térmica de 10 Ton de refrigeración, las cuales son proporcionadas por dos máquinas enfriadoras de agua (Chillers) de tipo agua-aire, visibles en la figura 6, cada una

con una capacidad de 5 Ton de refrigeración con compresores tipo *scroll* de 5HP para refrigerante R-22.

**Figura 6 Chiller del modulo de aire acondicionado**



Fuente: Autor del proyecto.

La red de agua se divide en dos circuitos: un circuito hidráulico primario en el cual por medio de dos bombas centrífugas de  $\frac{1}{2}$  HP de potencia, figura 7, se hace circular agua a través de las máquinas enfriadoras, y un circuito hidráulico secundario, que por medio de una bomba centrífuga de 2 HP potencia, figura 8 (que toma el agua fría del circuito primario), circula el agua hasta los intercambiadores de calor de las máquinas acondicionadoras (Unidad manejadora y Fancoils).

El sistema ventilación está compuesto por una unidad manejadora y dos Fancoils, ubicados en salas independientes cada uno, como lo muestran las figuras 9, 10 y 11.

**Figura 7 Bombas de  $\frac{1}{2}$  HP de potencia del modulo de aire acondicionado.**



Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 8 Bombas de 2 HP de potencia del modulo de aire acondicionado**



Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 9 Unidad manejadora de aire del modulo de aire acondicionado.**



Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 10 Fancoil del laboratorio de transferencia de calor del modulo de aire acondicionado.**



Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 11 Fancoil del laboratorio de diseño del modulo de aire acondicionado.**



Fuente: Autor del proyecto.



### 2.3.1 Equipos de monitoreo

Para la instrumentación del sistema, se cuenta con sensores de temperaturas tipo RTD, figura 12, válvulas proporcionales y válvulas on-off, figura 13. Dos variadores de frecuencia SIEMENS MICROMASTER 420, figura 14, encargados de controlar la velocidad del motor de la unidad manejadora de aire del laboratorio y de la bomba que envía el agua fría a la manejadora de aire del laboratorio de automatización y control, y a los fancoils del laboratorio de transferencia de calor y de diseño.

**Figura 12 RTD Pt100**



Fuente: [http://img.directindustry.com/images\\_di/photo-g/resistive-temperature-detector-rtd-169063.jpg](http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/resistive-temperature-detector-rtd-169063.jpg) Visitado: 23 de Marzo de 2010

**Figura 13 Válvula proporcional**



Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 14 Variador de frecuencia MICROMASTER 420 de SIEMENS**



Fuente: Autor del proyecto.

### 2.3.2 Equipos de control

La estructura de automatización implementada para el control del Módulo de Aire Acondicionado es un sistema de automatización integrado SIEMENS S7-300 compuesto por una CPU 315-2 DP, figura 15, una tarjeta de comunicación CP 343-1 SIMATIC NET y módulos de entradas y salidas, análogas y digitales SM334, SM331 y SM323.

Figura 15 CPU 315-2 DP de SIEMENS



Fuente: <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/s7-300/cpu/standard-cpus/Pages/Default.aspx> Visitado:

23 de Marzo de 2010.

Para información más detallada de los equipos de Aire Acondicionado, monitoreo y control, remitirse a la tesis de grado “COMISION DEL MÓDULO DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION Y CONTROL” del ingeniero Hernan Dario Duarte Orduz.

### 2.4 STEP 7

STEP 7 es el paquete de programación estándar usado para la configuración y programación de los Controladores Lógicos Programables (PLCs) de SIMATIC. STEP 7 forma parte de software industrial SIMATIC a través de funciones lógicas programadas que permiten el acceso a entradas y salidas de la CPU haciendo uso diversos lenguajes de programación. [8]

### 2.4.1 Estructura de programación

STEP 7 permite al usuario estructurar de forma jerarquizada la programación haciendo uso de bloques programables descritos en la tabla 2; que proporcionan: Un mejor entendimiento de extensos programas, organización simplificada, facilidad para realizar modificaciones, depuración reducida puesto que se pueden realizar pruebas en secciones separadas y estandarización de secciones del programa. [8]

**Tabla 2 Descripción de los bloques de SIMATIC**

<b>Bloque</b>	<b>Descripción</b>
Bloques de organización (OB)	Los OBs determinan la estructura del programa del usuario.
Bloques de función de sistema (SFB) y funciones de sistema (SFC)	Los SFBs y SFCs son integrados en la CPU S7 y permiten acceder a algunas funciones de sistema importantes.
Bloques de función (FB)	Los FBs son bloques con "memoria" la cual puede ser programada.
Funciones (FC)	Los FCs contienen rutinas programadas para funciones usadas frecuentemente.
Bloques de datos de instancia (DB de instancia)	Los DBs de instancia están asociados con el bloque cuando un FB/SFB es llamado. Son creados automáticamente durante la compilación.
Bloques de datos (DB)	Los DBs son áreas para almacenar datos del usuario. En adición a los datos que son asignados a un bloque de función, datos compartidos también pueden ser definidos y usados por cualquier bloque.

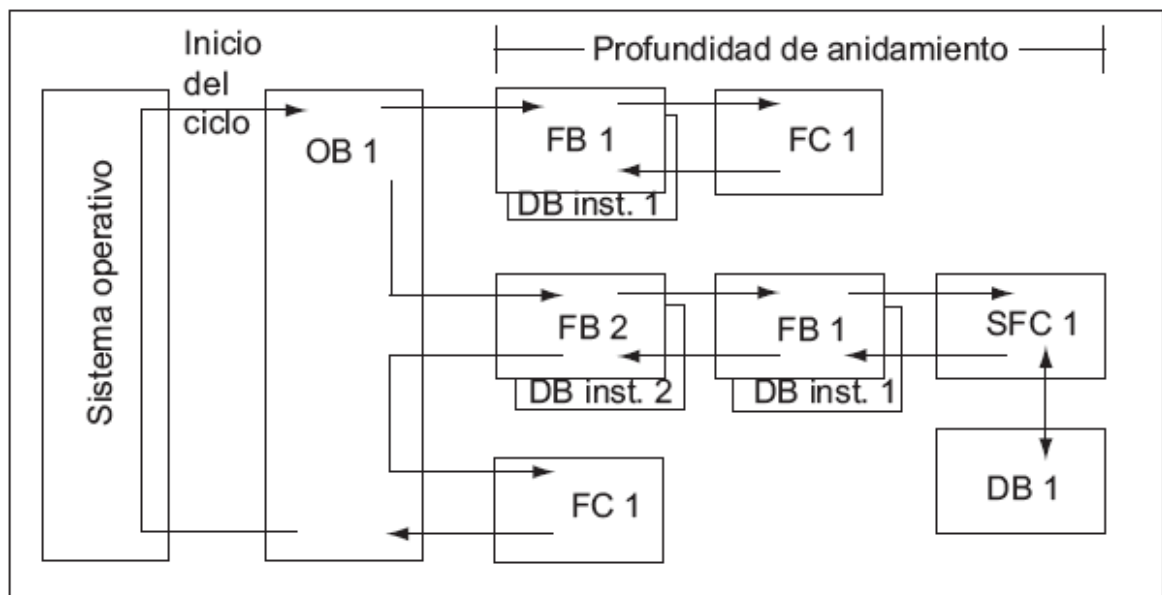
Fuente: [8]

### 2.4.1.1 Secuencias y anidamiento

A la secuencia y el anidamiento de las llamadas de bloques se le denomina jerarquía de llamadas. La profundidad de anidamiento admisible depende del tipo de CPU. [8]

La figura 16 muestra, a la vista de un ejemplo, la secuencia y la profundidad de anidamiento de las llamadas de bloques dentro de un ciclo de ejecución.

Figura 16 Secuencia y anidamiento.

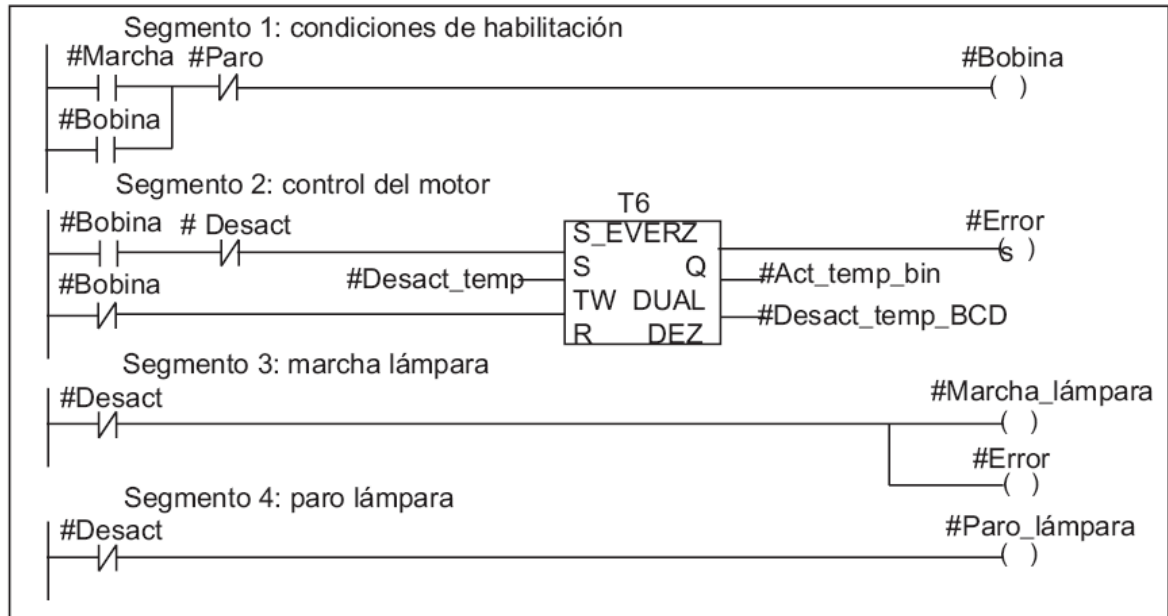


Fuente: [8]

### 2.4.2 Principales Lenguajes de Programación

- KOP: esquema de contactos, también llamado LADDER (escalera), ya que la forma de construcción de su esquema se asemeja a una escalera. Permite seguir el flujo de energía entre segmentos de poder mientras ésta pasa entre varios contactos, elementos complejos y salidas. Un ejemplo de este lenguaje puede verse en la figura 17.

**Figura 17 Lenguaje KOP (LADDER)**



Fuente: [8]

- AWL: lista de instrucciones, es una representación textual de la programación. Si un programa está escrito en lista de estados, cada instrucción individual corresponde a los pasos con los cuales la CPU ejecuta el programa. Como ejemplo de este tipo de programación, puede observar en la figura 18.

**Figura 18 Lenguaje AWL (Lista de instrucciones)**

```

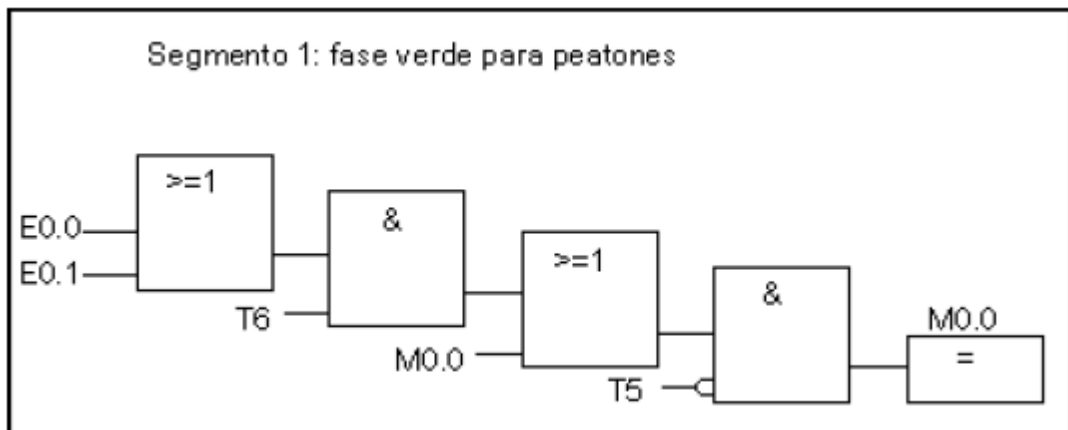
U(   Segmento 1: control de la válvula de descarga
O
O   #Bobina
)
UN #Cerrar
=  #Bobina
   Segmento 2: indicación "válvula abierta"
U  #Bobina
=  #Indic_abierta
   Segmento 3: indicación "válvula cerrada"
UN #Bobina
=  #Indic_cerrada

```

Fuente: [8]

- FUP: diagrama de funciones (bloques), simbolizado en la figura 19, es una representación gráfica de la programación. El lenguaje de programación usa los operadores del algebra booleanas para representar la lógica, a la vez es posible representar conexiones directas con cuadros lógicos con funciones complejas, por ejemplo funciones matemáticas. [9]

Figura 19 Lenguaje FUP (Diagrama de bloques).



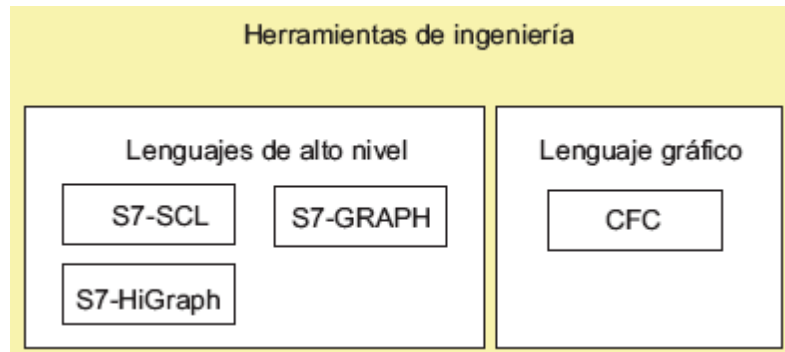
Fuente: [8]

### 2.4.3 Lenguaje de programación alternativo

Además de los anteriores lenguajes nombrados, STEP 7 permite programar en una variedad de lenguajes, figura 20, los cuales tienen la siguiente orientación:

- Lenguaje de alto nivel para los programadores: S7-SCL, S7-GRAPH y S7-HiGraph.
- Lenguaje gráfico para los tecnólogos: CFC. [8]

**Figura 20 Lenguajes alternativos.**



Fuente: [8]

#### **2.4.3.1 Lenguaje de alto nivel**

- S7-GRAPH: es un lenguaje de programación que permite describir cómodamente controles secuenciales (programación de cadenas secuenciales) dividiendo el proceso en diferentes etapas. Estas últimas contienen sobre todo acciones para controlar las salidas. El paso de una etapa a otra se controla mediante condiciones de transición. Este lenguaje es la versión de GRAFCET para SIMATIC.
- S7-HiGraph: es un lenguaje de programación que permite describir cómodamente los procesos asíncronos y no secuenciales en forma de grafos de estado. Para ello se divide la instalación en unidades funcionales que pueden adoptar diversos estados. Las unidades funcionales se pueden sincronizar mediante el intercambio de avisos.
- S7-SCL es un lenguaje textual de alto nivel según la norma DIN EN 61131-3. Contiene estructuras similares a las de los lenguajes de programación Pascal y C. Por consiguiente, S7-SCL es especialmente apropiado para los usuarios que ya estén acostumbrados a utilizar lenguajes de nivel superior. S7-SCL se puede utilizar p.ej. para programar funciones repetitivas o muy complejas. [8]

### 2.4.3.2 Lenguaje gráfico

CFC es un lenguaje de programación para interconectar gráficamente las funciones existentes. Estas últimas abarcan una amplia gama que incluye desde combinaciones lógicas sencillas hasta regulaciones y controles complejos. Se dispone de un gran número de funciones en forma de bloques contenidos en una librería. La programación se lleva a cabo copiando los bloques en un esquema (plano) y conectándolos entre sí mediante líneas. [8]

### 2.4.4 Tipos de datos

Los tipos de datos elementales pueden ocupar un bit, un byte, una palabra o una doble palabra, como es referenciado en la tabla 3.

- Una variable tipo BOOL representa un bit.
- Una variable tipo BYTE es un conjunto de 8 bits.
- Una variable tipo WORD (palabra) es un conjunto de 16 bits.
- Una variable tipo DWORD (doble palabra) es un conjunto de 32 bits. [10]

Tabla 3 Tipos de datos.

Tipo de datos	Tamaño (Bit)	Descripción
BOOL	1	Bit. Rango: true o false
BYTE	8	Byte. Rango: 0 a 255
WORD	16	Palabra. Rango: 0 a 65.535
DWORD	32	Doble palabra: Rango 0 a $2^{32-1}$
CHAR	8	Carácter.
STRING	8 x 254	Cadena de caracteres desde 2 a 254
INT	16	Entero. Rango: -32.786 a 32.767
DINT	32	Doble entero. Rango: $-2^1$ a $2^{32-1}$
REAL	32	Numero en coma flotante. Formato IEEE 754
TIME	32	Tiempo de intervalos de 1ms
DATE	16	Fecha de intervalos de día
TOD	32	Hora y día en intervalos de 1ms
S5TIME	16	Valor de tiempo para los temporizadores

Fuente: [10]



### 2.4.4.1 Direcciones de los datos

STEP 7 usa nombres simbólicos y direcciones absolutas para todos los elementos (bloques de datos, de funciones, palabras, entradas, salidas, entre otros) utilizados. Dichas direcciones se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4 Direcciones admisibles.**

Inglés	Alemán	Explicación:	Tipo de datos:	Direcciones:
I	E	Bit de entrada	BOOL	0.0..65535.7
IB	EB	Byte de entrada	BYTE, CHAR	0..65535
IW	EW	Palabra de entrada	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
ID	ED	Palabra doble de entrada	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
Q	A	Bit de salida	BOOL	0.0..65535.7
QB	AB	Byte de salida	BYTE, CHAR	0..65535
QW	AW	Palabra de salida	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
QD	AD	Palabra doble de salida	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
M	M	Bit de marcas	BOOL	0.0..65535.7
MB	MB	Byte de marcas	BYTE, CHAR	0..65535
MW	MW	Palabra de marcas	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
MD	MD	Palabra doble de marcas	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
PIB	PEB	Byte de entrada de periferia	BYTE, CHAR	0..65535
PQB	PAB	Byte de salida de periferia	BYTE, CHAR	0..65535

PIW	PEW	Palabra de entrada de periferia	WORD, INT, S5TIME,DATE	0..65534
PQW	PAW	Palabra de salida de periferia	WORD, INT, S5TIME, DATE	0..65534
PID	PED	Palabra doble de entrada de periferia	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
PQD	PAD	Palabra doble de salida de periferia	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0..65532
T	T	Temporizador	TIMER	0..65535
C	Z	Contadores	COUNTER	0..65535
FB	FB	Bloque de función	FB	0..65535
OB	OB	Bloque de organización	OB	0..65535
DB	DB	Bloque de datos	DB, FB, SFB, UDT	0..65535
FC	FC	Función	FC	0..65535
SFB	SFB	Bloque de función de sistema	SFB	0..65535
SFC	SFC	Función de sistema	SFC	0..65535
VAT	VAT	Tabla de variables		0..65535
UDT	UDT	Tipo de datos de usuario	UDT	0..65535

Fuente: [8]

### 3. PROGRAMACION EN STEP 7

#### 3.1 Administrador SIMATIC

El Administrador SIMATIC, figura 21, es el interface de acceso a la configuración y programación. Éste permite:

- Crear proyectos.
- Configurar y parametrizar el hardware.
- Configurar redes de hardware.
- Programar bloques.
- Probar y hacer funcionar los programas.

La interfaz grafica del Administrador SIMATIC puede apreciarse en la figura 22.

El acceso a las funciones es orientado a objetos, con lo cual resulta fácil de aprender.

El Administrador SIMATIC puede trabajarse:

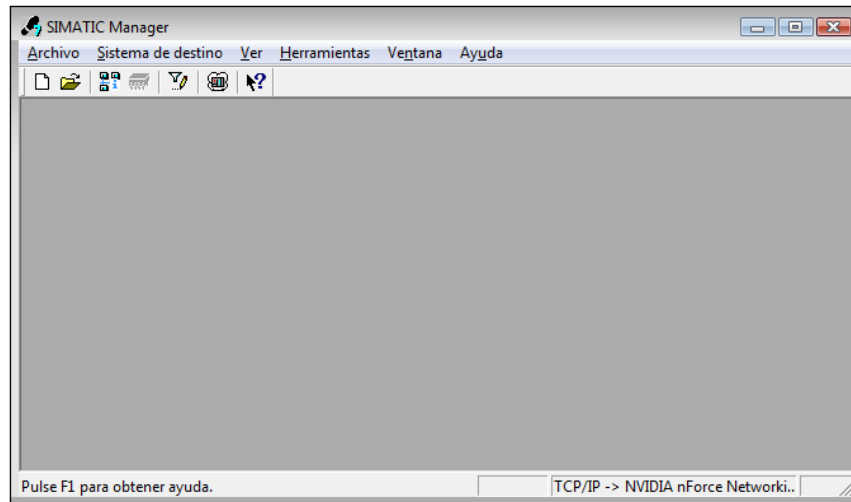
- Offline, es decir, sin conectar el sistema de automatización.
- Online, es decir, estando conectado el sistema de automatización. [8]

**Figura 21 Pantalla de inicio del Administrador SIMATIC.**



Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 22 Interfaz del Administrador SIMATIC.**

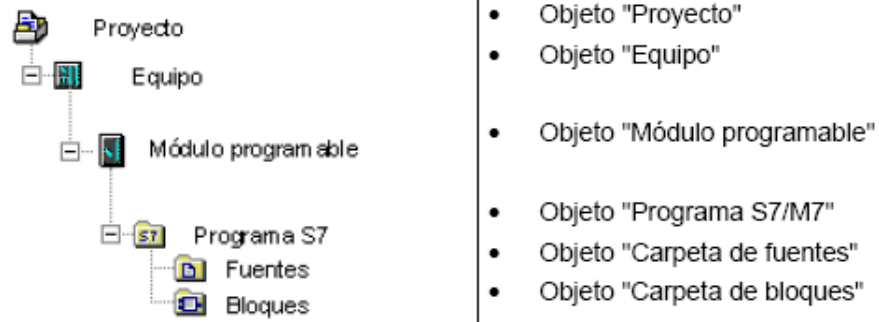


Fuente: Autor del proyecto.

### 3.2 Objetos y jerarquías

La figura 23 ilustra de manera clara la jerarquía de cada uno de los elementos u objetos que componen el proyecto de un PLC SIEMENS.

**Figura 23 Objetos de un proyecto.**



Fuente: [8]

#### 3.2.1 Objeto "Proyecto"

Un proyecto representa la totalidad de los datos y programas de una tarea de automatización, constituyendo el nivel superior de la jerarquía de objetos. [8]

### **3.2.2 Objeto “Equipo”**

Un equipo SIMATIC 300/400 representa una configuración de hardware S7 compuesta por uno o varios módulos programables. [8]

### **3.2.3 Objeto “Modulo Programable”**

Un módulo programable representa los datos de parametrización de un módulo programable (CPUxxx, FMxxx, CPxxx). Los datos de sistema de los módulos que no disponen de memoria remanente (p.ej. CP441), se cargan a través de la CPU del equipo. Por tanto, a dichos módulos no se ha asociado ningún objeto "Datos de sistema", por lo que no se visualizan en la jerarquía de proyectos. [8]

### **3.2.4 Objeto “Programa S7/M7”**

Un programa (S7/M7) es una carpeta de software que contiene módulos CPU S7/M7 o módulos que no sean CPUs (p.ej. módulos CP o FM programables). [8]

### **3.2.5 Objeto “Carpeta de fuentes”**

Una carpeta de fuentes contiene programas fuente (AWL) en forma de texto. [8]

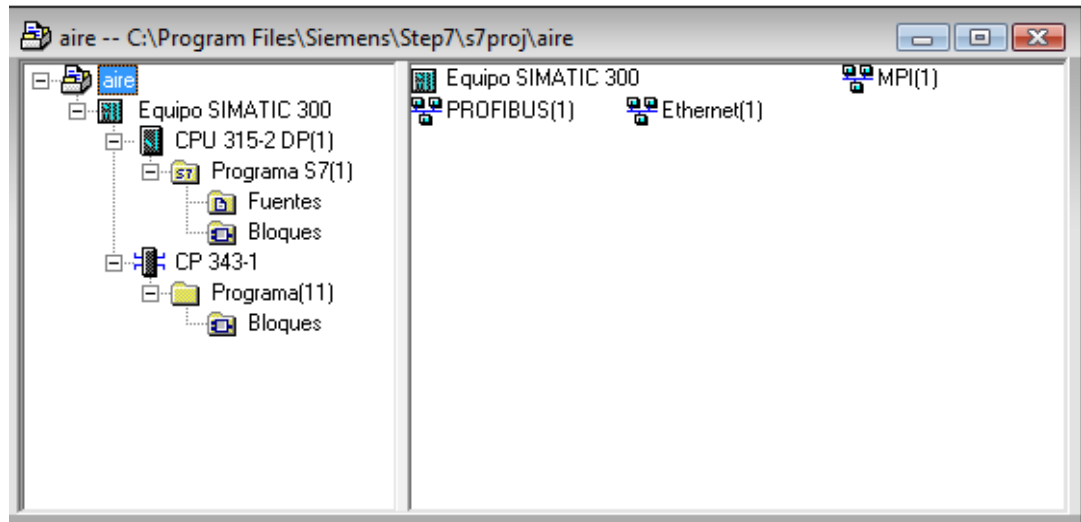
### **3.2.6 Objeto “Carpeta de bloques”**

Una carpeta de bloques de una vista offline puede contener bloques lógicos (OB, FB, FC, SFB, SFC), bloques de datos (DB), tipos de datos de usuario (UDT) y tablas de variables.

La carpeta de bloques de una vista online contiene las partes ejecutables del programa residentes en el sistema de destino. [8]

Un proyecto completamente finalizado se presenta en la figura 24, en la cual están presentes cada uno de los objetos del sistema de control que hacen parte del modulo de aire acondicionado del laboratorio de automatización y control.

**Figura 24 Ventana de un proyecto en STEP 7.**

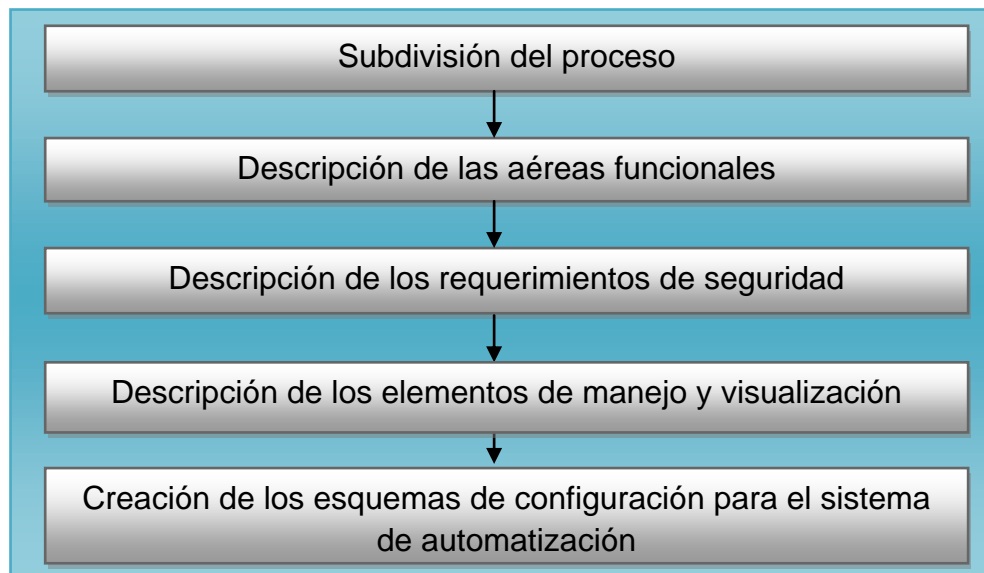


Fuente: Autor del proyecto.

### 3.3 Metodología de programación

Existen múltiples métodos para la consecución de una solución automatizada. El esquema presente en la figura 25 representa el procedimiento seguido en este proyecto.

**Figura 25 Esquema metodológico.**



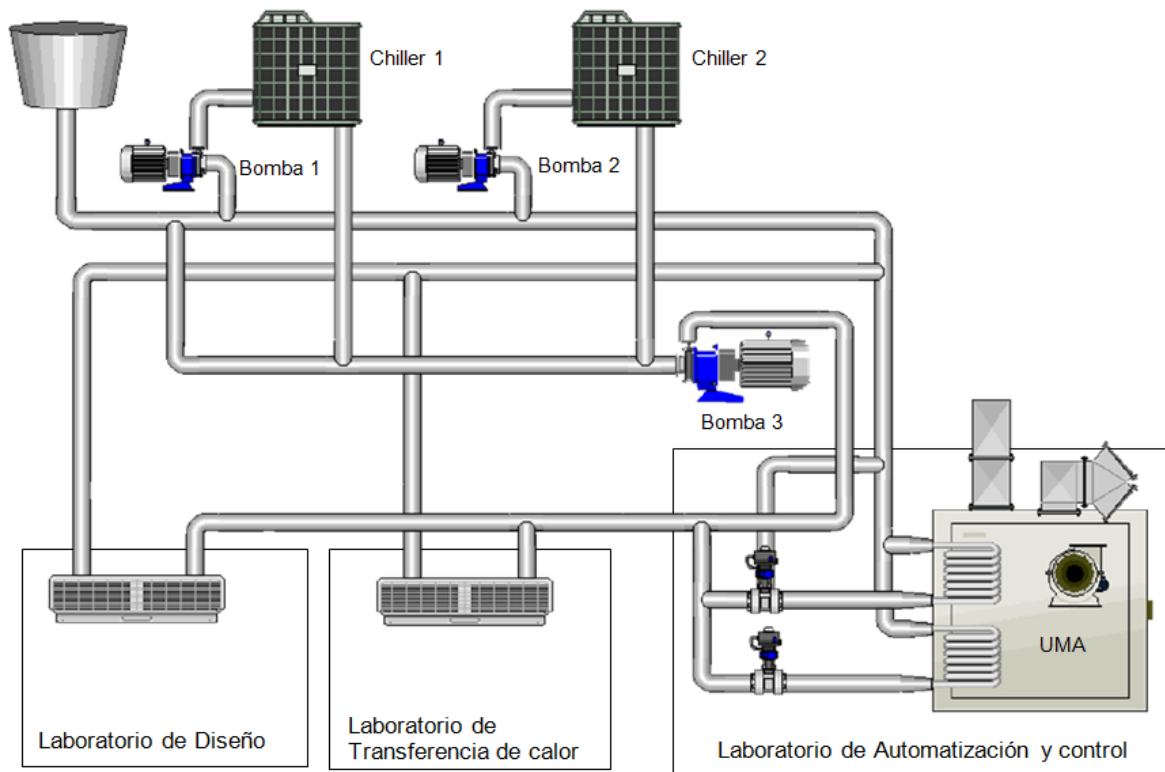
Fuente: Autor del proyecto.

### 3.3.1 Subdivisión del proceso

Un proceso de automatización siempre se divide en distintas tareas. Incluso el más complicado de los procesos puede ser definido, siempre y cuando se indique cómo están relacionadas las distintas tareas en las que se divide el proceso y se subdividan éstas en tareas más pequeñas. [8]

La figura 26 muestra de forma general los elementos mecánicos que componen el modulo de aire acondicionado.

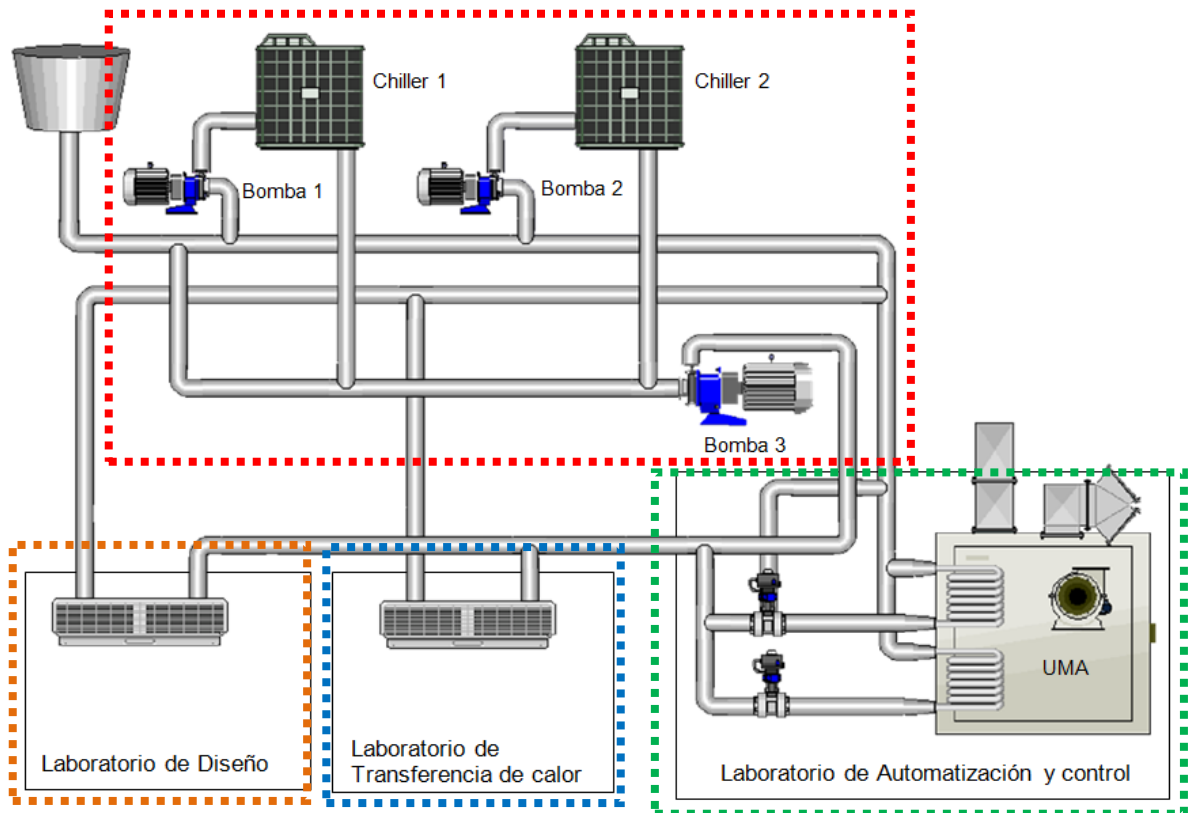
**Figura 26 Elementos del modulo del aire acondicionado.**



Fuente: Autor del proyecto.

Después de definir las diferentes áreas del sistema, las tareas de control se simplifican. La subdivisión del sistema está presente en la figura 27.

Figura 27 Subdivisiones del modulo del aire acondicionado.



Fuente: Autor del proyecto.

En la tabla 5 se pueden ver los elementos que componen cada área.



**Tabla 5. Elementos de las áreas**

<b>Área</b>	<b>Elementos</b>	
Elementos en común	Bomba 1	
	Bomba 2	
	Bomba 3	
	Chiller 1	
	Chiller 2	
	Variador de frecuencia 1	
Laboratorio de Automatización	Unidad Manejadora de Aire	Serpentín 1
		Serpentín 2
		Blower
	Variador de frecuencia 2	
	Válvula proporcional 1	
	Válvula proporcional 2	
Laboratorio de Diseño	Fancoil	
Laboratorio de Transferencia	Fancoil	Velocidad 1
		Velocidad 2
		Velocidad 3

Fuente: Autor del proyecto.

### 3.3.2 Descripción de las aéreas funcionales

- Área: Elementos en común. Tablas 6 a 9.

**Tabla 6. Funciones bombas 1 y 2**

<b>ELEMENTOS EN COMUN</b>	<b>Bombas 1 y 2</b>
Función	Las bombas conducen el agua por el circuito hidráulico primario a través de los Chillers 1 y 2, para luego recircularla y completar el ciclo.

Control	Las bombas se controlan por medio de un circuito de control on-off, en el que interviene un relé para activar o desactivar el circuito de potencia.
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li> </ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desactivación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto.

**Tabla 7 Funciones bomba 3.**

<b>ELEMENTOS EN COMUN</b>	<b>Bombas 3</b>
Función	La bomba conduce el agua por el circuito hidráulico secundario a través de la UMA del laboratorio de automatización y control, el fancoil del laboratorio de transferencia de calor y el fancoil del laboratorio de diseño.
Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuito de control on-off, en el que interviene un relé para activar o desactivar el circuito de potencia.</li> <li>• Variador de frecuencia que controla la velocidad de giro del motor de la bomba.</li> </ul>
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li> <li>• Protección térmica desactivada.</li> </ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desactivación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li> <li>• Protección térmica activada.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto.

**Tabla 8 Funciones Chiller 1 y 2**

<b>ELEMENTOS EN COMUN</b>	<b>Chillers 1 y 2</b>
Función	Los chillers enfrían el agua que pasa por el evaporador [ver sección 2.2.1], para poder realizar el intercambio de calor con el medio, y así, cumplir la labor de acondicionar.
Control	Los chillers se controlan por medio de un circuito de control on-off, en el que interviene un relé para activar o desactivar el circuito de potencia.
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor de flujo desactivado.</li> <li>• Termostato desactivado.</li> <li>• Presostato de alta y baja desactivadas.</li> <li>• Bomba correspondiente al Chiller, activada.</li> <li>• Activación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li> <li>• Temperatura del agua a la salida del chiller &gt; 12°C</li> </ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor de flujo activado.</li> <li>• Termostato activado.</li> <li>• Presostato de alta y baja activadas.</li> <li>• Bomba correspondiente al Chiller, desactivada.</li> <li>• Desactivación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li> <li>• Temperatura del agua a la salida del chiller &lt; 7°C</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto.

**Tabla 9 Funciones variador de frecuencia 1.**

<b>ELEMENTOS EN COMUN</b>	<b>Variador de frecuencia 1</b>
Función	El variador de frecuencia 1 es el encargado de regir la velocidad de giro del motor de la bomba 3.
Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Breaker de activación del circuito de potencia para la alimentación.</li> <li>• Valor de la frecuencia enviado por PLC.</li> </ul>
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li> </ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desactivación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto.

- Área: Laboratorio de automatización. Tablas 10 a 13.

**Tabla 10 Funciones serpentín 1 y 2**

<b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACION</b>	<b>Unidad Manejadora de Aire: Serpentín 1 y 2</b>
Función	Intercambiar calor con el medio (aire).
Control	Ninguno
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paso habilitado de agua por la válvula proporcional correspondiente a cada serpentín.</li> </ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paso deshabilitado de agua por la válvula proporcional correspondiente a cada serpentín.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto.

**Tabla 11 Funciones Blower**

<b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACION</b>	<b>Unidad Manejadora de Aire: Blower</b>
Función	Enviar el aire frio por los ductos para acondicionar el laboratorio.
Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuito de control on-off, en el que interviene un relé para activar o desactivar el circuito de potencia.</li> <li>• Variador de frecuencia que controla la velocidad de giro del motor del blower.</li> </ul>
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li> <li>• Protección térmica desactivada.</li> </ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desactivación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li> <li>• Protección térmica activada.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto.

**Tabla 12 Funciones variador de frecuencia 2**

<b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACION</b>	<b>Variador de frecuencia 2</b>
Función	El variador de frecuencia 2 es el encargado de regir la velocidad de giro del motor del blower.
Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Breaker de activación del circuito de potencia para la alimentación.</li> <li>• Valor de la frecuencia enviado por PLC.</li> </ul>
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li> </ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desactivación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto.

**Tabla 13 Funciones válvulas proporcionales 1 y 2**

<b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACION</b>	<b>Válvulas proporcionales 1 y 2</b>
Función	Las válvulas permiten y regulan el flujo de agua fría a los serpentines de la unidad manejadora de aire.
Control	<ul style="list-style-type: none"><li>• Valor de apertura enviado por PLC.</li></ul>
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Activación por el PLC.</li><li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li></ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desactivación por el PLC.</li><li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li></ul>

Fuente: Autor del proyecto.

- Área: Laboratorio de diseño. Tabla 14.

**Tabla 14 Funciones fancoil del laboratorio de diseño**

<b>LABORATORIO DE DISEÑO</b>	<b>Fancoil</b>
Función	Enviar el aire frío para acondicionar el laboratorio.
Control	<ul style="list-style-type: none"><li>• Circuito de control on-off, en el que interviene un relé para activar o desactivar el circuito de potencia.</li></ul>
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Activación por el PLC.</li><li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li></ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desactivación por el PLC.</li><li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li></ul>

Fuente: Autor del proyecto.

- Área: Laboratorio de transferencia. Tabla 15.

**Tabla 15 Funciones fancoil del laboratorio de transferencia**

<b>LABORATORIO DE TRANSFERENCIA</b>	<b>Fancoil: Velocidades 1, 2 y 3</b>
Función	Enviar el aire frío para acondicionar el laboratorio.
Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuito de control on-off, en el que interviene un relé para activar o desactivar el circuito de potencia.</li> </ul>
Condiciones de habilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Activación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA desactivada.</li> </ul>
Condiciones de deshabilitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desactivación por el PLC.</li> <li>• PARADA DE EMERGENCIA activada.</li> </ul>

Fuente: Autor del proyecto.

### **3.3.3 Descripción de los requerimientos de seguridad**

Pulsador de PARADA DE EMERGENCIA que desconecta a través del PLC los siguientes elementos:

- Bomba de suministro de agua: Bomba 1,2 y 3.
  - Chillers 1 y 2.
  - Blower
  - Fancoils: Laboratorio de diseño y transferencia.
  - Variadores de frecuencia a 0 Hertz.
  - Válvulas proporcionales a 0% de apertura.
- El pulsador de PARADA DE EMERGENCIA está localizado en el panel de control y en la HMI (interfaz hombre maquina).
- Una entrada del autómatas capta el estado del pulsador de PARADA DE EMERGENCIA.

### 3.3.4 Descripción de los elementos de manejo y visualización

Para el adecuado manejo del sistema se realizó la siguiente división de modos de operación:

1. Modo Automático.
2. Modo Manual.
3. Modo Control.

Para la visualización tanto del proceso como de las variables y modos de operación, fue desarrollada una interfaz en Excel 2007.

#### 3.3.4.1 Modo Automático

En este modo de operación se activan las variables con valores por defecto, apreciables en la tabla 16.

**Tabla 16 Valores para el modo automático**

Área	Elementos		Estado y/o Valor	
Elementos en común	Bomba 1		Encendido	
	Bomba 2		Encendido	
	Bomba 3		Encendido	40 Hz
	Chiller 1		Encendido	
	Chiller 2		Encendido	
	Variador de frecuencia 1		40 Hz	
Laboratorio de Automatización	Unidad Manejadora de Aire	Serpentín 1	-	
		Serpentín 2	-	
		Blower	Encendido	25 Hz
	Variador de frecuencia 2		25 Hz	
	Válvula proporcional 1		100%	
	Válvula proporcional 2		20%	



Laboratorio de Diseño	Fancoil		Encendido
Laboratorio de Transferencia	Fancoil	Velocidad 1	Apagado
		Velocidad 2	Encendido
		Velocidad 3	Apagado

Fuente: Autor del proyecto.

### 3.3.4.2 Modo Manual

Este modo permite la manipulación completa del sistema. Cada una de las variables puede ser modificada, sin embargo, las condiciones de habilitación del sistema, siguen rigiendo el comportamiento del mismo.

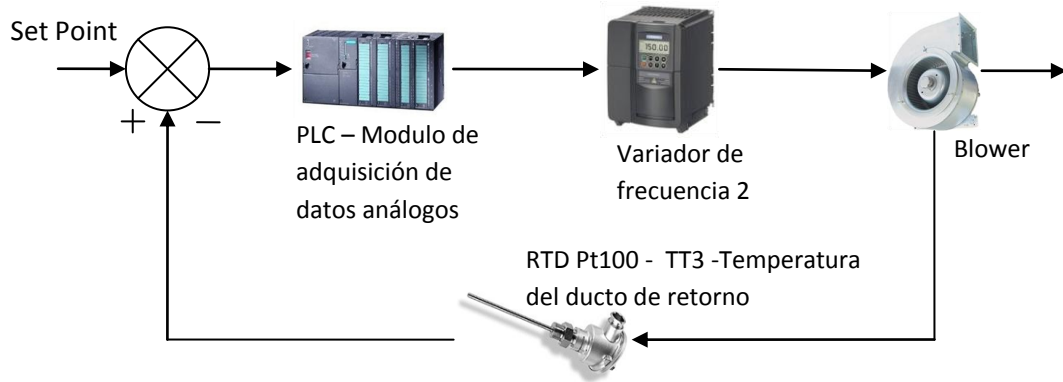
### 3.3.4.3 Modo Control

Modo de operación en el cual son designados valores por defectos a las siguientes áreas:

- Elementos en común.
- Laboratorio de diseño.
- Laboratorio de transferencia.

El área del laboratorio de automatización cuenta con un sistema de control de lazo cerrado tipo PID, que al censar la temperatura del ducto de retorno, manipula el valor del variador de frecuencia 2, y este a su vez la velocidad del Blower, para mantener la temperatura en un *set point* determinado por el usuario, figura 28.

**Figura 28 Esquema del modo de control.**

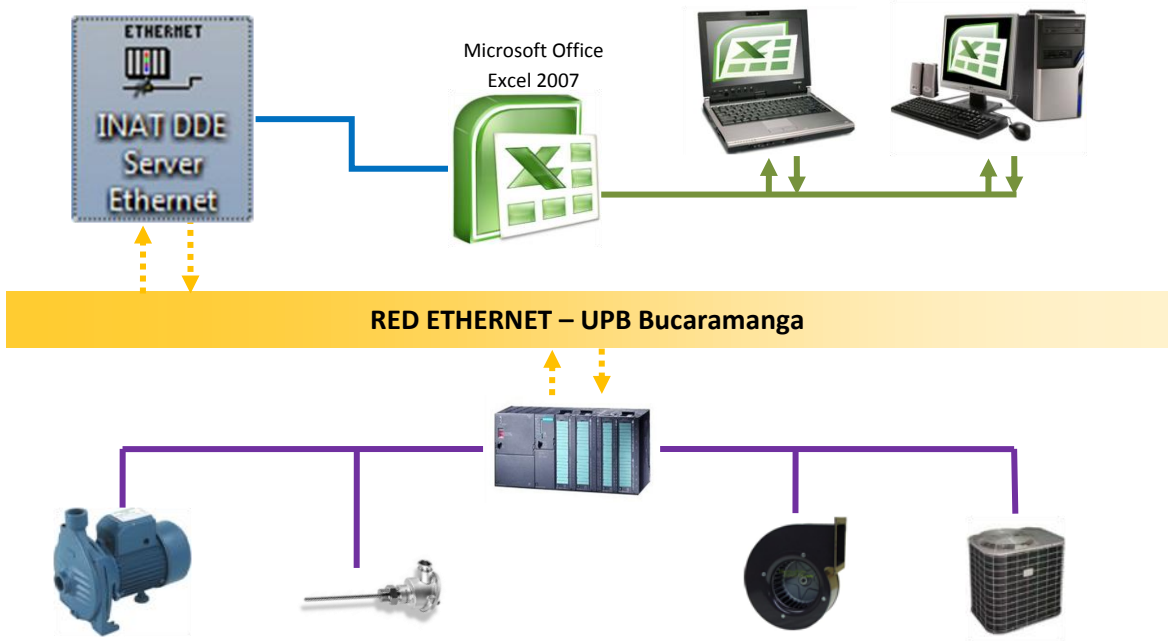


Fuente: Autor del proyecto.

### 3.3.5 Creación de los esquemas de configuración para el sistema de automatización

El esquema mostrado en la figura 29, exhibe la estructura del sistema de control del modulo de aire acondicionado.

**Figura 29 Estructura del sistema.**

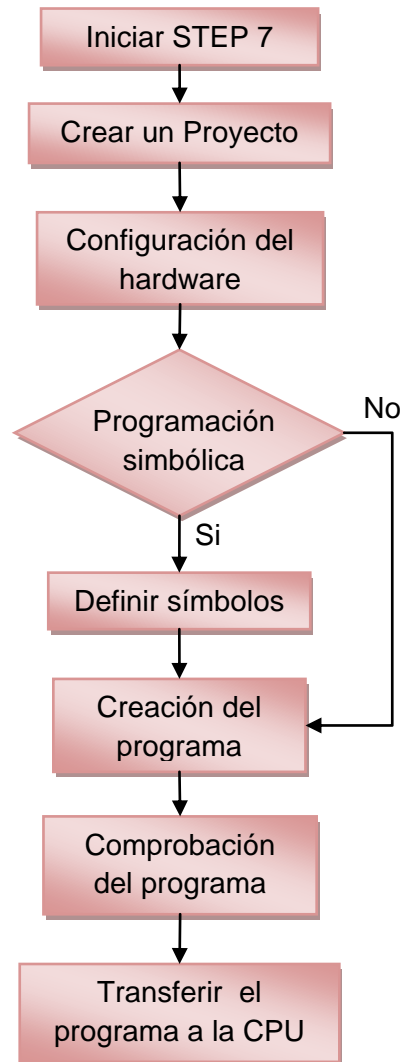


Fuente: Autor del proyecto.

### 3.4 Esquema de programación

El diagrama de flujo de la figura 30 muestra la forma en la que fue construida la programación en STEP 7.

Figura 30 Diagrama de la programación

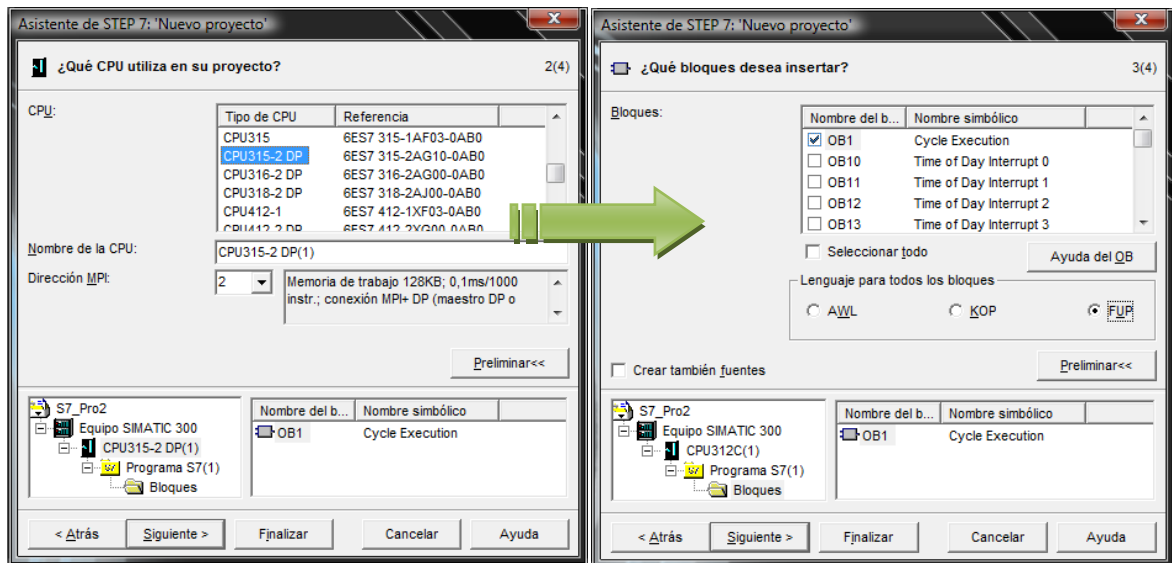


Fuente: Autor del proyecto.

### 3.4.1 Creación del proyecto

Durante esta etapa, el asistente de creación de proyectos permite seleccionar el tipo de CPU con la cual se trabajará, mostrando sus características, posteriormente, pasa a mostrar una variedad de bloques que van desde el bloque operacional principal, hasta diferentes tipos de alarmas, y, por ultimo lleva a la selección del lenguaje de programación.

Figura 31 Asistente de creación de proyectos.



Fuente: Autor del proyecto.

### 3.4.2 Configuración del hardware

El sistema de automatización integrado SIEMENS S7-300 está compuesto por una CPU 315-2 DP, una tarjeta de comunicación CP 343-1 SIMATIC NET y módulos de entradas y salidas, análogas y digitales SM334, SM331 y SM323.

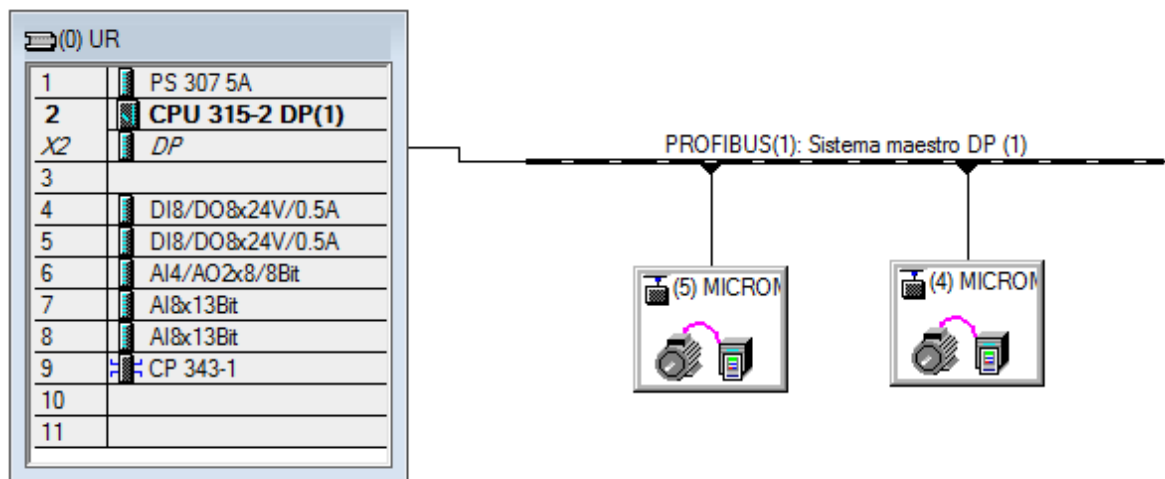
Los ítems que se exhibe en la figura 32 conforman la configuración completa del hardware dentro del programa STEP 7:

- Ítem 1: Fuente de alimentación.
- Ítem 2: CPU-315-2 DP
- Ítem X2: Periferia profibus DP
- Ítem 4: Modulo de entradas y salidas digitales. SM 323.

- Ítem 5: Modulo de entradas y salidas digitales. SM 323.
- Ítem 6: Modulo de entradas y salidas análogas. SM 334.
- Ítem 7: Modulo de entradas analogicas. SM 331.
- Ítem 8: Modulo de entradas analogicas. SM 331.
- Ítem 9: Tarjeta de comunicación Ethernet. CP 343-1 SIMATIC NET.

Los otros dos elementos que aparecen en la figura, corresponden a los variadores de frecuencia que se encuentran enlazados al PLC mediante una red profibus.

**Figura 32 Esquema del hardware del sistema.**



Fuente: Autor del proyecto.

La tabla 17 enseña los módulos anexos y los elementos asignados con los que cuentan.

**Tabla 17 Elementos de los módulos anexos**

<b>Modulo</b>	<b>Entradas</b>	<b>Salidas</b>
SM 323 (1)	Bomba 1.	Relé Bomba 1.
	Bomba 2.	Relé Bomba 2.
	Bomba 3.	Relé Bomba 3.
	Velocidad 3 Fancoil Lab. Transferencia.	Relé Velocidad 3 Fancoil Lab. Transferencia.
	Velocidad 2 Fancoil Lab. Transferencia.	Relé Velocidad 2 Fancoil Lab. Transferencia.
	Velocidad 1 Fancoil Lab. Transferencia.	Relé Velocidad 1 Fancoil Lab. Transferencia.
	Fancoil Lab. Diseño.	Relé Fancoil Lab. Diseño.
	UMA	Relé UMA
SM 323 (2)	Chiller 1	Relé Chiller 1
	Chiller 2	Relé Chiller 2
SM 334	Sensor de temperatura del ducto de suministro – TT4	Válvula proporcional 1
	Sensor de temperatura del ducto de retorno – TT3	Válvula proporcional 2
SM 331 (1)	Sensor de temperatura del agua suministrada por el Chiller 1 – TT2	-
	Sensor de temperatura del agua suministrada por el Chiller 2 – TT1	-
SM 331 (2)	Sensor de temperatura del agua de retorno – TS1	-
	Sensor de temperatura del agua de retorno del serpentín 1 – TS2	-
	Sensor de temperatura del agua de retorno del serpentín 2 – TS3	-
	Sensor de temperatura del agua de retorno del fancoil del laboratorio de transferencia de calor – TS4	-
	Sensor de temperatura del agua de suministro del fancoil del laboratorio de diseño – TS5	-

Fuente: Autor del proyecto.

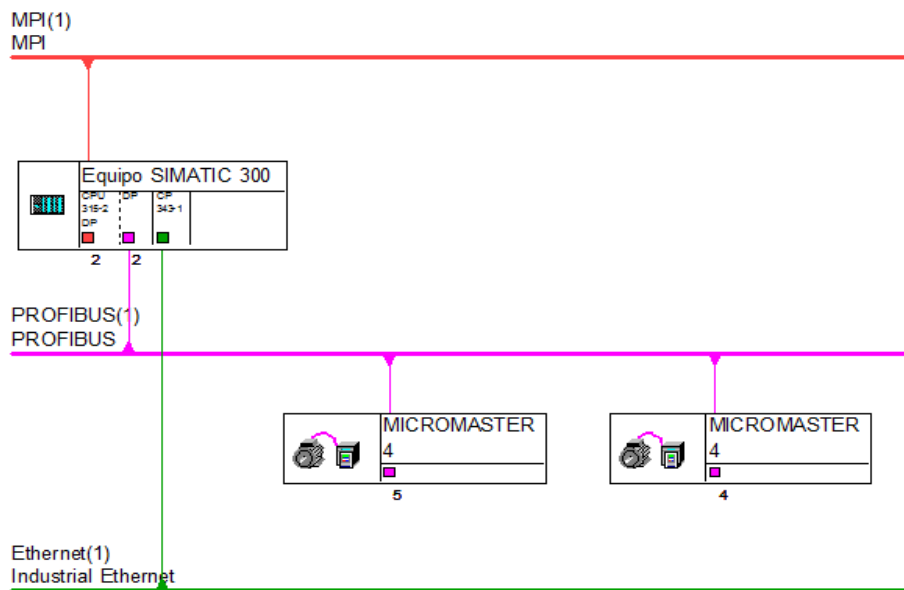
Las conexiones entre los módulos analógicos módulos y los dispositivos, varían dependiendo del tipo de entrada o salida, puesto que esta puede ser de tres tipos:

- 4 – 20 mA
- 0 – 20 mA
- 0 – 10 V

El enlace de todo el sistema es realiza por 3 redes que son evidentes en la figura 33.

- MPI
- Profibus
- Ethernet

**Figura 33 Redes del sistema.**



Fuente: Autor del proyecto.

### 3.4.3 Definición de los símbolos

En el **ANEXO A** se encuentra la tabla de símbolos, en la que están las respectivas direcciones de cada elemento, memoria, marca, entre otros, junto a la descripción correspondiente.

### 3.4.4 Creación del programa

Teniendo en cuenta que los lineamientos planteados en las secciones 3.3.1 y 3.3.2, fue desarrollada la programación del sistema. En el **ANEXO B** se halla toda la programación en lenguaje FUP.

#### 3.4.4.1 Modo Automático

Este modo de operación cuenta con activación análoga (pulsador) y digital (marca), que son la base para el accionamiento de del modo.

La tabla 18 muestra las condiciones para la activación de los componentes del área Elementos en común. La tabla 19 lo hace de la misma maneara para el área del laboratorio de automatización, la tabla 20 para el laboratorio de transferencia, y, por último, la tabla 21 para el laboratorio de diseño.

Tabla 18 Condiciones de elementos en común Modo automático.

MODO AUTOMATICO – ELEMENTOS EN COMUN							
Entradas Activadas			Entradas Desactivadas			Resultado Activado	
Pulsador	OR	Marca	Pulsador	OR	Marca	Marca/Variable	
Modo automático			Modo control			Bomba 1	
Laboratorio de automatización			Modo manual			Bomba 2	
Laboratorio de transferencia			Apagar			Bomba 3	
Laboratorio de diseño			Parada de emergencia			Variador de frecuencia 1	40 Hz

Fuente: Autor del proyecto



Tabla 19 Condiciones del laboratorio de automatización en común Modo automático.

<b>MODO AUTOMATICO – LABORATORIO DE AUTOMATIZACION</b>							
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Resultado Activado</b>	
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>	
Modo automático			Modo control			Válvula proporcional 1	100%
			Modo manual			Válvula proporcional 2	20%
Laboratorio de automatización			Apagar			UMA	
			Parada de emergencia			Variador de frecuencia 2	25 Hz

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 20 Condiciones del laboratorio de transferencia en común Modo automático

<b>MODO AUTOMATICO – LABORATORIO DE TRANSFERENCIA</b>							
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Resultado Activado</b>	
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>	
Modo automático			Modo control			Velocidad 2 del fancoil	
			Modo manual				
Laboratorio de transferencia			Apagar				
			Parada de emergencia				

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 21 Condiciones del laboratorio de diseño en común Modo automático

<b>MODO AUTOMATICO – LABORATORIO DE DISEÑO</b>						
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Resultado</b>
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca</b>
Modo automático			Modo control			Fancoil
			Modo manual			
Laboratorio de diseño			Apagar			
			Parada de emergencia			

Fuente: Autor del proyecto

#### 3.4.4.2 Modo Manual

El modo manual brinda la posibilidad de manipulación total del sistema. La particularidad del modo manual radica en que es necesario activar primero el modo como tal, para posteriormente, poder manipular las diversas variables del sistema.

La tabla 22 muestra las condiciones para la activación de los componentes del área Elementos en común. La tabla 23 lo hace de la misma manera para el área del laboratorio de automatización, la tabla 24 para el laboratorio de transferencia, y, por último, la tabla 25 para el laboratorio de diseño.

Tabla 22 Condiciones del laboratorio de diseño en común Modo automático.

<b>MODO MANUAL – ELEMENTOS EN COMUN</b>						
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Habilitación</b>
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>
Modo manual			Modo control			Bomba 1
			Modo automático			Bomba 2
			Apagar			Bomba 3

	Parada de emergencia	Variador de frecuencia 1	Valor variable
--	----------------------	--------------------------	----------------

Fuente: Autor del proyecto

**Tabla 23 Condiciones del laboratorio de automatización en común Modo manual**

<b>MODO MANUAL – LABORATORIO DE AUTOMATIZACION</b>							
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Habilitación</b>	
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>	
Modo manual			Modo control			Válvula proporcional 1	Valor variable
			Modo automático			Válvula proporcional 2	Valor variable
Laboratorio de automatización			Apagar			UMA	
			Parada de emergencia			Variador de frecuencia 2	Valor variable

Fuente: Autor del proyecto

**Tabla 24 Condiciones del laboratorio de transferencia en común Modo manual**

<b>MODO MANUAL – LABORATORIO DE TRANSFERENCIA</b>							
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Habilitación</b>	
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>	
Modo manual			Modo control			Velocidad 1 del fancoil	
			Modo automático				
Laboratorio de transferencia			Apagar			Velocidad 2 del fancoil	
			Parada de emergencia			Velocidad 3 del fancoil	

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 25 Condiciones del laboratorio de diseño en común Modo manual.

<b>MODO MANUAL – LABORATORIO DE DISEÑO</b>						
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Resultado</b>
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca</b>
Modo manual			Modo control			Fancoil
			Modo automático			
Laboratorio de diseño			Apagar			
			Parada de emergencia			

Fuente: Autor del proyecto

#### 3.4.4.3 Modo Control

El modo control posee ciertas características del modo automático, es decir, asigna valores predeterminados a los elementos de todas las áreas exceptuando el área del laboratorio de automatización, que cuenta con un PID, encargado de regular la temperatura del laboratorio a través de la manipulación del variador de frecuencia 2.

La tabla 26 muestra las condiciones para la activación de los componentes del área Elementos en común. La tabla 27 lo hace de la misma manera para el área del laboratorio de diseño, la tabla 28 para el laboratorio de transferencia, la tabla 29 para el laboratorio de automatización, y por último, la tabla 30 para el PID.

Tabla 26 Condiciones de elementos en común Modo control

<b>MODO CONTROL – ELEMENTOS EN COMUN</b>						
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Resultado Activado</b>
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>
Modo control			Modo automático			Bomba 1
Laboratorio de automatización			Modo manual			Bomba 2
Laboratorio de transferencia			Apagar			Bomba 3

Laboratorio de diseño	Parada de emergencia	Variador de frecuencia 1	40 Hz
-----------------------	----------------------	--------------------------	-------

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 27 Condiciones del laboratorio de diseño en común Modo control.

<b>MODO CONTROL – LABORATORIO DE DISEÑO</b>						
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Resultado</b>
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca</b>
Modo control			Modo automático			Fancoil
			Modo manual			
Laboratorio de diseño			Apagar			
			Parada de emergencia			

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 28 Condiciones del laboratorio de transferencia en común Modo control

<b>MODO CONTROL – LABORATORIO DE TRANSFERENCIA</b>						
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Resultado Activado</b>
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>
Modo control			Modo automático			Velocidad 2 del fancoil
			Modo manual			
Laboratorio de transferencia			Apagar			
			Parada de emergencia			

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 29 Condiciones del laboratorio de automatización en común Modo control.

<b>MODO CONTROL – LABORATORIO DE AUTOMATIZACION</b>							
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Resultado Activado</b>	
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>	
Modo control			Modo automático			Válvula proporcional 1	100%
			Modo manual			Válvula proporcional 2	20%
Laboratorio de automatización			Apagar			UMA	
			Parada de emergencia			Variador de frecuencia 2	PID

Fuente: Autor del proyecto

Tabla 30 Condiciones del PID

<b>MODO CONTROL – LABORATORIO DE AUTOMATIZACION – PID</b>						
<b>Entradas Activadas</b>			<b>Entradas Desactivadas</b>			<b>Habilitación manual</b>
<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Pulsador</b>	<b>OR</b>	<b>Marca</b>	<b>Marca/Variable</b>
Modo control			Modo automático			Activar modo manual
						Valor modo manual
						Acción Proporcional
						Ganancia
			Modo manual			Acción Integrativa
						Tiempo de integración
						Acción Derivativa
Apagar			Tiempo de Derivación			
			Tiempo de muestreo			
Laboratorio de automatización			Parada de emergencia			Límite superior
						Límite inferior
			Set Point			Temperatura Censada
						Valor del variador de frecuencia 2

Fuente: Autor del proyecto.

### 3.4.4.4 Cálculos

Para la programación de los siguientes elementos fue necesaria la realización de diversos cálculos, esto debido a la forma de funcionamiento de dichos componentes.

- Válvulas proporcionales
- Variadores de frecuencia
- Transmisores de temperatura
- RTDs Pt100

La tabla 31 muestra la representación de valores analógicos en el rango de medición de intensidades de 0 a 20 mA y de 4 a 20 mA.

**Tabla 31 Representación de los valores analógicos para intensidades.**

Sistema		Rango de medición de intensidad		
dec.	hex.	de 0 a 20 mA	de 4 a 20 mA	
32767	7FFF	23,70 mA	22,96 mA	Rebase por exceso
32512	7F00			
32511	7EFF	23,52 mA	22,81 mA	Margen de saturación
27649	6C01			
27648	6C00	20 mA	20 mA	Rango nominal
20736	5100	15 mA	16 mA	
1	1	723,4 nA	4 mA + 578,7 nA	
0	0	0 mA	4 mA	
-1	FFFF			Margen de saturación por defecto
-4864	ED00	-3,52 mA	1,185 mA	
-4865	ECFF			Rebase por defecto
-32768	8000			

Fuente: [11]

### 3.4.4.5 Cálculos de las válvulas proporcionales

Teniendo en cuenta la tabla 31, y la corriente de activación de las válvulas proporcionales, que es de 4 a 20mA, se obtiene los datos representados en la tabla 32.

Tabla 32 Datos de las válvulas proporcionales

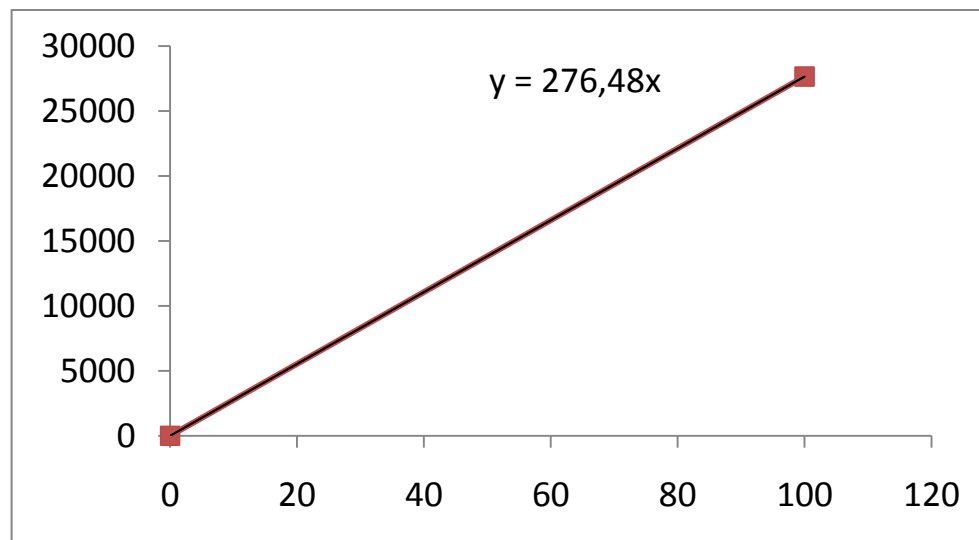
Porcentaje de Apertura	Valor Decimal	Valor de la intensidad
100 %	27648	20mA
0%	0	4mA

Fuente: Autor del proyecto.

Al realizar una regresión lineal de estos datos, se obtiene la grafica de la figura 34, donde se muestra la función que rige el comportamiento de las válvulas proporcionales, donde:

X= valor deseado de apertura; Y= valor decimal obtenido

Figura 34 Regresión lineal para las válvulas proporcionales



Fuente: Autor del proyecto.



Entonces, por ejemplo, si se desea un 45% de apertura de la válvula proporcional, un bloque de función realiza la operación y envía el valor  $12420_{10}$  [Decimal] al modulo en que se encuentra conectada la válvula, para luego liberar la intensidad correspondiente a este valor, y así, accionar la válvula.

#### 3.4.4.6 Cálculos de los variadores de frecuencia

Los variadores de frecuencia están conectados directamente al PLC mediante la red Profibus, por lo que los valores de trabajo son variables digitales.

La configuración de los variadores dicta que el valor normalizado de la frecuencia 60Hz está dado por numero Hexadecimal 4000, obteniéndose así, lo datos que se presentan en la tabla 33.

**Tabla 33 Datos de los variadores de frecuencia**

<b>Valor normalizado Hexadecimal</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Valor Decimal</b>
4000	60 Hz	16384
0	0 Hz	0

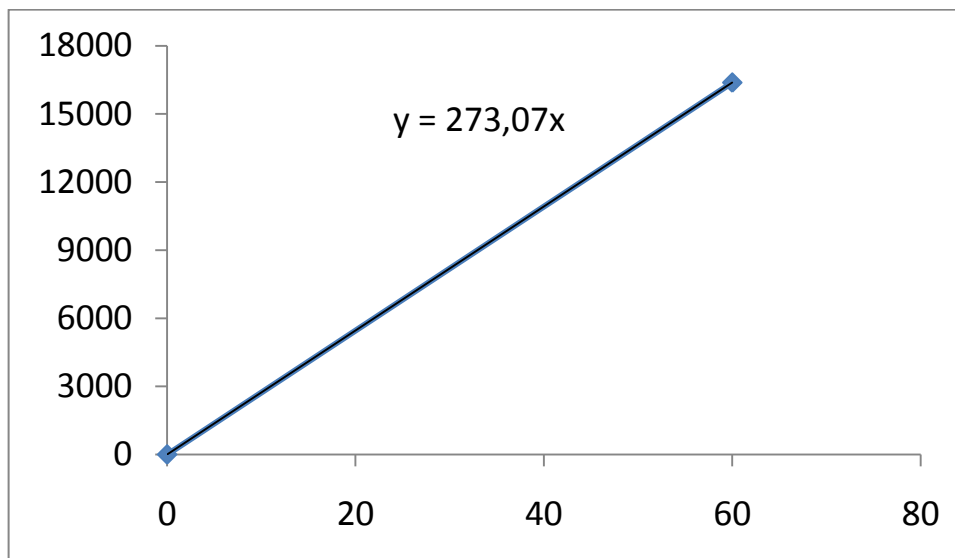
Fuente: Autor del proyecto.

Al realizar una regresión lineal de estos datos, se obtiene la grafica de la figura 35, donde se muestra la función que rige el comportamiento de los variadores de frecuencia, donde:

X= valor deseado de frecuencia; Y= valor decimal obtenido

Por lo que si se quiere que la bomba 3 trabaje a 30Hz, se envía el dato a un bloque de función realiza la operación y da como resultado  $8190_{10}$  [Decimal], valor que es exportado directamente al variador para que este active su funcionamiento entregado la frecuencia solicitada.

**Figura 35 Regresión lineal para los variadores de frecuencia.**



Fuente: Autor del proyecto.

#### **3.4.4.7 Cálculos de los transmisores de temperatura**

El sistema cuenta con cuatro transmisores de temperatura:

- TT1: Sensor de temperatura del agua suministrada por el Chiller 2
- TT2: Sensor de temperatura del agua suministrada por el Chiller 1
- TT3: Sensor de temperatura del ducto de retorno
- TT4: Sensor de temperatura del ducto de suministro

Cada uno de estos transmisores se encuentra calibrado para medir temperatura en el rango -50 a 200 °C y con rango de tensión de 4 a 20mA, tabla 34.

**Tabla 34 Datos de los transmisores de temperatura.**

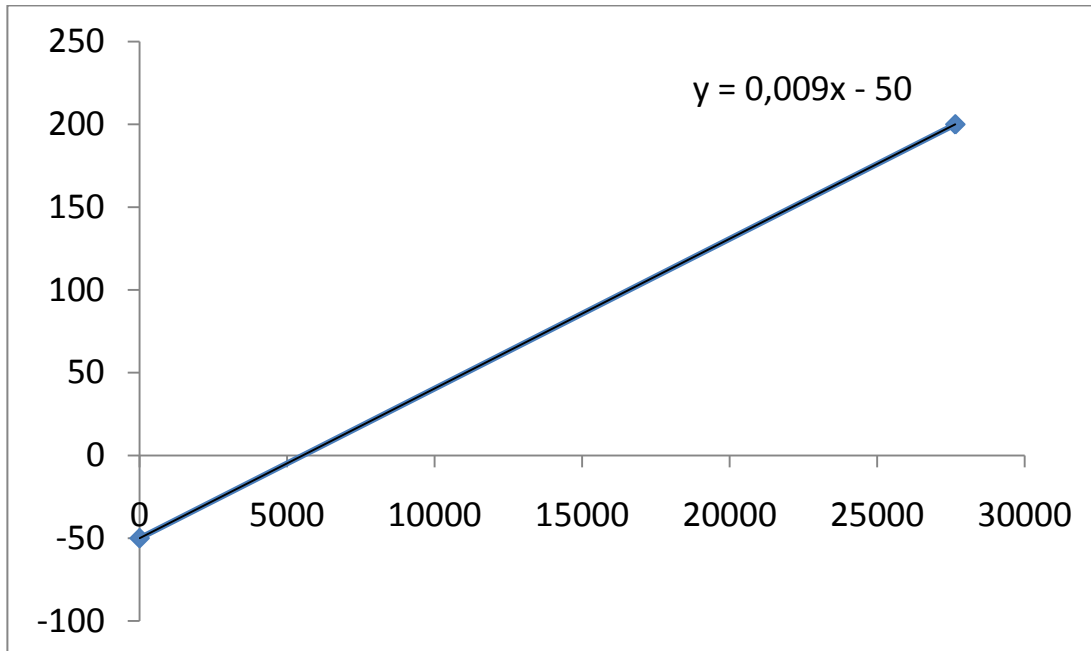
<b>Temperatura</b>	<b>Valor decimal</b>	<b>Valor de la intensidad</b>
-50°C	27648	20mA
200°C	0	4mA

Fuente: Autor del proyecto.

Por medio de una regresión lineal de estos datos, se obtiene la grafica de la figura 36, donde se muestra la función que rige el comportamiento de los transmisores de temperatura, donde:

X= valor medido por el transmisor; Y= valor real de la temperatura

**Figura 36 Regresión lineal para los transmisores de temperatura**



Fuente: Autor del proyecto.

#### **3.4.4.8 Cálculos de las RTDs**

El sistema cuenta con cinco RTDs Pt100:

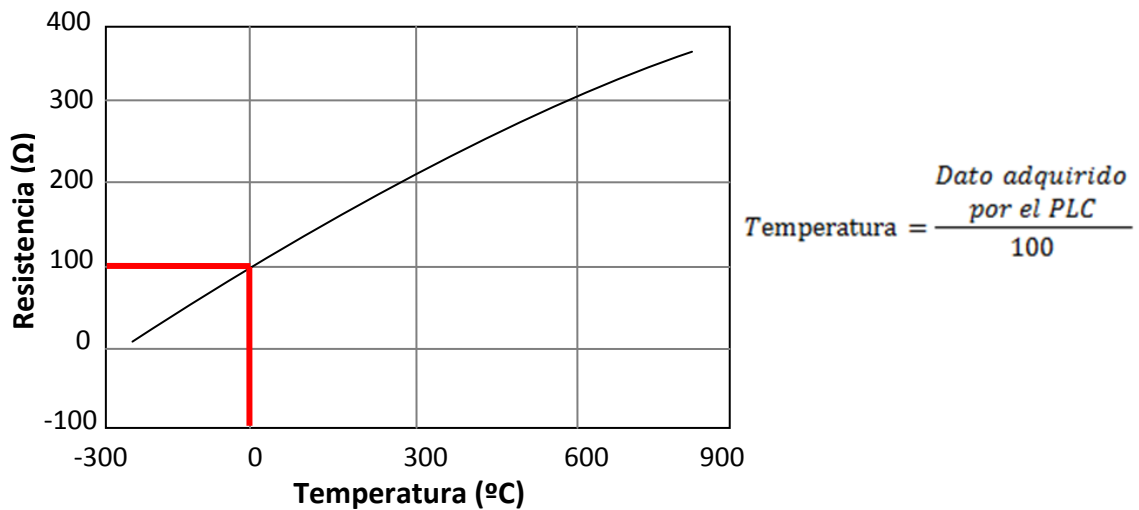
- TS1: Sensor de temperatura del agua de retorno
- TS2: Sensor de temperatura del agua de retorno del serpentín 1
- TS3: Sensor de temperatura del agua de retorno del serpentín 2
- TS4: Sensor de temperatura del agua de retorno del fancoil del laboratorio de transferencia de calor

- TS5: Sensor de temperatura del agua de suministro del fancoil del laboratorio de diseño

El modulo al que se encuentran conectadas, brinda la posibilidad de configurarlo para entradas de tipo RTD, dando como resultado datos de 15 bits y el signo.

Entonces la ecuación que caracteriza según la configuración de las de las RTD está dada en la figura 37.

Figura 37 Grafica de la RTD Pt100.



Fuente: Autor del proyecto.

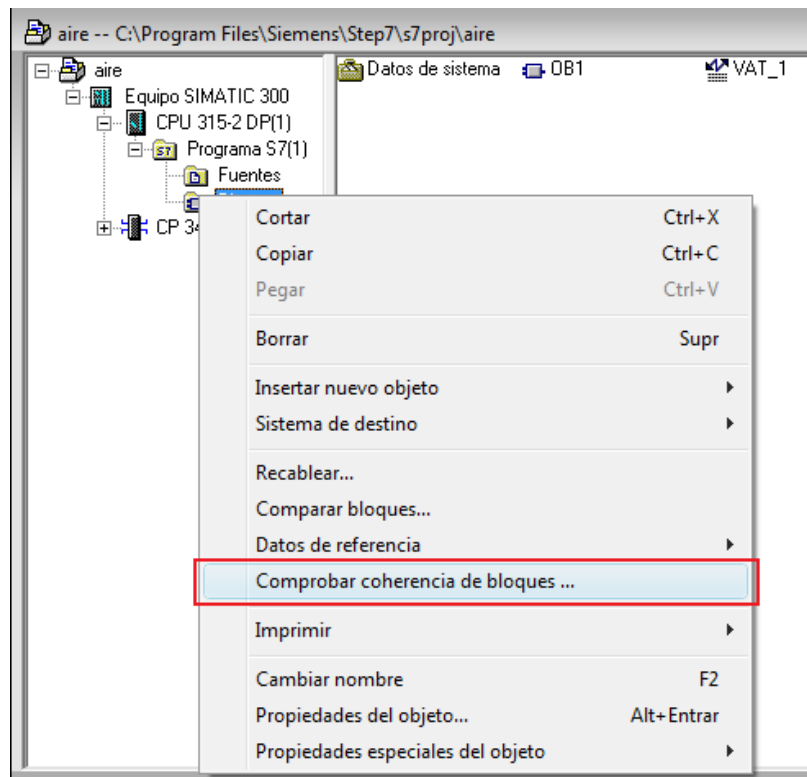
### 3.4.5 Comprobación del programa

La depuración del programa se puede realizar de dos maneras:

- Prueba de escritorio.
- Programa cargado en el PLC (Modo *Online*).

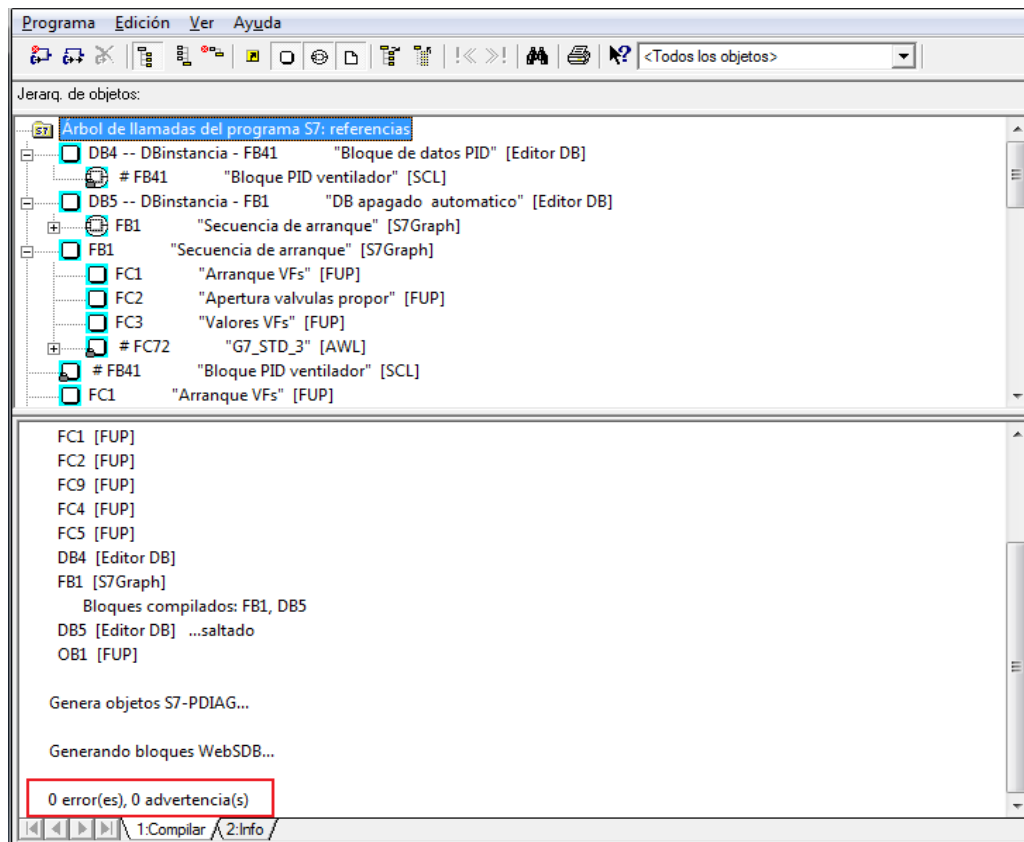
Además de estas formas, STEP 7 cuenta con la opción de comprobación de coherencia de bloques, figura 38 , la cual se ocupa de conflictos relacionados con los objetos llamantes y llamados, o de los bloques de referencia, problemas que generan un gran esfuerzo de corrección por parte del programador. Sin embargo, los resultados arrojados por la compilación, figura 39, no indican si la programación es correcta o errónea, para eso deben ser utilizados los métodos mencionados anteriormente.

**Figura 38 Comprobación de coherencia**



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 39 Resultados de la comprobación de coherencia.



Fuente: Autor del proyecto.

## 4. INTERFAZ HOMBRE MAQUINA – HMI

### 4.1 Comunicaciones

Gran parte de los procesos industriales requieren visualización para la supervisión y control del mismo. Para poder realizar estas operaciones con el modulo de aire acondicionado de la Universidad pontificia bolivariana, fue necesaria la implementación de un puente entre el PLC y el aparato de visualización, que en este caso se trata de un computador, y el rol del puente, es tomado por un servidor DDE.

#### 4.1.1 Protocolo DDE

El protocolo de intercambio dinámico de datos DDE (*Dynamic Data Exchange*) es uno de los métodos de comunicación entre procesos que permite intercambiar datos entre aplicaciones de Windows. El protocolo DDE está basado en el sistema de mensajería construido por Windows. Así, dos programas de aplicación bajo Windows tal como se muestra en la figura 40 realizan una “conversación DDE” enviándose mensajes entre ellos. Estos dos programas se conocen como el servidor y el cliente. Un servidor DDE es el programa que tiene acceso a los datos que pueden ser útiles a otros programas. El cliente DDE es el programa que obtiene estos datos desde el servidor.

Figura 40 Diagrama de Conversación DDE



Fuente: [12]

Una conversación DDE se inicia con el programa que actúa como cliente, éste transfiere un mensaje a todos los programas que se están ejecutando en ese momento en Windows. Dicho mensaje indica una categoría general de datos que el cliente necesita. Un servidor DDE que posee dichos datos puede responder a este mensaje, en ese instante comienza la conversación. Un único programa puede ser cliente para un programa, y servidor para otro, pero esto requiere dos conversaciones DDE distintas. Un servidor puede entregar datos a múltiples clientes y un cliente puede obtener datos desde múltiples servidores, pero esto requiere múltiples conversaciones DDE.

En comunicaciones de TCP/IP, las aplicaciones abren una línea de comunicación y entonces transfieren datos crudos. Un cliente de DDE comienza una conversación con otra aplicación (un servidor de DDE) enviando un mensaje de conexión. Después de establecer una conexión, el cliente puede enviar órdenes o datos al servidor y a cambio puede pedir el valor de datos que el servidor maneja. Cuando la comunicación DDE es completada, el cliente envía un mensaje de cerrar la conversación al servidor. [12]

#### **4.1.2 Servidor DDE**

Para este proyecto fue utilizado el servidor DDE de INAT en su versión para red Ethernet, figura 41.

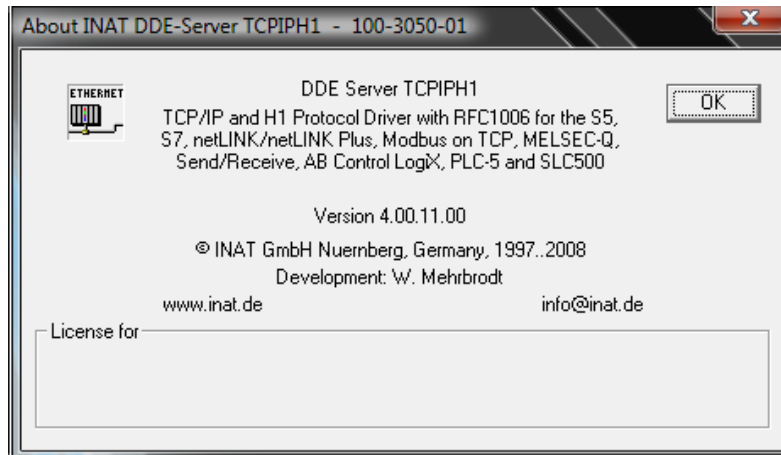
El servidor DDE permite ser configurado para los siguientes protocolos:

- S7
- S5
- Modbus
- netLINK
- CLX
- PLC-5/SLC500
- MELSEC-Q



El PLC S7-300 utiliza el protocolo S7, para el cual es necesario ingresar la dirección IP del mismo en el servidor DDE, figura 42.

**Figura 41 INAT DDE Server – Ethernet**



Fuente: Autor del proyecto.

Este servidor puede ser utilizado con o sin licencia, teniendo como única restricción para la versión sin licencia el cierre del programa luego de 72 horas de uso continuo.

Para la solicitud de un dato a través del servidor DDE, es necesario definir el nombre del TEMA (*Topic*) y el ítem al cual se desea acceder. Para acceder a los datos desde Microsoft Office Excel se debe colocar en una celda lo siguiente:

**=TCPIPH1|'S7300'|'A0.2'**

Donde:

- TCPIPH1, es el nombre del ejecutable del servidor DDE.
- S7300, el nombre del *Topic*.
- A0.2, es el ítem del cual se desea la información.

Para enviar datos se recurre al siguiente macro:

```
Dim cont1 As Long
```

```
cont1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
```

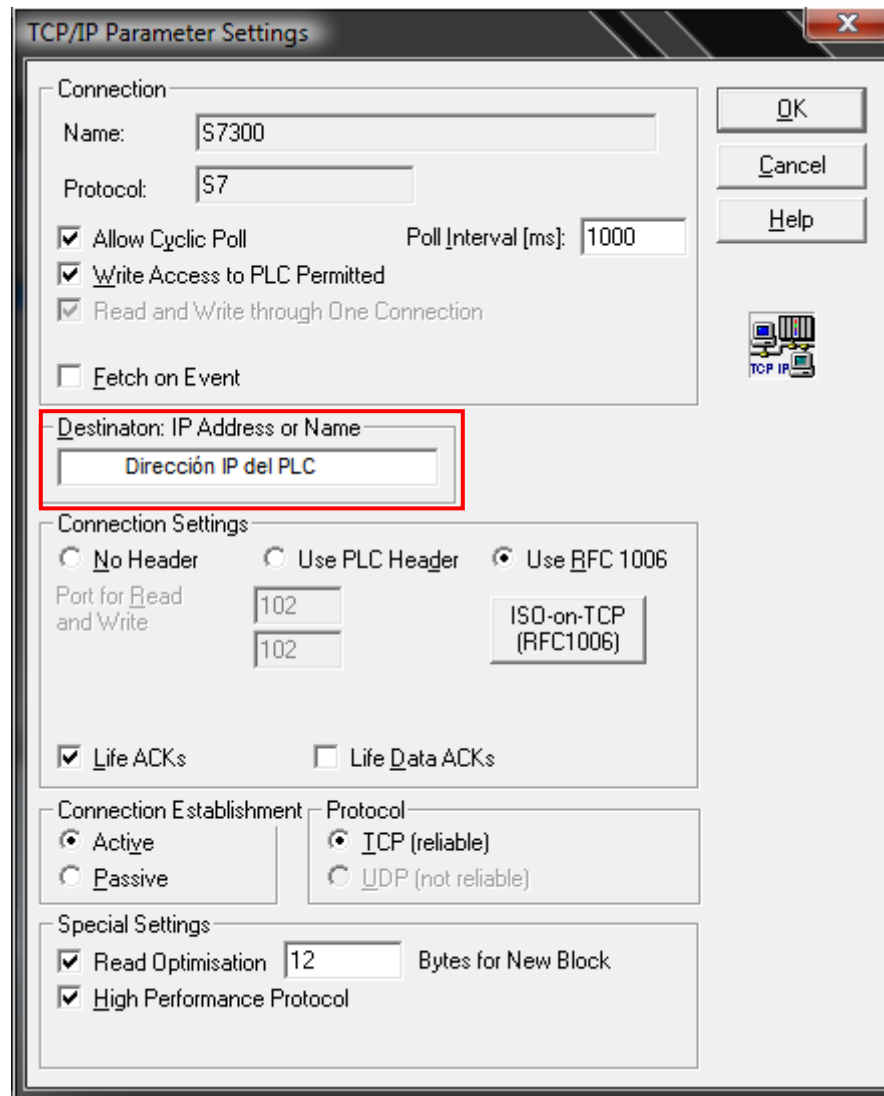
```
DDEPoke cont1, "M1.3", Worksheets("Datos").Range("c34")
```

```
DDETerminate (cont1)
```

Donde:

- La primera línea de código dimensiona “cont1”.
- La segunda línea de código define la función que rige a “cont1”. En esta función, se inicia la conversación con el servidor DDE a través del comando DDEInitiate, posteriormente se define el nombre ejecutable del servidor DDE y el *Topic*.
- La tercera línea de código es la encargada de enviar el dato al PLC aplicando el comando DDEPoke, que precisa del ítem al cual va a enviar el valor especificado, valor definido en un rango de celda.
- La cuarta línea de código termina la conexión con el servidor por medio del comando DDETerminate.

Figura 42 Configuración del servidor DDE.



Fuente: Autor del proyecto.

## 4.2 Desarrollo de la interfaz

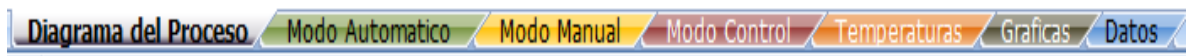
Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrollo el esquema de comunicaciones del sistema representado en la figura 43.



- Diagrama del proceso.
- Modo Automático.
- Modo Manual.
- Modo Control.
- Temperaturas.
- Graficas.

Aparte de estas secciones, se encuentra una más en estado oculto donde se hallan los datos y cálculos, que por conveniencia, el usuario no tiene acceso.

**Figura 45 Secciones de la interfaz.**



Fuente: Autor del proyecto.

**EL MANUAL DE OPERACIÓN DEL MODULO DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, SECCIONAL BUCARAMANGA** cuenta las instrucciones de activación paso a paso de cada uno de los modos de operación dentro de la HMI.

#### **4.2.1 Sección 1: Diagrama del proceso**

En esta sección se encuentra el resumen general del sistema, una tabla de estado de cada uno de los componentes, temperaturas, esquemas y dos botones, uno para apagar el sistema y otro de parada de emergencia, figura 46.

La activación de cualquiera de las opciones, aparte de las referentes a la visualización, están condicionadas por el ingreso de las contraseñas, propias de



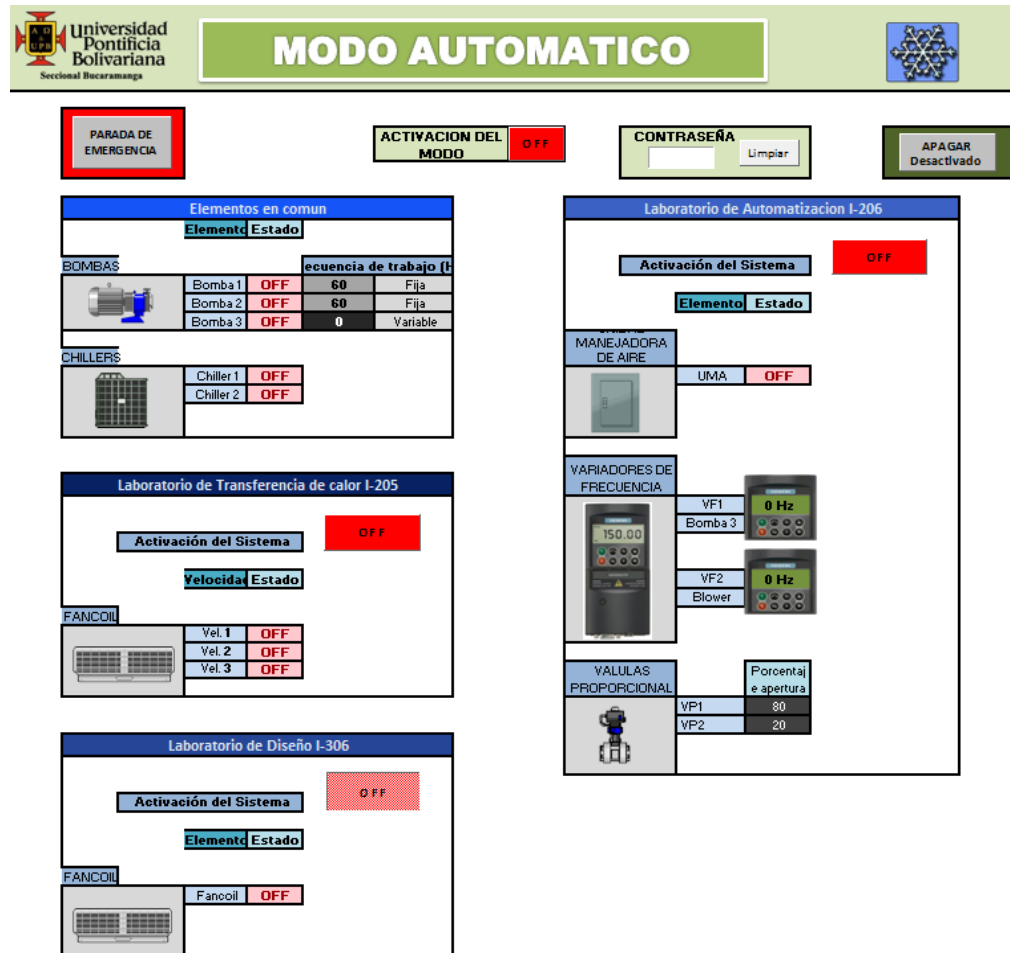
- Laboratorio de automatización.

Además, están presentes botones encargados de controlar el funcionamiento del modo.

La activación del modo y cualquiera de las opciones, aparte de las referentes a la visualización, están condicionadas por el ingreso de las contraseñas, propias de cada área, es decir, cada laboratorio posee una única contraseña. Para la parada de emergencia es requerida otra contraseña independiente a los laboratorios.

Las contraseñas se encuentran especificadas en el **MANUAL DE OPERACIÓN DEL MODULO DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, SECCIONAL BUCARAMANGA.**

Figura 47 Sección de modo automático



Fuente: Autor del proyecto.

### 4.2.3 Sección 3: Modo Manual

En esta hoja se encuentran todos los datos referentes al modo manual, figura 48, regido por la programación establecida en el ítem 3.4.4.2. A su vez, esta sección posee sub-secciones, en las que están distribuidas las áreas operacionales del sistema, que posibilitan la supervisión del estado en que se encuentran los componentes de las áreas:

- Elementos en común.
- Laboratorio de transferencia de calor.
- Laboratorio de diseño.



- Laboratorio de automatización.


Además, están presentes botones encargados de controlar el funcionamiento del modo, y, cuatros celdas dispuestas para el ingreso de los valores de:

- Variador de frecuencia 1.
- Variador de frecuencia 2.
- Válvula proporcional 1.
- Válvula proporcional 2.


La activación del modo y cualquiera de las opciones, aparte de las referentes a la visualización, están condicionadas por el ingreso de las contraseñas, propias de cada área, es decir, cada laboratorio posee una única contraseña. Para la parada de emergencia es requerida otra contraseña independiente a los laboratorios.

Las contraseñas se encuentran especificadas en el **MANUAL DE OPERACIÓN DEL MÓDULO DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, SECCIONAL BUCARAMANGA.**

Figura 48 Sección de modo manual.



# MODO MANUAL



Para el correcto funcionamiento del modulo de aire acondicionado, es necesario encender los elementos en comun.  
 Los elementos Bomba 1 y Bomba 2, estan directamente ligados con sus correspondientes en los Chillers, es decir:  
 Bomba 1 → Chiller 1      Bomba 2 → Chiller 2  
 Por lo que la activación de las bombas, predispone la funcionabilidad de los chillers.

PARADA DE EMERGENCIA

ACTIVACION DEL MODO ON

CONTRASEÑA

\*\*\*\*\* Limpiar

APAGAR Desactivado

Elementos en comun

Elemento	Estado
BOMBAS	
Bomba 1	OFF
Bomba 2	OFF
Bomba 3	OFF
CHILLERS	
Chiller 1	OFF
Chiller 2	OFF

Laboratorio de Transferencia de calor I-205

Activación del Sistema OFF

Velocidad	Estado
FANCOIL	
Vel. 1	OFF
Vel. 2	OFF
Vel. 3	OFF

Laboratorio de Diseño I-306

Activación del Sistema OFF

Elemento	Estado
FANCOIL	
Fancoil	OFF

Laboratorio de Automatizacion I-206

Activación del Sistema ON

Elemento	Estado
UNIDAD MANEJADORA DE AIRE	
UMA	ON
VARIABLES DE FRECUENCIA	
VF1	0 Hz
Bomba 3	0 Hz
VF2	0 Hz
Blower	0 Hz
VALVULAS PROPORCIONALES	
	Porcentaje apertura
VP1	0 <span style="background-color: blue; color: white; padding: 2px 5px;">ENVIAR</span>
VP2	0 <span style="background-color: blue; color: white; padding: 2px 5px;">ENVIAR</span>

Fuente: Autor del proyecto.

#### 4.2.4 Sección 4: Modo Control

En esta hoja se encuentran todos los datos referentes al modo control, figura 48, regido por la programación establecida en el ítem 3.4.4.2. A su vez, esta sección posee sub-secciones, figura 49, en las que están distribuidas las áreas operacionales del sistema, que posibilitan la supervisión del estado en que se encuentran los componentes de las áreas:

- Elementos en común.
- Laboratorio de transferencia de calor.
- Laboratorio de diseño.
- Laboratorio de automatización.

Además, están presentes botones encargados de controlar el funcionamiento del modo, y, otra sub-sección en la que están ubicadas las opciones para la sintonización del PID que aparecen en la tabla 35 y presentados en la HMI como muestra la figura 50.

Tabla 35 Parámetros PID en la HMI.

<b>BOTON</b>	<b>CELDA</b>
Activar modo manual	Valor modo manual
	Ganancia
	Tiempo de integración
Acción Proporcional	Tiempo de Derivación
	Tiempo de muestreo
Acción Integrativa	Límite superior
	Límite inferior
Acción Derivativa	Set point
	Temperatura censada
	Valor del variador de frecuencia 2

Fuente: Autor del proyecto.

La activación del modo y cualquiera de las opciones, aparte de las referentes a la visualización, están condicionadas por el ingreso de las contraseñas, propias de cada área, es decir, cada laboratorio posee una única contraseña. Para la parada de emergencia es requerida otra contraseña independiente a los laboratorios.

Las contraseñas se encuentran especificadas en el **MANUAL DE OPERACIÓN DEL MODULO DE AIRE ACONDICIONADO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA, SECCIONAL BUCARAMANGA.**

Figura 49 Sección de modo control.

Los sistemas de los laboratorios de Transferencia y Diseño, son regidos bajo valores preestablecidos:  
 Fancoil del laboratorio de diseño: ON  
 Fancoil del laboratorio de transferencia: Velocidad 2  
 El laboratorio de Automatización y control trabaja con un control de lazo cerrado tipo PID.

**PARADA DE EMERGENCIA**

**ACTIVACION DEL MODO** OFF

**CONTRASEÑA** Limpiar

**APAGAR** Desactivado

**Elementos en comun**

Elemento	Estado	Frecuencia de trabajo (Hz)	Control
<b>BOMBAS</b>			
Bomba 1	OFF	60	Fija
Bomba 2	OFF	60	Fija
Bomba 3	OFF	0	Variable
<b>CHILLERS</b>			
Chiller 1	OFF		
Chiller 2	OFF		

**Laboratorio de Transferencia de calor I-205**

Activación del Sistema: OFF

Velocidad	Estado
Vel. 1	OFF
Vel. 2	ON
Vel. 3	OFF

**Laboratorio de Diseño I-306**

Activación del Sistema: OFF

Elemento	Estado
Fancoil	OFF

**Laboratorio de Automatización I-206**

Activación del Sistema: OFF

**MANEJADORA DE AIRE**

Elemento	Estado
UMA	OFF

**VARIADORES DE FRECUENCIA**

Variable	Valor
VF1 Bomba 3	0
VF2 Blower	0

**PROPORCIONALES**

Variable	Porcentaje apertura
VP1	80
VP2	20

Fuente: Autor del proyecto.

Figura 50 Parámetros del PID en la HMI

PARAMETROS DEL PID	
Activar valor manual <b>OFF</b>	Tiempo de muestreo 5 ENVIAR
Valor modo manual ENVIAR	Límite superior 40 ENVIAR
Acción Proporcional <b>OFF</b>	Límite inferior 0 ENVIAR
Ganancia -2 ENVIAR	Set Point 0 ENVIAR
Acción Integrativa <b>OFF</b>	Temperatura sensada 23,72799683
Tiempo de Integración 3 ENVIAR	Valor del VF2 0
Acción Derivativa <b>OFF</b>	Señal de Error -23,72799683
Tiempo de Derivación 4 ENVIAR	

### INSTRUCCIONES PARA LA SINTONIZACIÓN DEL PID

- Ajustar los siguientes valores:  
Límite superior: 40 Hz  
Límite inferior: 0 Hz  
Estos valores controlaran que el actuador (Variador de frecuencia 2) no sobrepase estos valores.
  - Insertar el valor del set point.
  - Asignar el tiempo de muestreo.
  - Activar la acción proporcional.
  - Introducir el valor de la ganancia. Nota: EL VALOR DE LA GANACIA DEBE SER NEGATIVO, puesto que es un proceso de enfriamiento.
  - Activar la acción integrativa.
  - Introducir el tiempo de integración.
  - Opcional. Activar la acción derivativa.
  - Opcional. Introducir el tiempo de derivación.
- NOTA:** En caso de que se quiera dar un valor específico al actuador (Variador de frecuencia 2), proseguir con los siguientes pasos:
- Insertar la frecuencia en Valor modo manual. Nota: este no puede superar los 45 Hz.
  - Accionar Activar modo manual.

Gráfica del comportamiento del PID en la hoja "Gráficas".

Fuente: Autor del proyecto.

## 4.2.5 Sección 5: Temperaturas

La sección de temperaturas presenta en su correspondiente hoja, los valores de las temperaturas del sistema de la manera que ilustra la figura 51.

Figura 51 Sección de temperaturas



Temperaturas en Grados Centígrados [°C]								
Temperatura Chiller 1	Temperatura Chiller 2	Temperatura Ducto Retorno	Temperatura Ducto Suministro	Temperatura agua de retorno	Temperatura agua retorno UMA-S1	Temperatura agua retorno UMA-S2	Temperatura agua retorno Fancoil 1	Temperatura agua suministro Fancoil 2
12,20342827	11,89098549	23,62999725	15,66399384	12,51594353	12,89093399	12,26602173	20,03198814	16,40686607

Fuente: Autor del proyecto.

Esta sección solo está dispuesta para la visualización de datos, por lo cual no tiene asignada ninguna celda de escritura o botón de mando, por ende, no es necesaria una contraseña para acceder a los datos de esta sección.

#### 4.2.6 Sección 6: Graficas

Para esta sección fueron dispuestos los botones presentes en la tabla 36.

**Tabla 36 Relación de las graficas con los botones de activación**

<b>BOTON</b>	<b>GRAFICA</b>
PID	Set point vs. Temperatura censada vs. Valor del variador de frecuencia 2 vs. Tiempo.
TT1	Sensor de temperatura del agua suministrada por el Chiller 2 vs. Tiempo.
TT2	Sensor de temperatura del agua suministrada por el Chiller 1 vs. Tiempo.
TT3	Sensor de temperatura del ducto de retorno vs. Tiempo.
TT4	Sensor de temperatura del ducto de suministro vs. Tiempo
TS1	Sensor de temperatura del agua de retorno vs. Tiempo
TS2	Sensor de temperatura del agua de retorno del serpentín 1 vs. Tiempo.
TS3	Sensor de temperatura del agua de retorno del serpentín 2 vs. Tiempo.
TS4	Sensor de temperatura del agua de retorno del fancoil del laboratorio de transferencia de calor vs. Tiempo.
TS5	Sensor de temperatura del agua de suministro del fancoil del laboratorio de diseño vs. Tiempo.

Fuente: Autor del proyecto.

Los botones se hallan apostados en la forma que exhibe la figura 52. A parte, fueron incluidos tres botones que controlan los parámetros de graficación, y, una celda dispuesta para insertar el tiempo (en segundos) de las muestras.

Los botones de control de la graficación son:

- Inicio.
- Finalizar.
- Cerrar todas las graficas.

Figura 52 Sección de graficas.

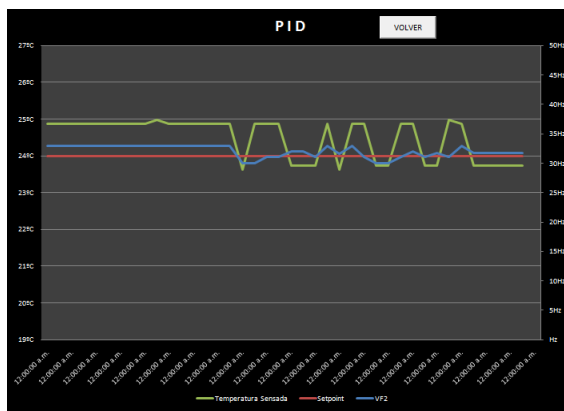


Fuente: Autor del proyecto.

Cada una de las graficas cuenta con una hoja, figuras 53 a 62, que en estado normal se encuentran ocultas. Las hojas de las graficas poseen cada una un botón de para volver a la sección principal de las graficas, que a la vez, regresa la hoja a su estado oculto.

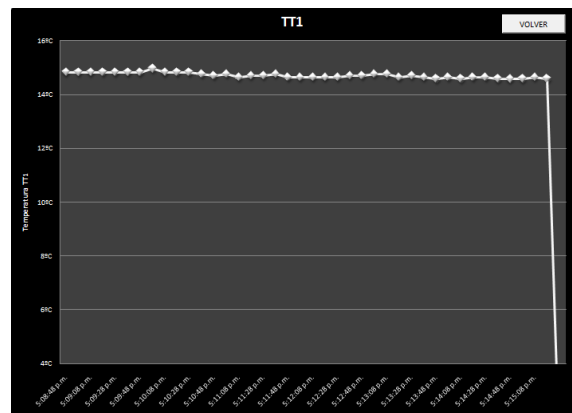
Para la visualización y habilitación de las graficas no es necesario ingresar contraseña alguna.

**Figura 53 Grafica del PID.**



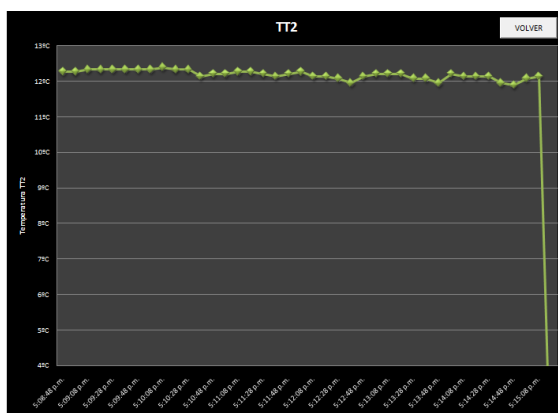
Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 54 Grafica del Transmisor de temperatura 1.**



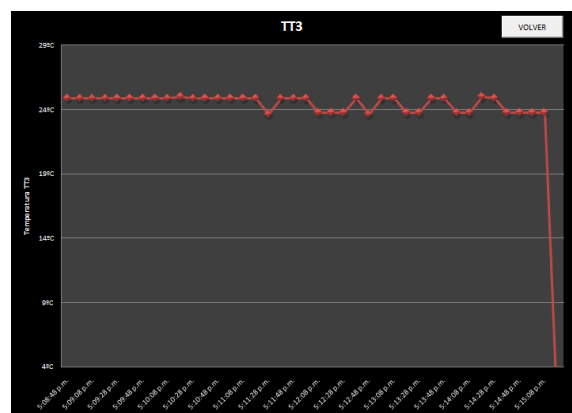
Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 55 Grafica del Transmisor de temperatura 2**



Fuente: Autor del proyecto.

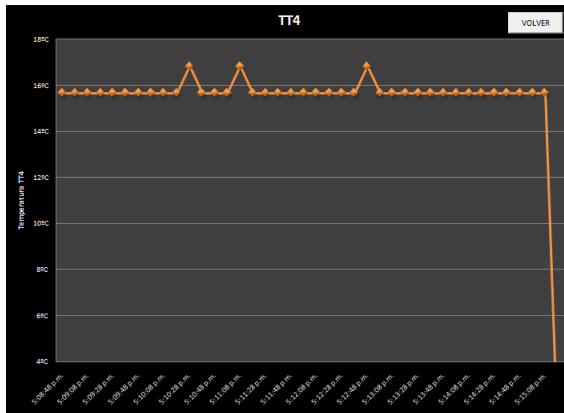
**Figura 56 Grafica del Transmisor de temperatura 3.**



Fuente: Autor del proyecto.

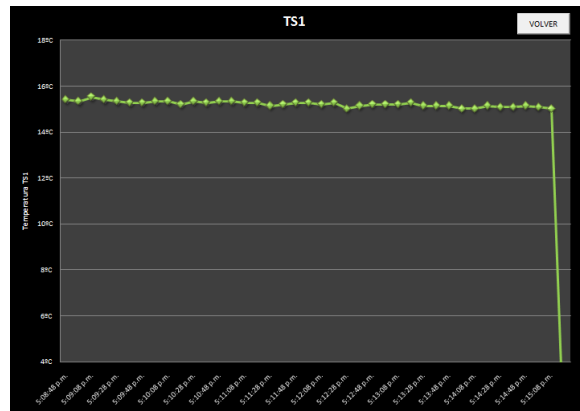


**Figura 57 Grafica del Transmisor de temperatura 4.**



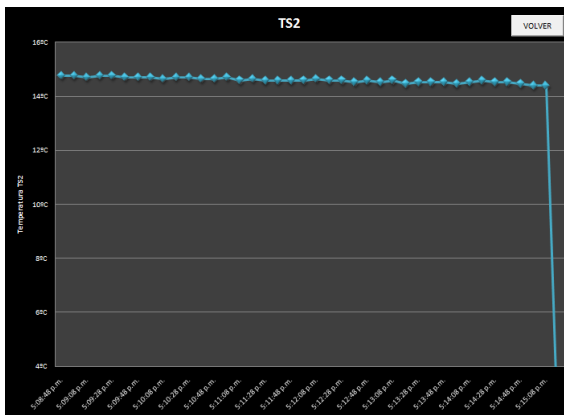
Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 58 Grafica Sensor de temperatura 1.**



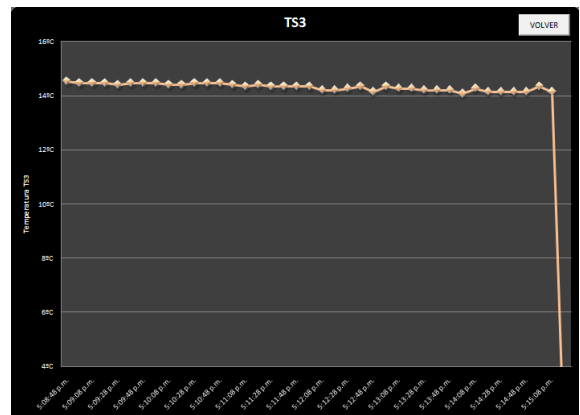
Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 59 Grafica Sensor de temperatura 2**



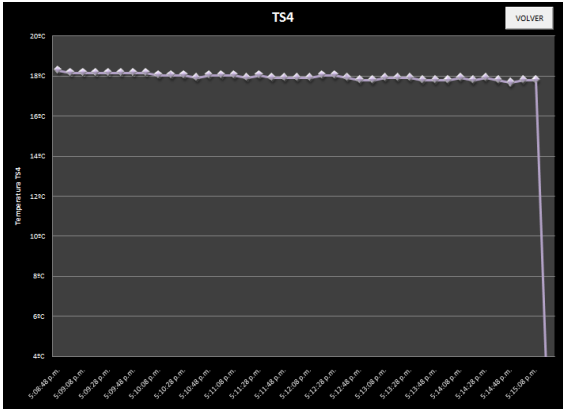
Fuente: Autor del proyecto.

**Figura 60 Grafica Sensor de temperatura 3**



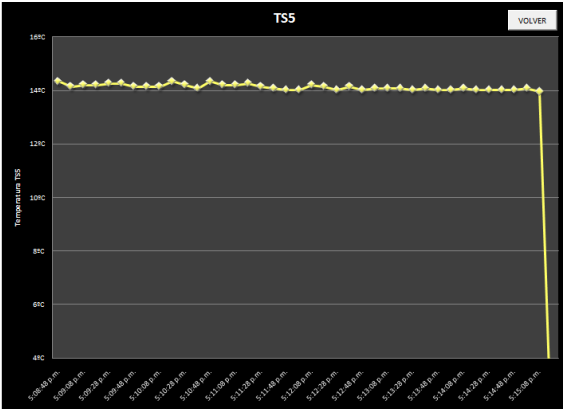
Fuente: Autor del proyecto.

Figura 61 Grafica Sensor de temperatura 4



Fuente: Autor del proyecto.

Figura 62 Grafica Sensor de temperatura 5

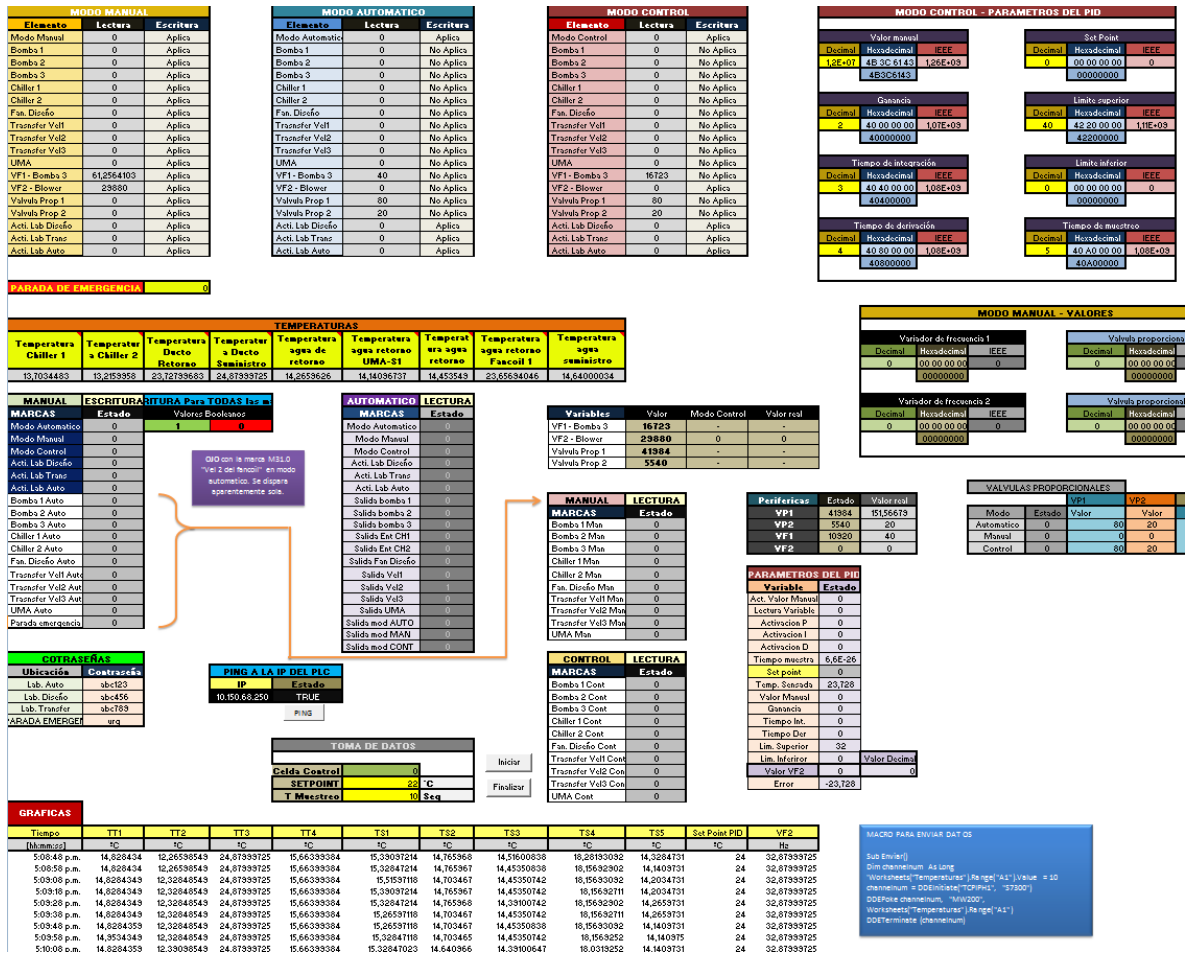


Fuente: Autor del proyecto.

**4.2.7 Sección 6: Datos**

En esta sección está almacenada la información que es obtenida de la comunicación del servidor DDE con el PLC, figura 63.

Figura 63 Sección de datos



Fuente: Autor del proyecto.

Los datos de cada uno de los modos junto con los elementos que se activan en dicho modo operacional, son llamados desde las demás secciones a partir de esta.

Por cuestiones de seguridad y conveniencia, esta sección está deshabilitada para el usuario, tanto visualización como manipulación.

#### 4.2.8 Ventanas

El cuadro presentado en la figura 64 es el encargado de dar la bienvenida para el usuario, mostrando además, el autor del proyecto.

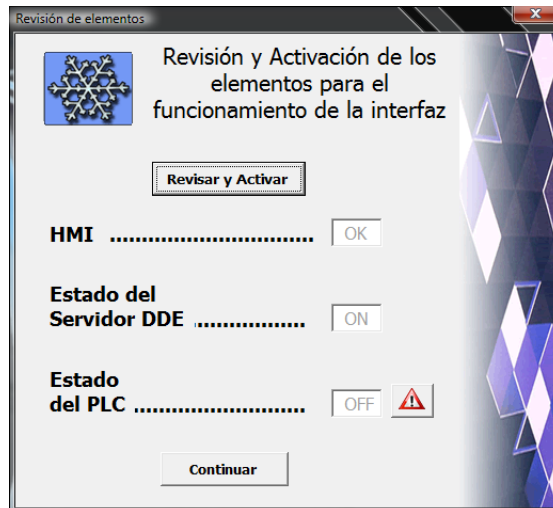
**Figura 64 Cuadro de bienvenida**



Fuente: Autor del proyecto.

Al presionar el botón “Continuar” del cuadro de bienvenida, esta ventana desaparece y da paso a una nueva, figura 65. Esta nueva ventana es la encargada de revisar y activar las conexiones del sistema entre el la HMI, el servidor DDE y PLC, por medio de un chequeo del encendido de cada uno de estos componentes.

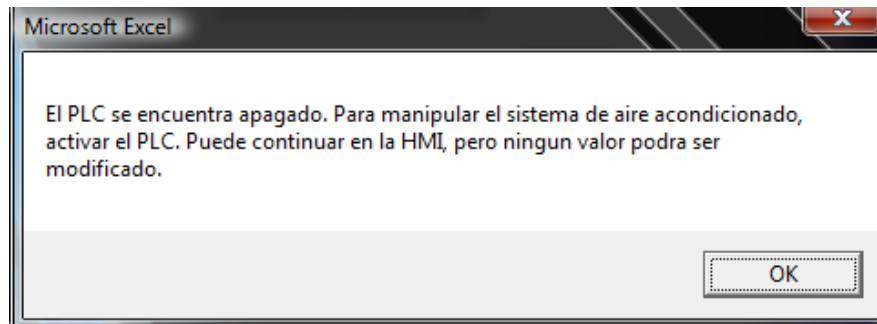
**Figura 65 Revisión de elementos.**



Fuente: Autor del proyecto.

El icono de advertencia que aparece junto a la casilla de comprobación del estado del PLC aparece al encontrarse este componente apagado. Este símbolo abre una caja de mensaje, figura 66, en la que se presentan unas cortas indicaciones sobre el funcionamiento de la interfaz con respecto al estado del PLC.

**Figura 66 Caja de texto de advertencia del PLC.**



Fuente: Autor del proyecto.

## 5. CONCLUSIONES

- Se adaptó cada uno de los componentes del módulo, partes mecánicas y electrónicas, para obtener un sistema automatizado cuyo funcionamiento es controlado por las instrucciones dadas por la programación del PLC.
- Se construyó la programación con el software STEP 7 para el PLC; que permite encender, apagar y controlar el modulo de aire acondicionado del laboratorio de automatización y control de la Universidad Pontificia Bolivariana.
- Fue habilitado el uso de la red Ethernet interna de la Universidad Pontificia Bolivariana para la proporcionar la comunicación entre el PLC y la HMI desde cualquier punto de la institución con acceso a esta red.
- De acuerdo con las necesidades y planteamientos del proyecto, fue desarrollada la interfaz hombre maquina (*HMI*) en la plataforma de Microsoft Office Excel 2007, que permite la completa supervisión y manipulación del sistema en diferentes modos de operacionales, al variar los parámetros de funcionamiento del sistema.
- Fue desarrollado el manual de operación que lleva por título “*Manual de operación del modulo de aire acondicionado del laboratorio de automatización y control de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga*”, el cual especifica las instrucciones a seguir paso a paso para la activación, desactivación, control y monitoreo del sistema.
- El uso de un servidor DDE brinda una herramienta que facilita el intercambio de datos entre el PLC y el PC, además, no tener limitantes de

licencia lo consolida como un instrumento ideal para aplicaciones académicas.

- El aprovechamiento en un mayor nivel de complejidad de Excel en conjunto con el servidor DDE, como herramientas para la visualización, manipulación y control de procesos, ofrece una solución para las aplicaciones académicas de procesos automatizados en la Universidad Pontificia Bolivariana por el no requerimiento de licencias.

## 6. RECOMENDACIONES

Para el completo y correcto funcionamiento del módulo de aire acondicionado se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Al momento de arrancar el sistema contar con la presencia de personal capacitado y familiarizado con el funcionamiento y comportamiento del sistema.
- Seguir las indicaciones planteadas en el Manual de operación del módulo de aire acondicionado del laboratorio de automatización y control de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.
- Tener en cuenta las condiciones de habilitación y dehabilitación de cada uno de los componentes, y, los planteamientos de seguridad contemplados en la sección 3.3.3.
- Al trabajar con la HMI:
  - Cerciorarse del correcto funcionamiento de los componentes que van ligado a esta: PLC y Servidor DDE.
  - Activar o manipular una variable a la vez.
- Utilizar la herramienta Excel en conjunto con el servidor DDE de INAT, para la visualización, manipulación y control de procesos automatizados, puesto que no se presentan limitantes de licencias.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ROMERA, J. Pedro., LORITE, J. Antonio., MONTORO, Sebastian. Automatización, problemas resueltos con autómatas programables. Paraninfo.1996.
- [2] KUO, Benjamin C. Sistemas de control automático. Séptima edición. *University of Illinois at Urbana-Champaign, USA*. Prentice Hall, 1996.
- [3] OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Tercera edición. *University of Minnesota, USA*. Prentice Hall, 1998.
- [4] ROLLE, Kurt C. Termodinámica. Sexta edición. Mexico, Prentice Hall, 2006.
- [5] CENGEL, Yunus., BOLES, Michael. Termodinámica. Sexta edición. *University of Nevada y North Carolina State University, USA*. Mc Graw Hill, 2009.
- [6] DOSSAT, Roy. Principios de Refrigeración. Mexico, Compañía Continental, 2004
- [7] DUARTE Orduz, Hernan Dario. Comisión del módulo de aire acondicionado del laboratorio de automatización y control. Tesis (Ingeniero Mecánico). Bucaramanga, Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. 2008.
- [8] Programar con STEP 7 – Manual – Simatic – Siemens. Edición 03 de 2006.
- [9] STEP 7 V5.2 Introducción y ejercicios prácticos – Manual – Simatic – Siemens. Edición 12 de 2002.
- [10] Módulos de Datos y Tipos de datos; Automatización Industrial. [En línea]. Disponible en:  
[http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material\\_asignaturas/Fundamentos%20de%20Automatizaci%F3n%20Industrial/Aut%F3matas%20Programables/M%F3dulos%20de%20Datos%20y%20Tipos%20de%20Datos.pdf](http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/ftp/material_asignaturas/Fundamentos%20de%20Automatizaci%F3n%20Industrial/Aut%F3matas%20Programables/M%F3dulos%20de%20Datos%20y%20Tipos%20de%20Datos.pdf) [2009, 1 de Septiembre].
- [11] S7-300 – Sistema de automatización S7-300 – Datos de los módulos – Manual – Simatic – Siemens. Edición 8 de 2009.

- [12] MOUSALLI Kayat, Gloria., CALDERÓN Vielma, Jesús., RÍOS Bolívar, Addison., RIVAS Echeverría, Francklin. Herramienta para la enseñanza de Detección y Diagnóstico de fallas en Procesos Industriales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

## **ANEXO A**

### **Tabla de símbolos**

**Propiedades de la tabla de símbolos**

Nombre: Símbolos  
 Autor:  
 Comentario:  
 Fecha de creación: 07/12/2009 17:07:40  
 Última modificación: 10/04/2010 22:18:23  
 Último criterio de filtrado: Todos los símbolos  
 Cantidad de símbolos: 151/151  
 Última ordenación: Dirección ascendente

Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
	Bomba1	A 0.0	BOOL	Activacion de la Bomba 1
	Bomba2	A 0.1	BOOL	Activacion de la Bomba 2
	Bomba3	A 0.2	BOOL	Activacion de la Bomba 3 - Variador de Frecuencia 1
	Vel_3	A 0.3	BOOL	Velocidad 3 del fancoil del Laboratorio de Transferencia
	Vel_2	A 0.4	BOOL	Velocidad 2 del fancoil del Laboratorio de Transferencia
	Vel_1	A 0.5	BOOL	Velocidad 1 del fancoil del Laboratorio de Transferencia
	Fancoil diseño	A 0.6	BOOL	Fancoil del Laboratorio de Diseño
	UMA	A 0.7	BOOL	Activacion de la UMA del Laboratorio de Automatizacion - Variador de Frecuecia 2
	Chiller 1	A 4.0	BOOL	Activacion del Chiller 1
	Chiller 2	A 4.1	BOOL	Activacion del Chiller 2
	Bloque de datos PID	DB 4	FB 41	Bloque de datos del PID del ventilador
	Lab Auto	E 0.0	BOOL	Pulsador Laboratorio de Automatizacion
	Lab Trans	E 0.1	BOOL	Pulsador Laboratorio de Transferencia
	Lab Dise	E 0.2	BOOL	Pulsador Laboratorio de Diseño
	MODO - Automatico	E 0.4	BOOL	ACTIVACION DEL MODO AUTOMATICO
	MODO - Manual	E 0.5	BOOL	ACTIVACION DEL MODO MANUAL
	MODO - Control	E 0.6	BOOL	ACTIVACION DEL MODO CONTROL
	Apagar	E 0.7	BOOL	Apagado del sistema
	Entrada Chiller 1	E 4.0	BOOL	Señal de entrada para activar el Chiller 1
	Entrada Chiller 2	E 4.1	BOOL	Señal de entrada para activar el Chiller 2
	Parada de emergencia	E 4.7	BOOL	Activacion de Parada de emergencia
	Secuencia de arranque	FB 1	FB 1	Secuencia de arranque en GRAFCET - Modo automatico
	Secuencia Lab-auto	FB 2	FB 2	Secuencia para Lab Auto en GRAFCET - Modo automatico
	Secuencia de apagado	FB 3	FB 3	Secuencia de apagado del sistema
	Bloque PID ventilador	FB 41	FB 41	Bloque de control por PID de la velocidad del ventilador
	Arranque VFs	FC 1	FC 1	Funcion para arrancar los VFs y setearlos en 0
	Apertura valvulas propor	FC 2	FC 2	Apertura de las valvulas proporcionales
	Valores VFs	FC 3	FC 3	Valores para los variadores de frecuencia
	Temperaturas RTDs	FC 4	FC 4	Operacion para obtener las temperaturas que sensan las RTDs
	Temperaturas TTs	FC 5	FC 5	Operacion para obtener las temperaturas que sensan los TTs
	Control Chillers	FC 6	FC 6	Control de temperatura para el encendido y apgado de los Chillers
	Modo Manual	FC 7	FC 7	Bloque para encender elementos en Modo Manual
	Valor VF-MODO CONTROL	FC 8	FC 8	Valor del VF1 para el MODO CONTROL
	Manejo de los VFs	FC 9	FC 9	Valores para el funcionamiento de los VFs
	G7_STD_3	FC 72	FC 72	Sistema de tiempo de ejecución de una cadena secuencial S7-GRAPH
	Marca Modo-AUTO	M 1.1	BOOL	Marca activacion MODO AUTOMATICO
	Marca Modo-MANUAL	M 1.2	BOOL	Marca activacion MODO MANUAL
	Marca Modo-CONTROL	M 1.3	BOOL	Marca activacion MODO CONTROL
	Marca LAB AUTO	M 1.4	BOOL	Marca Laboratorio de Automatizacion
	Marca LAB TRANS	M 1.5	BOOL	Marca Laboratorio de Transferencia de Calor
	Marca LAB DISEÑO	M 1.6	BOOL	Marca Laboratorio de Diseño
	Marca APAGAR	M 3.0	BOOL	Marca para APAGAR el sistema

Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
	Marca PARADA EMERGENCIA	M 4.0	BOOL	Marca de PARADA DE EMERGENCIA
	Marca Salida Bomba1 AUT	M 30.1	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 1 modo automatico
	Marca Salida Bomba2 AUT	M 30.2	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 2 modo automatico
	Marca Salida Bomba3 AUT	M 30.3	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 3 modo automatico
	Marca Salida Ent CH1 AUT	M 30.4	BOOL	Marca de la salida para activar la entrada del CH1 modo automatico
	Marca Salida Ent CH2 AUT	M 30.5	BOOL	Marca de la salida para activar la entrada del CH2 modo automatico
	Marca Salida UMA AUT	M 30.6	BOOL	Marca de la salida para activar la UMA modo automatico
	Marca Salida Vel1 AUT	M 30.7	BOOL	Marca de la salida para activar de la Velocidad 1 modo automatico
	Marca Salida Vel2 AUT	M 41.0	BOOL	Marca de la salida para activar de la Velocidad 2 modo automatico
	Marca Salida Vel3 AUT	M 41.1	BOOL	Marca de la salida para activar de la Velocidad 3 modo automatico
	Marca Salida F Dise AUT	M 41.2	BOOL	Marca de la salida para activar del Fancoil del Lab de Diseño modo automatico
	Marca salida bomba1 CON	M 70.0	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 1 modo control
	Marca salida bomba2 CON	M 70.1	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 2 modo control
	Marca salida bomba3 CON	M 70.2	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 3 modo control
	Marca Salida Ent CH1 CON	M 70.3	BOOL	Marca de la salida para activar la entrada del CH1 modo control
	Marca Salida Ent CH2 CON	M 70.4	BOOL	Marca de la salida para activar la entrada del CH2 modo control
	Marca salida F Dise CON	M 70.5	BOOL	Marca de la salida para activar el Fancoil de Diseño modo control
	Marca salida vel2 CON	M 70.6	BOOL	Marca de la salida para activar la velocidad 2 modo control
	Marca Salida UMA CON	M 70.7	BOOL	Marca de la salida para activar la UMA modo control
	APAGAR SISTEMA	M 87.5	BOOL	Marca que activa la secuencia de apagado
	Marca valor manual PID	M 88.3	BOOL	Marca para activar el valor manual en el PID
	Marca lectura de var	M 88.4	BOOL	Lectura de la variable 1:PV_PER; 0:PV_IN
	Activar P	M 89.0	BOOL	Activa la funcion Proporcional
	Activar I	M 89.1	BOOL	Activa la funcion Integrativa
	Activar D	M 89.2	BOOL	Activa la funcion Derivativa
	Marca Salida UMA MAN	M 111.0	BOOL	Marca de la salida para activar la UMA modo manual
	Marca salida bomba1 MAN	M 111.1	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 1 modo manual
	Marca salida bomba2 MAN	M 111.2	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 2 modo manual
	Marca salida bomba3 MAN	M 111.3	BOOL	Marca de la salida para activar la Bomba 3 modo manual
	Marca salida vel1 MAN	M 111.4	BOOL	Marca de la salida para activar la velocidad 1 modo manual
	Marca salida vel2 MAN	M 111.5	BOOL	Marca de la salida para activar la velocidad 2 modo manual
	Marca salida vel3 MAN	M 111.6	BOOL	Marca de la salida para activar la velocidad 3 modo manual
	Marca salida F Dise MAN	M 111.7	BOOL	Marca de la salida para activar el Fancoil de Diseño modo manual
	Marca Salida Ent CH1 MAN	M 113.0	BOOL	Marca de la salida para activar la entrada del CH1 modo manual
	Marca Salida Ent CH2 MAN	M 113.1	BOOL	Marca de la salida para activar la entrada del CH2 modo manual
	Temperatura TS1	MD 5	REAL	Temperatura del agua de retorno
	Temperatura TS2	MD 7	REAL	Temperatura del agua de retorno UMA - Serpentin 1
	Temperatura TS3	MD 9	REAL	Temperatura del agua de retorno UMA - Serpentin 2
	Temperatura TS4	MD 11	REAL	Temperatura del agua de retorno Fancoil 1
	Temperatura TS5	MD 13	REAL	Temperatura del agua de suministro Fancoil 2
	Temperatura CH1	MD 15	REAL	Temperatura a la salida del Chiller 1
	Temperatura CH2	MD 17	REAL	Temperatura a la salida del Chiller 2

Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
	Temperatura ducto sum	MD 19	REAL	Temperatura del ducto de Suministro
	Temperatura CH-1	MD 23	REAL	
	Temperatura CH-2	MD 25	REAL	
	Temperatura ducto ret	MD 31	REAL	Temperatura del ducto de Retorno
	Set Point PID	MD 33	REAL	Set point de la temperatura del ducto de retorno para el control por PID
	Limite superior	MD 44	REAL	Valor maximo manipulado
	Limite inferior	MD 45	REAL	Valor minimo manipulado
	muestras	MD 60	TIME	
	Ganancia	MD 66	REAL	Valor de la ganancia
	Tiempo de integracion	MD 67	TIME	Tiempo de la integracion
	Tiempo derivacion	MD 68	TIME	Tiempo de la derivacion
	derivacion	MD 73	TIME	
	Valor manual	MD 87	REAL	Valor manual para el PID
	Tiempo de muestreo	MD 98	TIME	tiempo de toma de muestras
	Valor tipo DINT-vp1	MD 101	DINT	
	Valor tipo DINT-vp2	MD 103	DINT	
	valor tipo real-vp1	MD 111	REAL	
	valor tipo real-vp2	MD 113	REAL	
	valor tipo DINT-vf2	MD 121	DINT	
	valor tipo DINT-vf1	MD 123	DINT	
	valor tipo real-vf2	MD 131	REAL	
	valor tipo real-vf1	MD 133	REAL	
	Error	MD 138	REAL	Valor del error
	Set point	MD 155	REAL	Set point del PID
	Check Arranque de VFs	MW 1	WORD	Checkeo del arranque de los VFs
	Valor Apertura VP1	MW 2	INT	Valor de apertura de la Valvula Proporcional 1 - MODO MANUAL
	Valor Apertura VP2	MW 3	INT	Valor de apertura de la Valvula Proporcional 2 - MODO MANUAL
	Valor VF1	MW 4	INT	Valor asignado de frecuencia al VF1 - MODO MANUAL
	Valor VF2	MW 5	INT	Valor asignado de frecuencia al VF2 - MODO MANUAL
	Valor VP1	MW 15	INT	Valor que se envia a la valvula proporcional 1
	Valor VP2	MW 17	INT	Valor que se envia a la valvula proporcional 2
	VF1	MW 21	INT	Valor en que se envia al Variador de frecuencia 1
	VF2	MW 22	INT	Valor en que se envia al Variador de frecuencia 1
	test	MW 67	WORD	
	MarcaVP2	MW 98	INT	Valor enviado a la VP2
	MarcaVP1	MW 99	INT	Valor enviado a la VP1
	Cycle Execution	OB 1	OB 1	BLOQUE PRINCIPAL
	Arranque VF1	PAW 256	WORD	Palabra para el arranque del VF1
	Set point VF1	PAW 258	WORD	Palabra para el set point del VF1
	Arranque VF2	PAW 260	WORD	Palabra para el arranque del VF2
	Set point VF2	PAW 262	WORD	Palabra para el set point del VF2
	VP1	PAW 288	WORD	Valvula proporcional 1
	VP2	PAW 290	WORD	Valvula proporcional 2
	TT3	PEW 288	INT	Transmisor de temperatura 3 - Temp ducto Retorno
	TT4	PEW 294	INT	Transmisor de temperatura 4 - Temp ducto Suministro
	TT1	PEW 304	INT	Transmisor de temperatura 1 - Temp salida CH2
	TT2	PEW 306	INT	Transmisor de temperatura 2 - Temp salida CH1
	TS1	PEW 320	INT	Temperatura del agua de retorno
	TS2	PEW 322	INT	Temperatura del agua de retorno UMA - Serpentin 1
	TS3	PEW 324	INT	Temperatura del agua de retorno UMA - Serpentin 2
	TS4	PEW 326	INT	Temperatura del agua de retorno Fancoil 1
	TS5	PEW 328	INT	Temperatura del agua de suministro Fancoil 2
	ALARM_SQ	SFC 17	SFC 17	Generate Block-Related Messages with Acknowledgment

Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de datos	Comentario
	ALARM_S	SFC 18	SFC 18	Generate Permanently Acknowledged Block-Related Messages
	WR_USMSG	SFC 52	SFC 52	Write a User-Defined Diagnostic Event to the Diagnostic Buffer
	TIME_TCK	SFC 64	SFC 64	Read the System Time
	Temporizador retardo 1	T 1	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 1
	Temporizador retardo 2	T 2	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 2
	Temporizador retardo 3	T 3	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 3
	Temporizador retardo 4	T 4	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 4
	Temporizador retardo 5	T 5	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 5
	Temporizador retardo 6	T 6	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 6
	Temporizador retardo 7	T 7	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 7
	Temporizador retardo 8	T 8	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 8
	Temporizador retardo 9	T 9	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 9
	Temporizador retardo 10	T 10	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 10
	Temporizador retardo 11	T 11	TIMER	Temporizador de retardo de conexion 11

## **ANEXO B**

### **Programación en STEP 7**



**OB1 - <offline>**

"Cycle Execution" BLOQUE PRINCIPAL

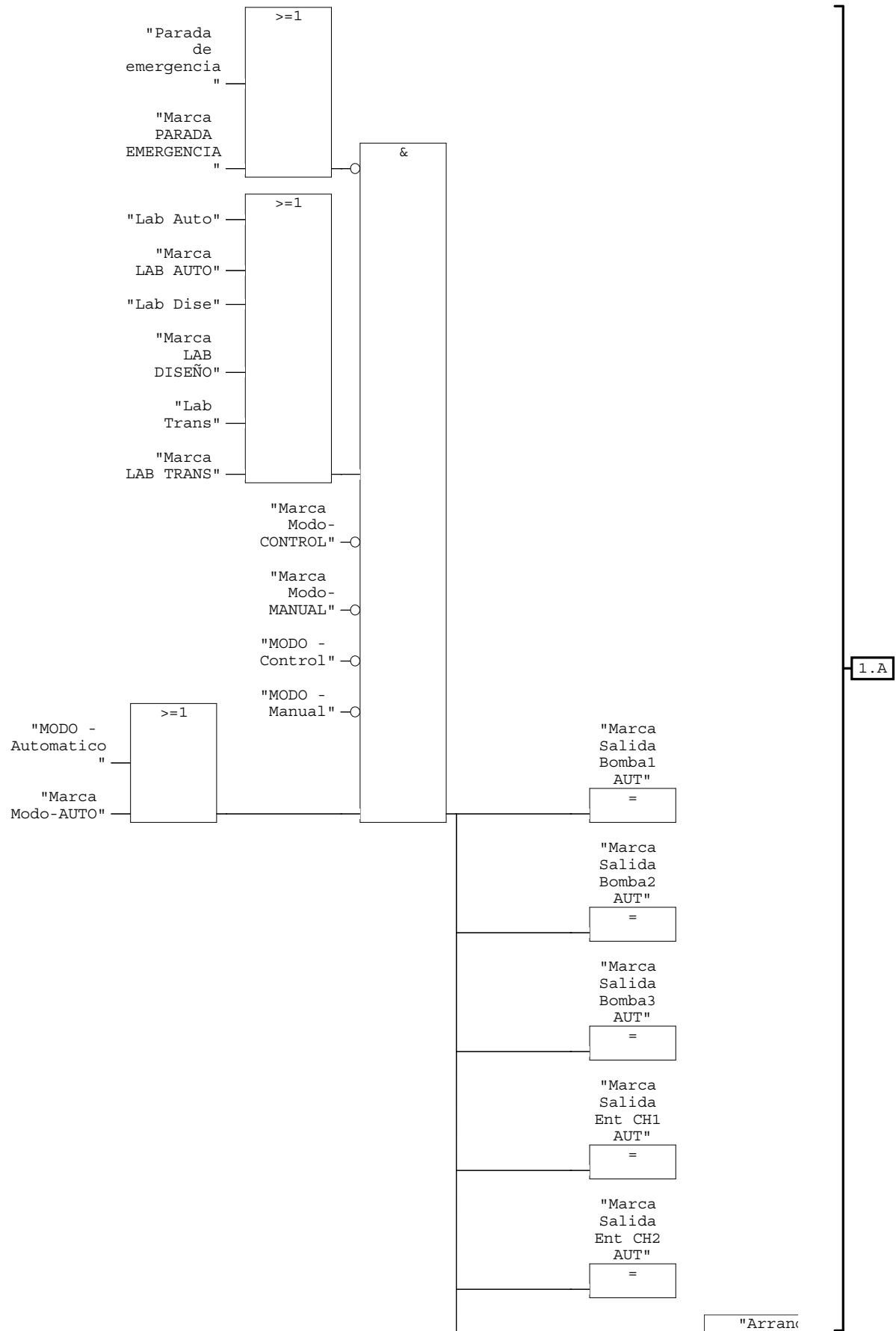
**Nombre:** Familia:  
**Autor:** Versión: 0.1  
**Hora y fecha Código:** 11/04/2010 00:04:55  
**Interface:** 15/02/1996 16:51:12  
**Longitud (bloque / código / datos):** 03250 03034 00034

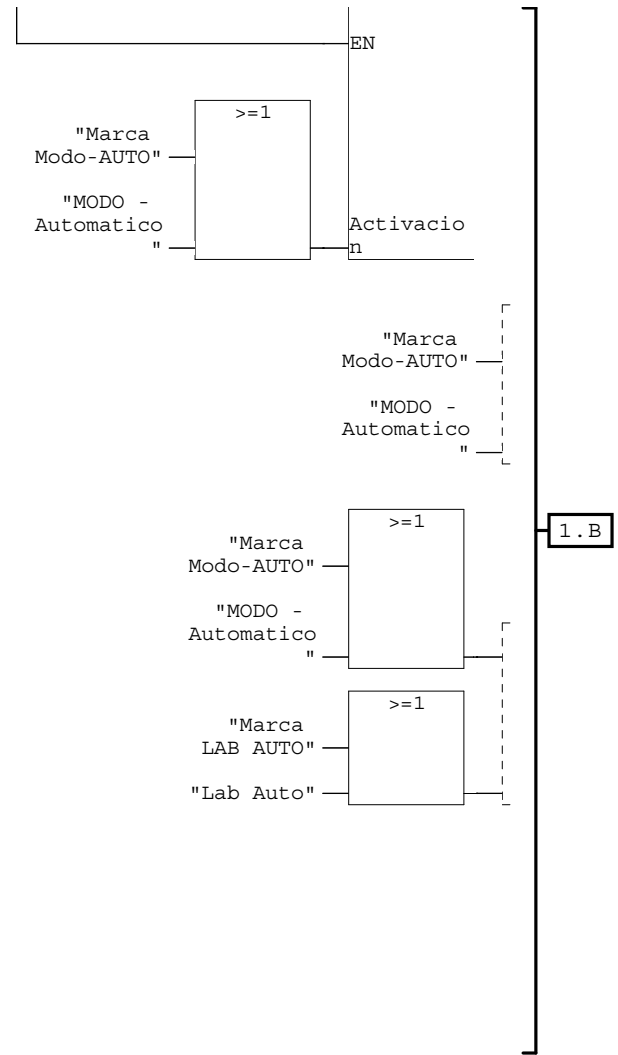
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"
--

Segm.: 1 MODO AUTOMATICO - Encendido del Aire Acondicionado

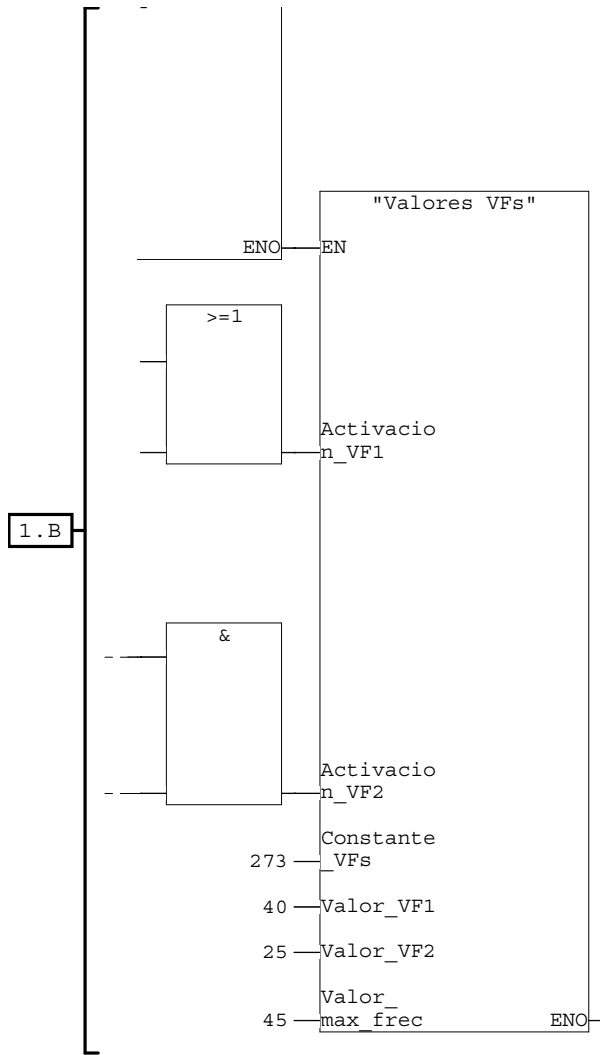
Puesta en funcionamiento del sistema con valores predeterminados





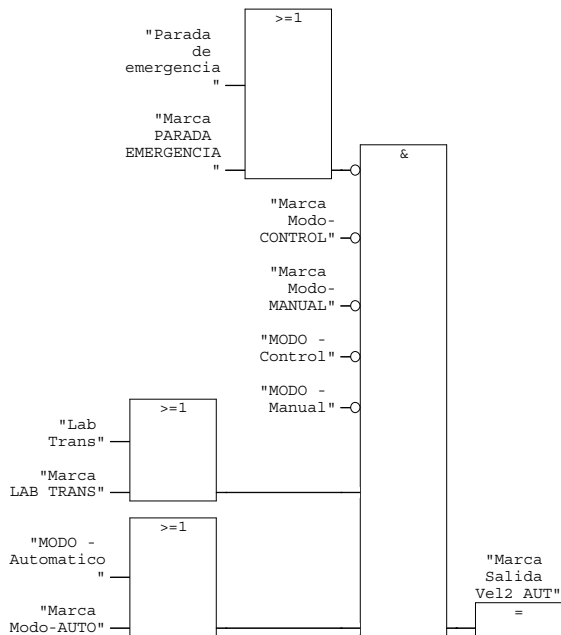
1.A

que VFs"



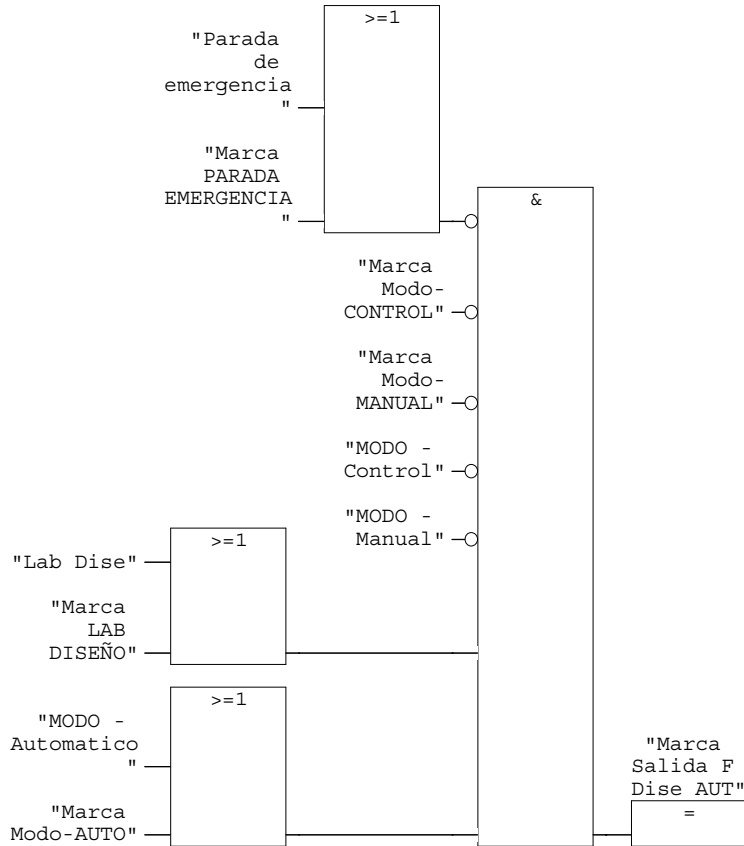
Segm.: 2 Encendido MODO AUTOMATICO -Laboratorio TRANSFERENCIA

Se activa por defecto la velocidad numero 2 en la unidad manejadora de aire al activarse la variable del laboratorio de Transferencia, junto al modo automatico.



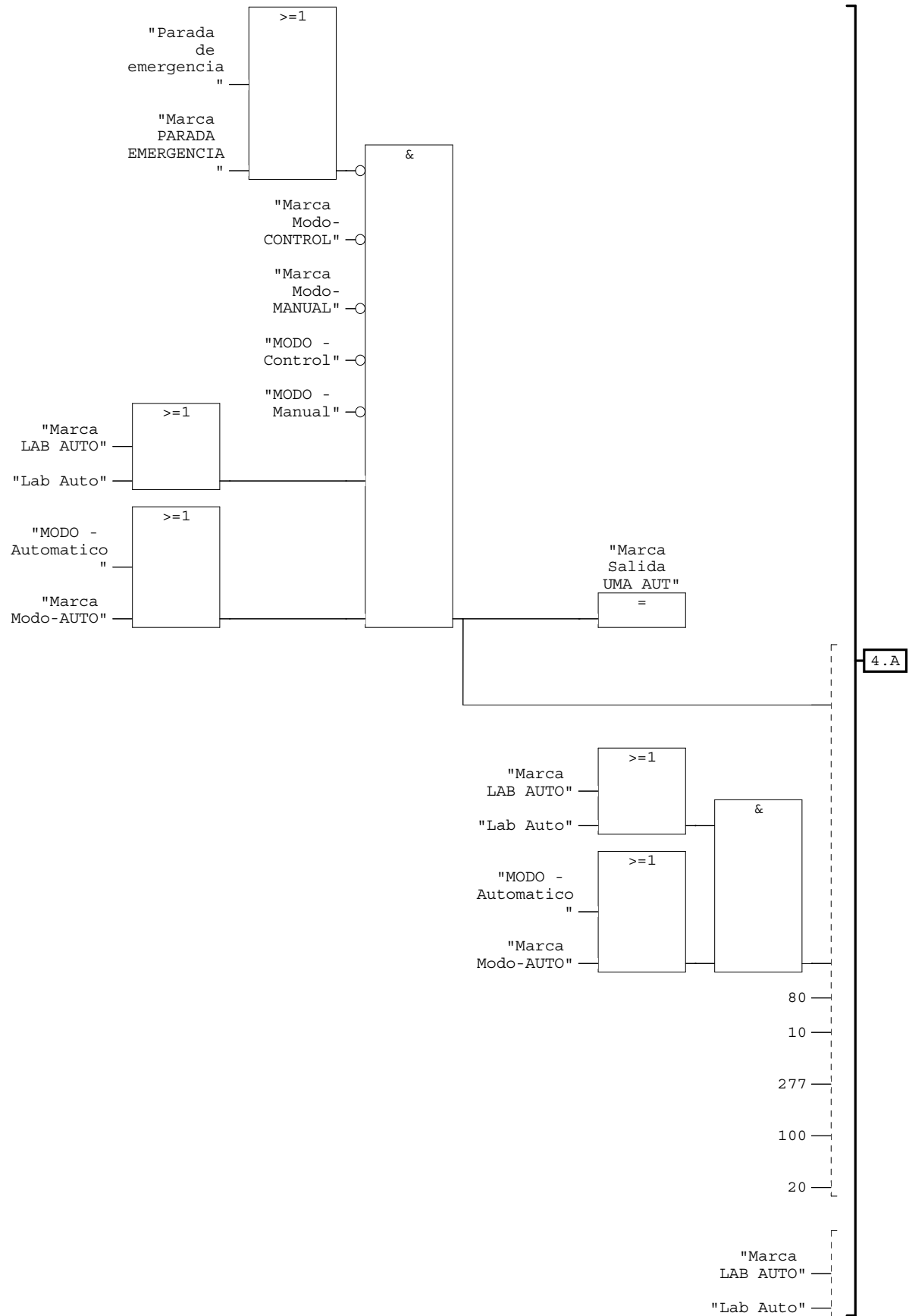
Segm.: 3 Encendido MODO AUTOMATICO -Laboratorio DISEÑO

Se acticva el fancoil del laboratorio de diseño al activarse la variable del laboratorio de diseño, junto al modo automatico



Segm.: 4 Encendido MODO AUTOMATICO -Laboratorio AUTOMATIZACION

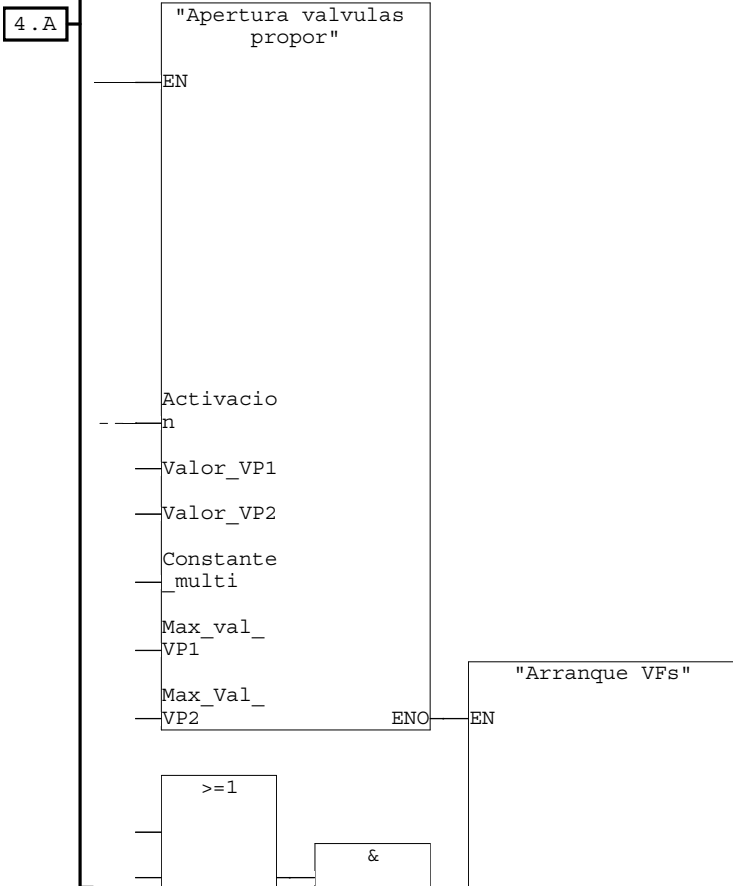
Se pone en marcha la UMA, los variadores de frecuencia y las valvulas proporcionales, con valores predeterminados, al activar el comando laboratorio de automatizacion, junto al modo automatico.

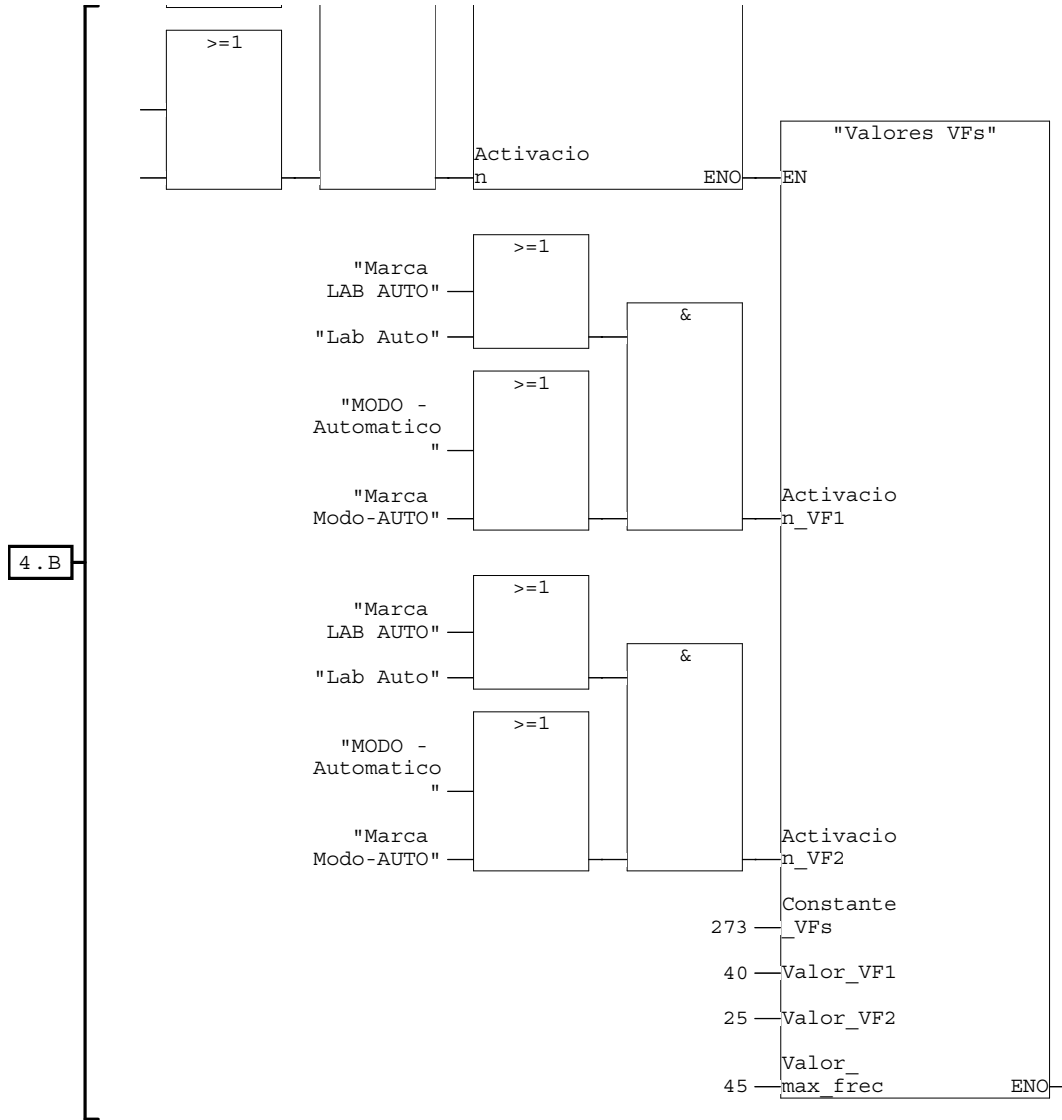


"MODO -  
Automatico  
"  
"Marca  
Modo-AUTO"

4.B

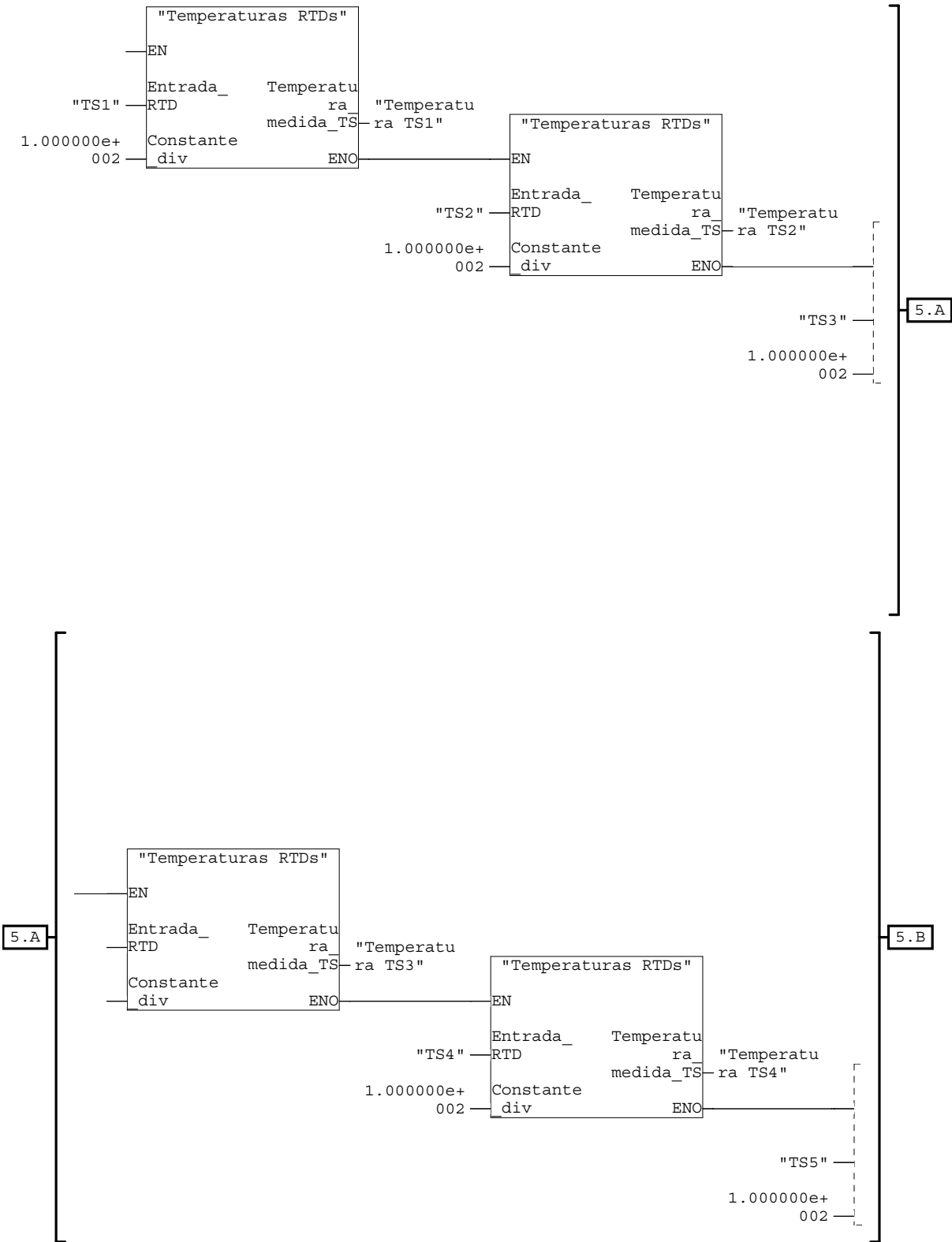




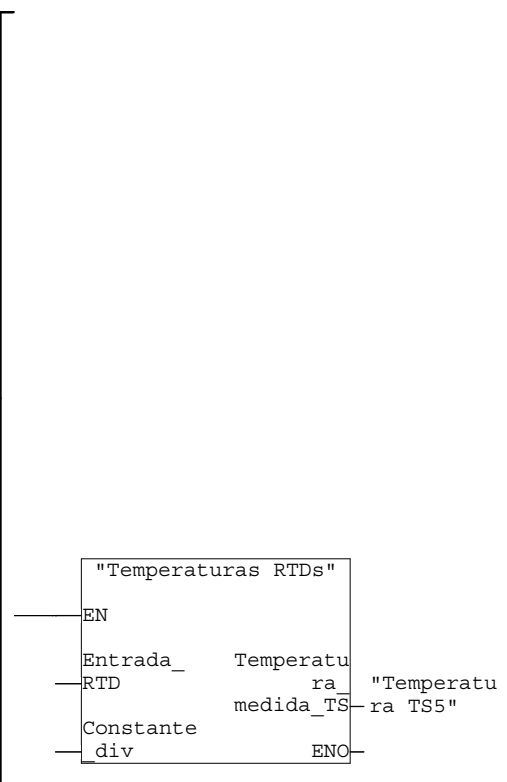


Segm.: 5      Sensores de temperatura RTDs Pt100

TS1:Temperatura del agua de retorno  
TS2:Temperatura del agua de retorno UMA Serpentin 1  
TS3:Temperatura del agua de retorno UMA Serpentin 2  
TS4:Temperatura del agua de retorno Fancoil 1  
TS5:Temperatura del agua de suministro Fancoil 2

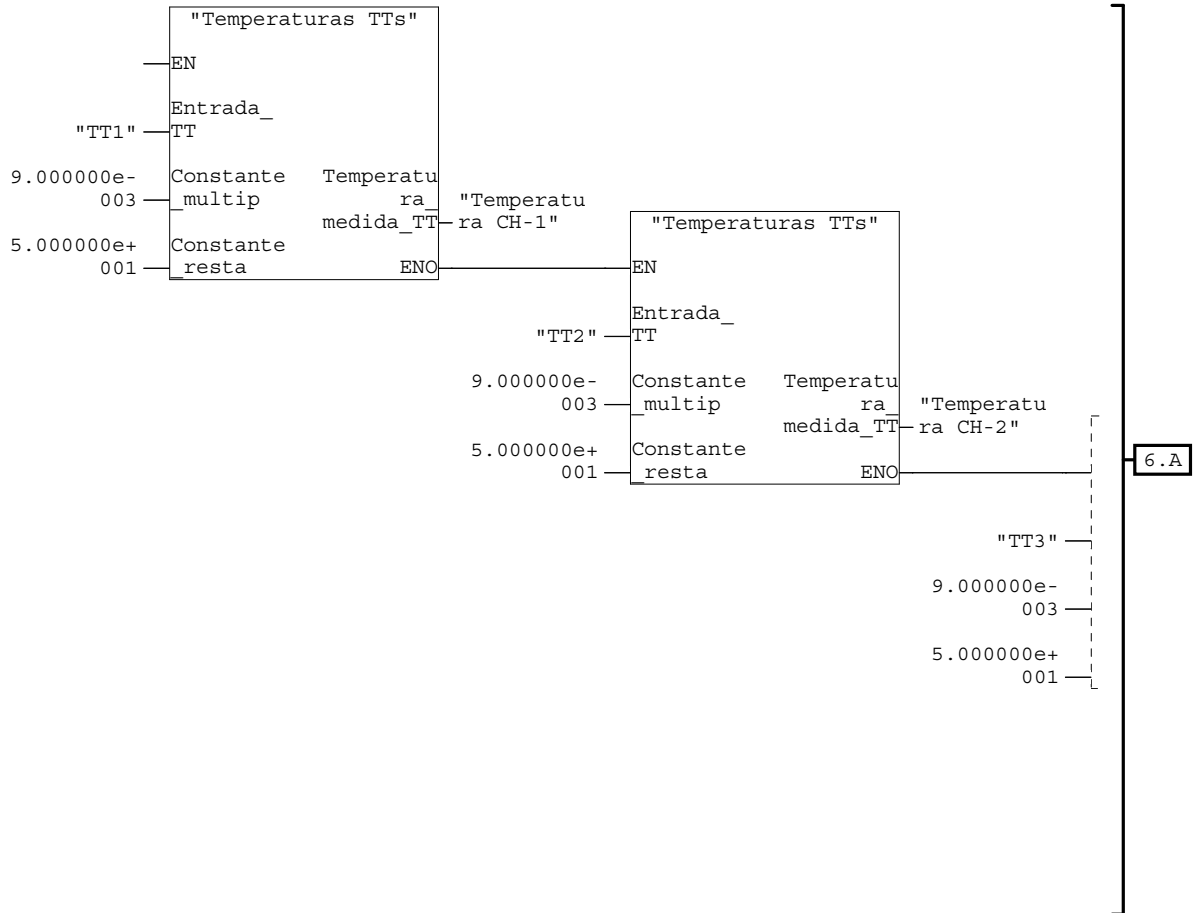


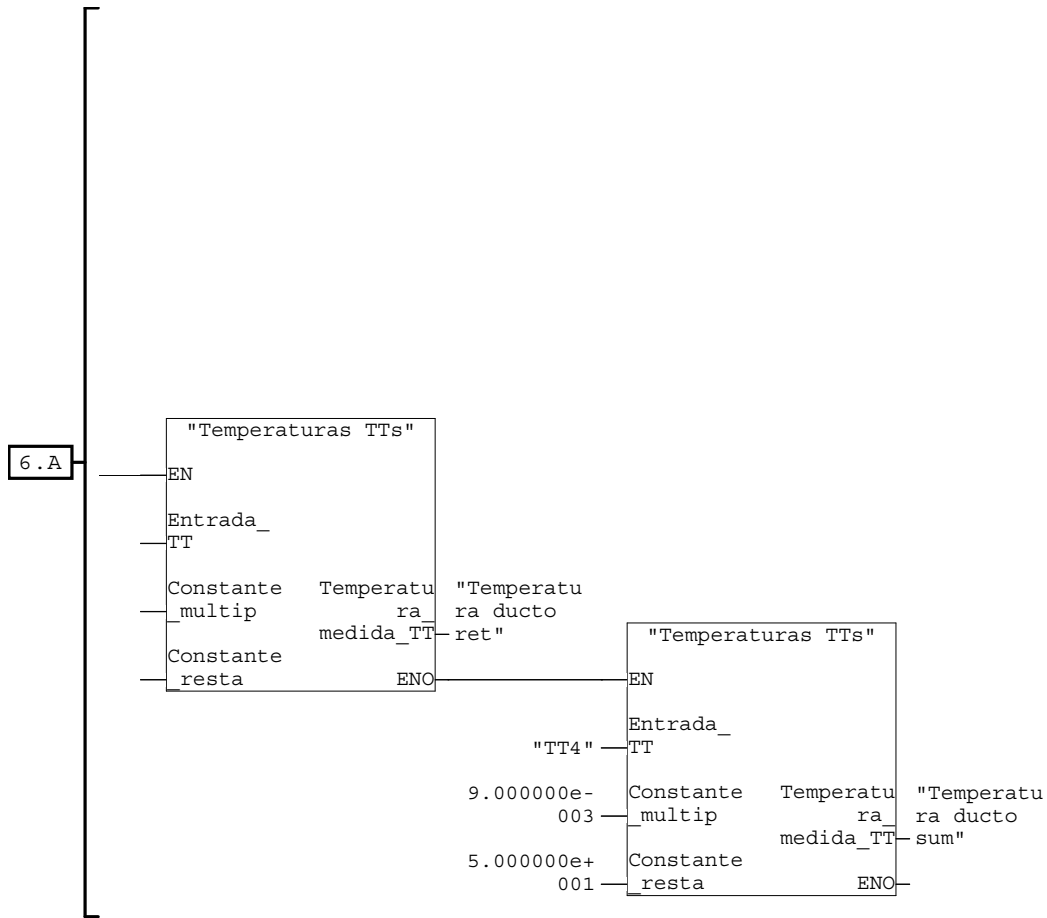
5.B



Segm.: 6      Sensores de temperatura TTs

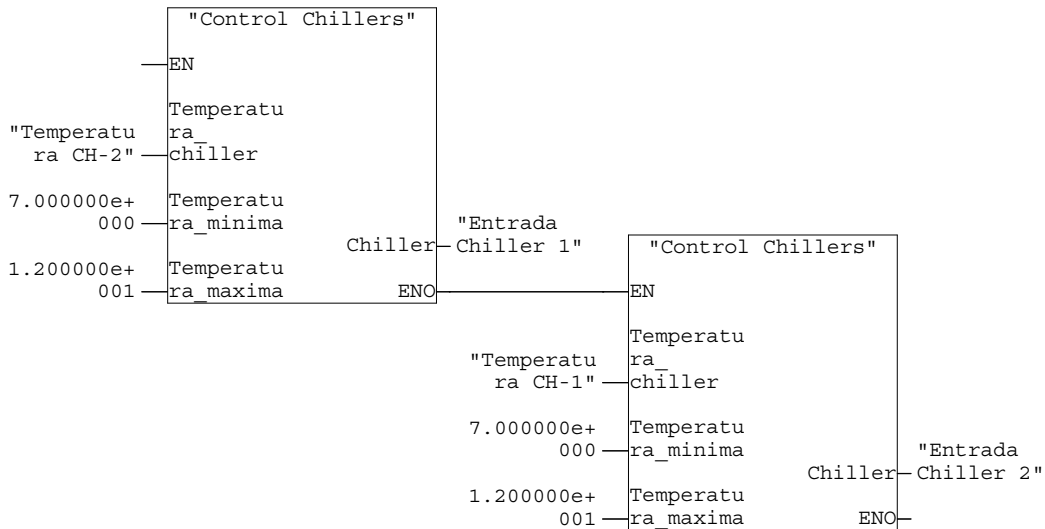
TT1: Temperatura de suministro CH2  
 TT2: Temperatura de suministro CH1  
 TT3: Temperatura del ducto de retorno  
 TT4: Temperatura del ducto suministro





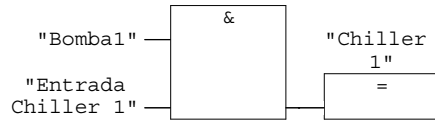
Segm.: 7 Seguridad Tipo 1-Control por temperatura ON/OFF de los Chillers

Cuando la temperatura del agua de suministro de los Chillers desciende mas de 7°C, se apagan los Chillers, y al aumentar mas de 12°C, se encienden los Chillers.



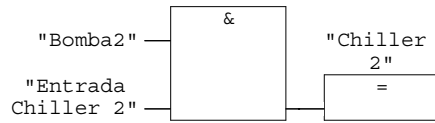
Segm.: 8 Seguridad Tipo 2-Chiller 1

El chiller solo entra en funcionamiento al estar encendida la bomba que le suministra agua y la señal de activacion del mismo.



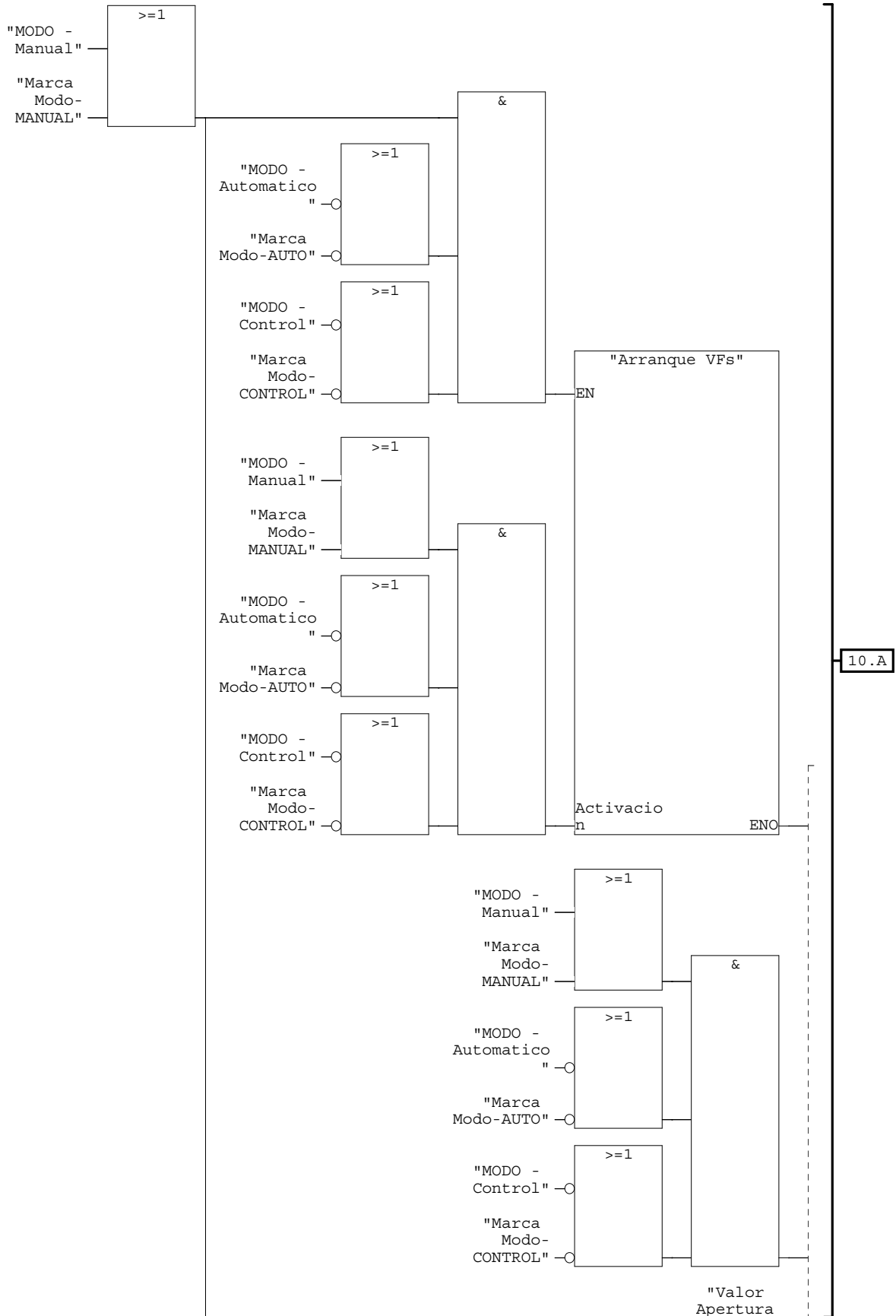
Segm.: 9 Seguridad Tipo 2-Chiller 2

El chiller solo entra en funcionamiento al estar encendida la bomba que le suministra agua y la señal de activacion del mismo.

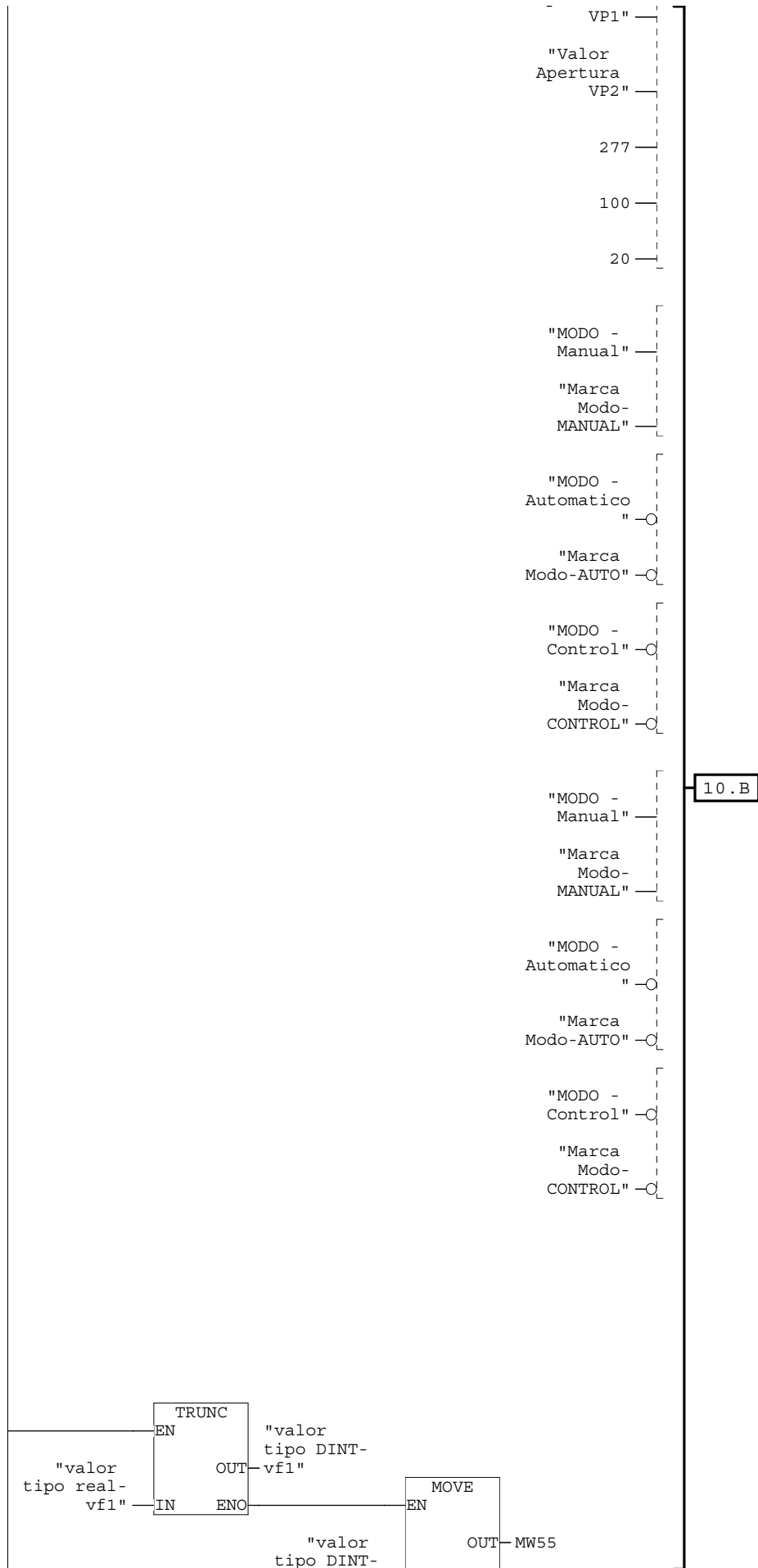


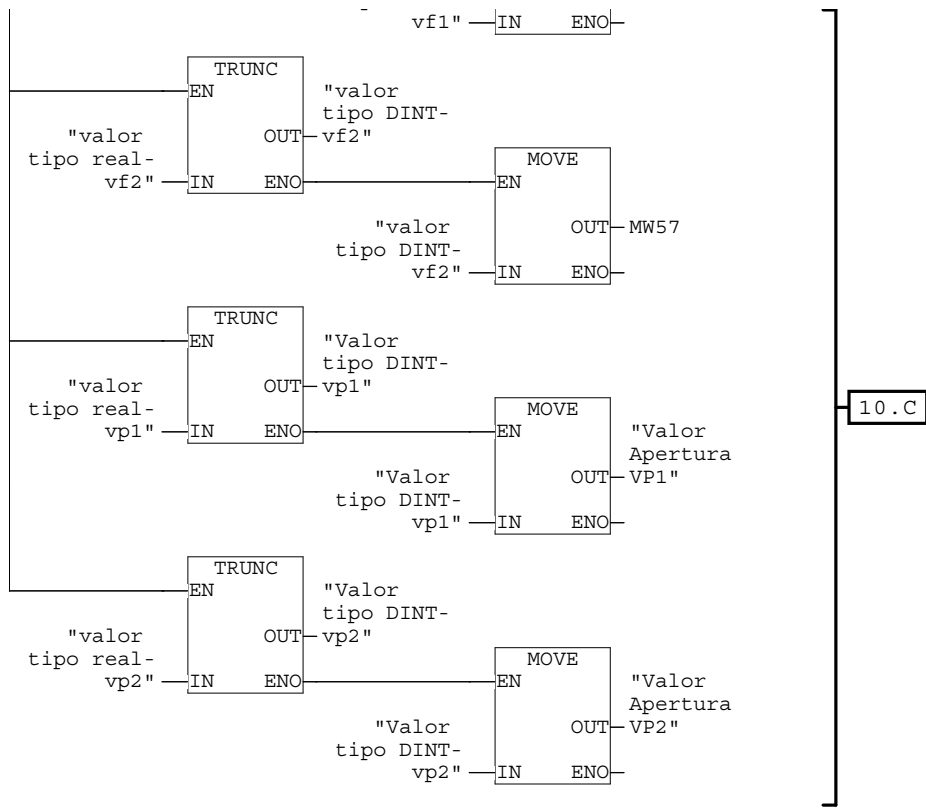
Segm.: 10 MODO MANUAL - Laboratorio de Automatizacion

La UMA y los valores de las variables de Apertura de las valvulas proporcionales y de los variadores de frecuencia, seran introducidos por el usuario a traves de la HMI.







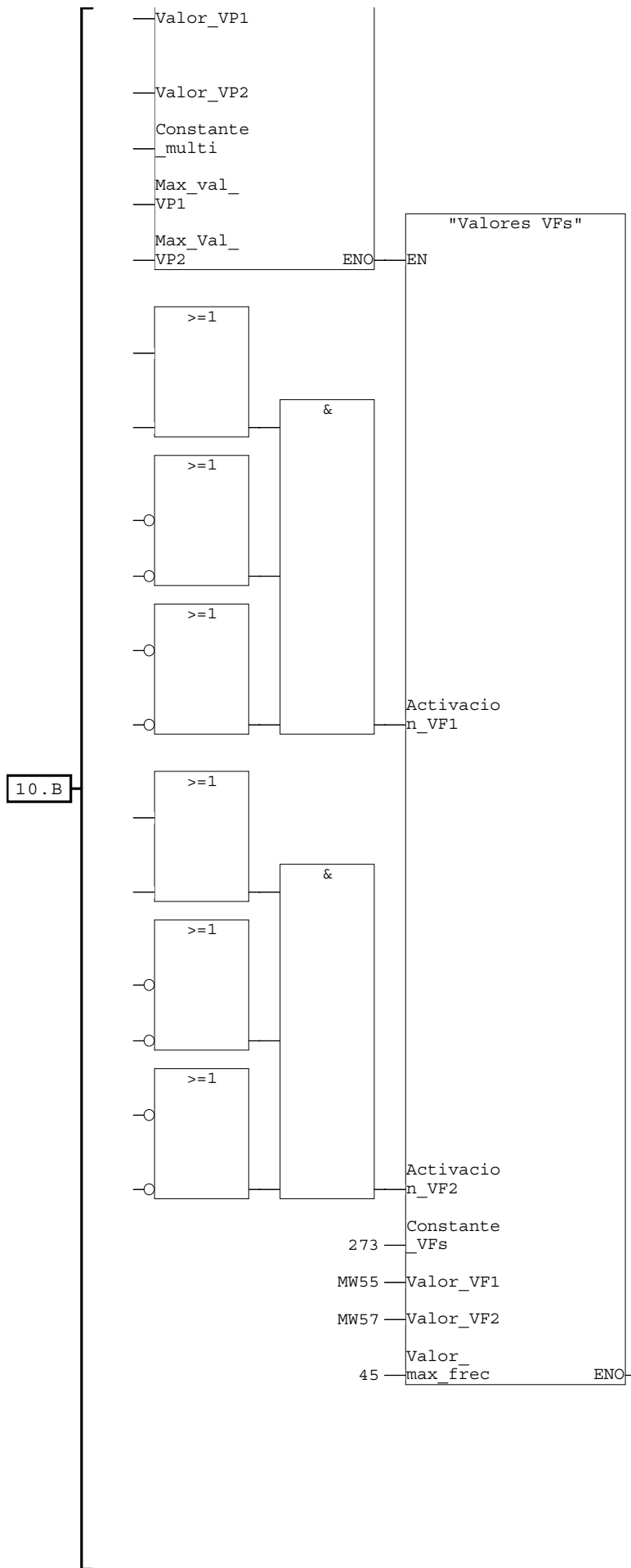


10.A

"Apertura valvulas  
propor"

- EN

Activacio  
- n





10.C

Segm.: 11 MODO CONTROL - PID UMA

Encendido y ajustes de condiciones preestablecidas:

Bombas

Chillers

Fancoils

Valulas proporcionales: VP1: 100% - VP2: 20%

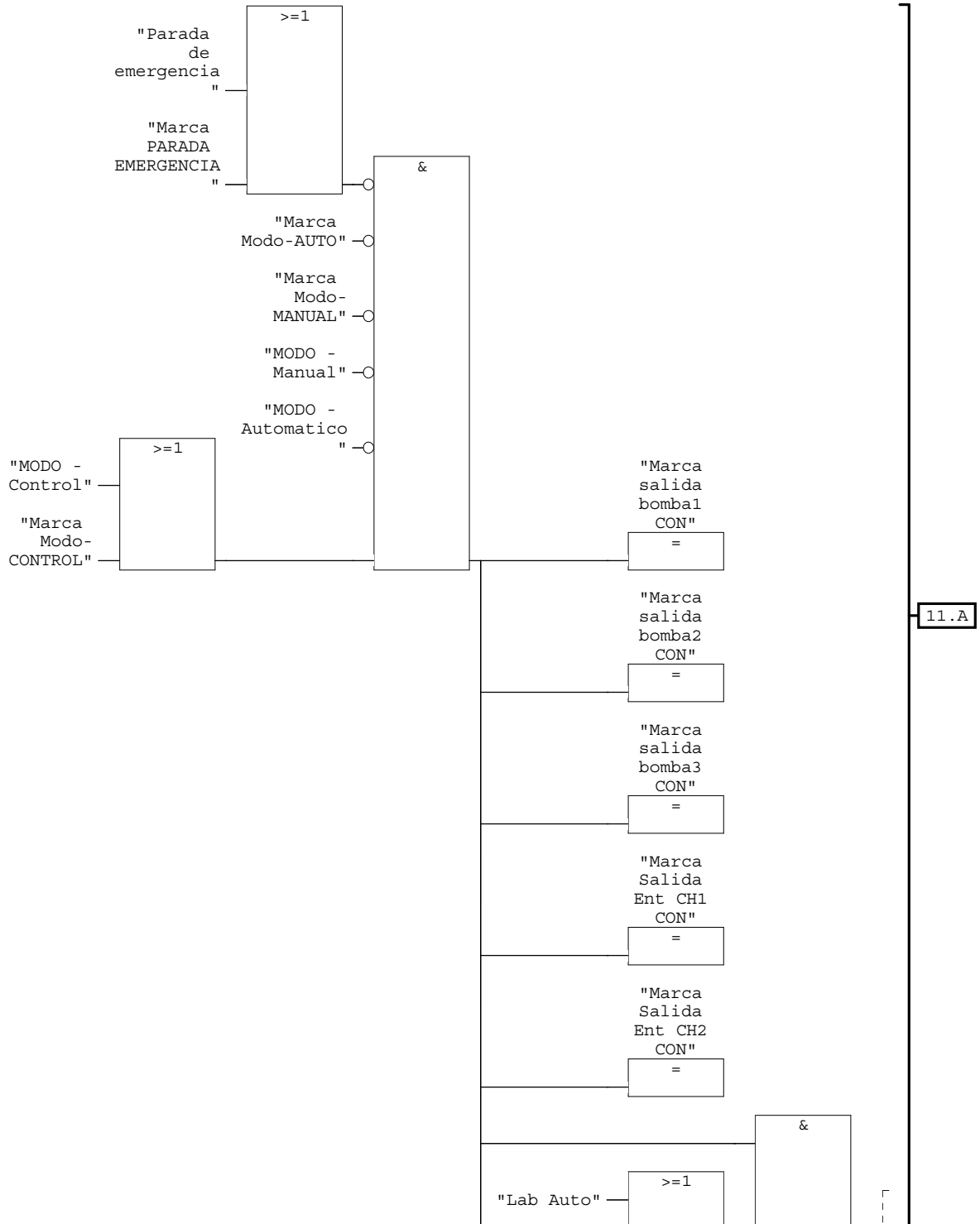
Variador 1 (Bomba 3): 40Hz

PID controla la frecuencia del variador 2, manifestandose fisicamente en la velocidad de giro del ventilador de la UMA, sensando el valor de la temperatura del ducto de retorno.

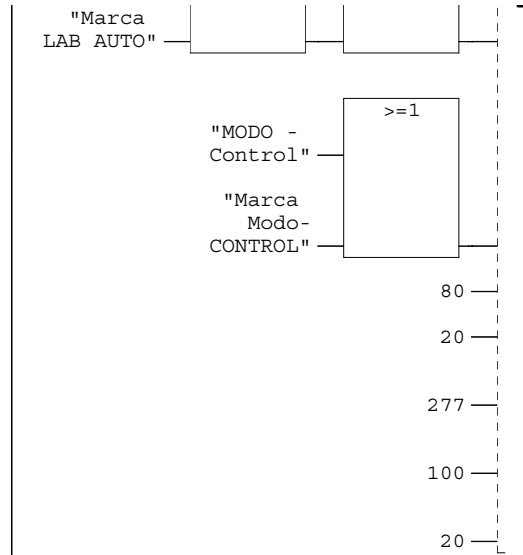
SP\_INT: Set point de la temperatura.

PV\_IN: Valor sensado. Temperatura del ducto de retorno.

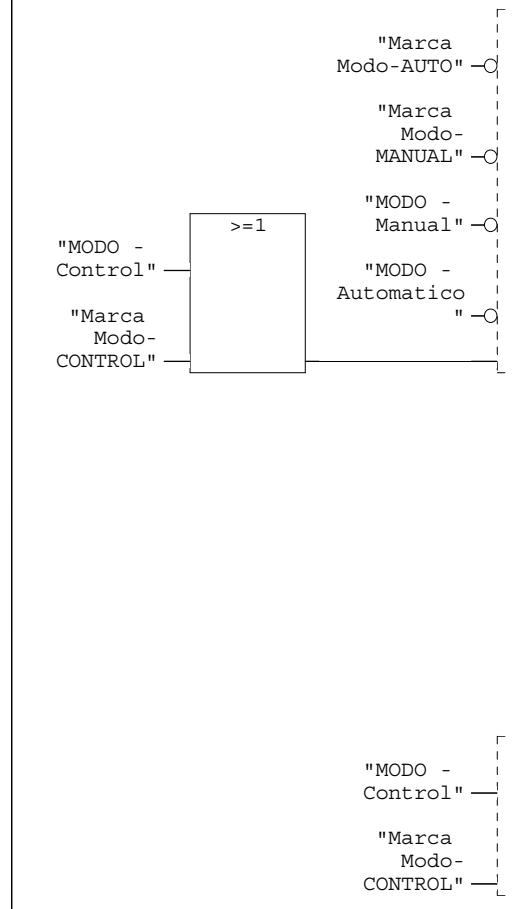
LMN\_PER: Valor del salida, obtenido de la retroalimentacion. VF2.



11.A

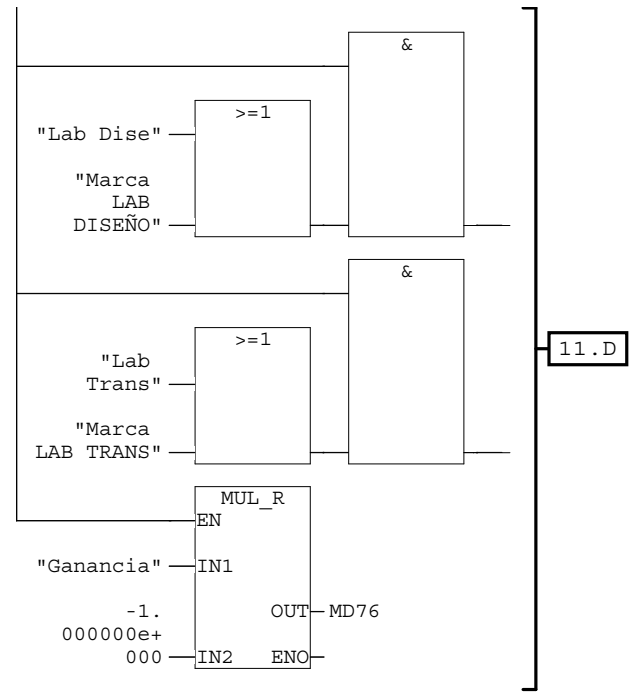


11.B



11.C

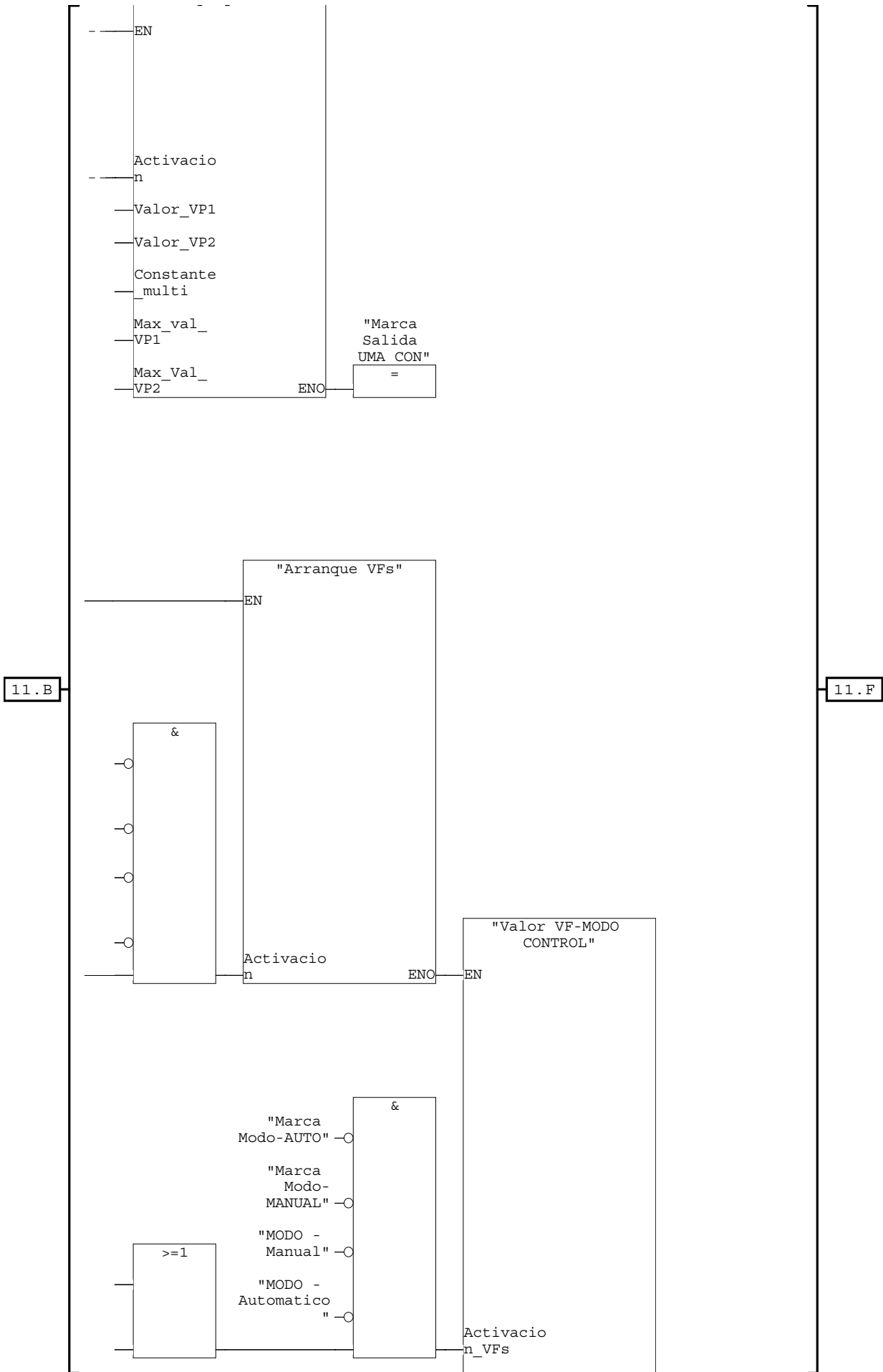


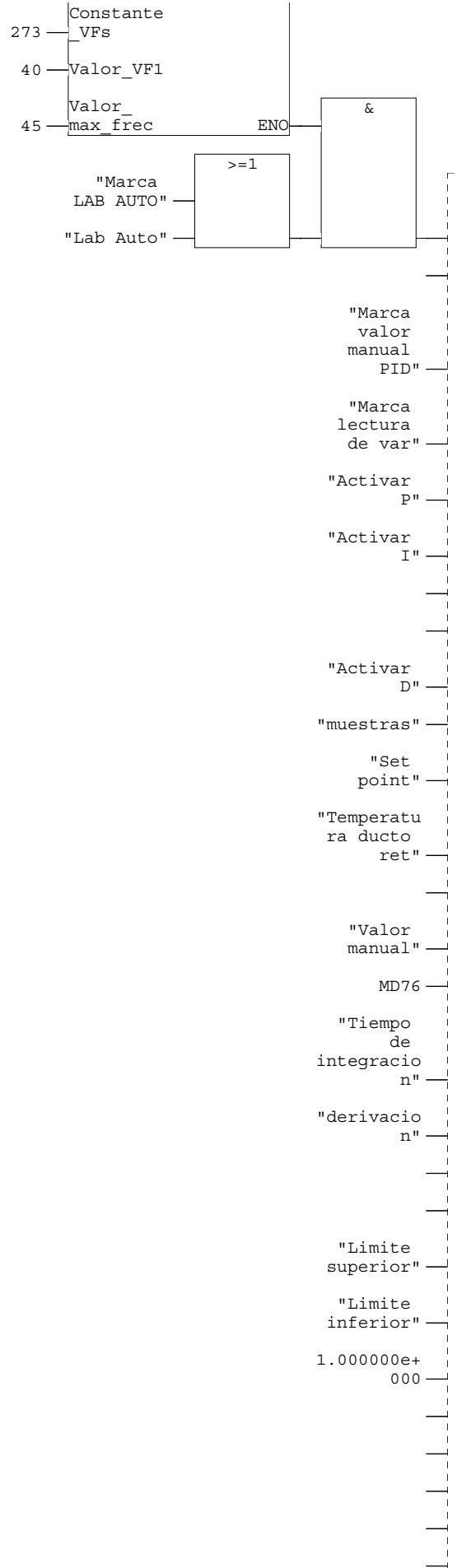


11.A

11.E

"Apertura valvulas  
propor"





11.C

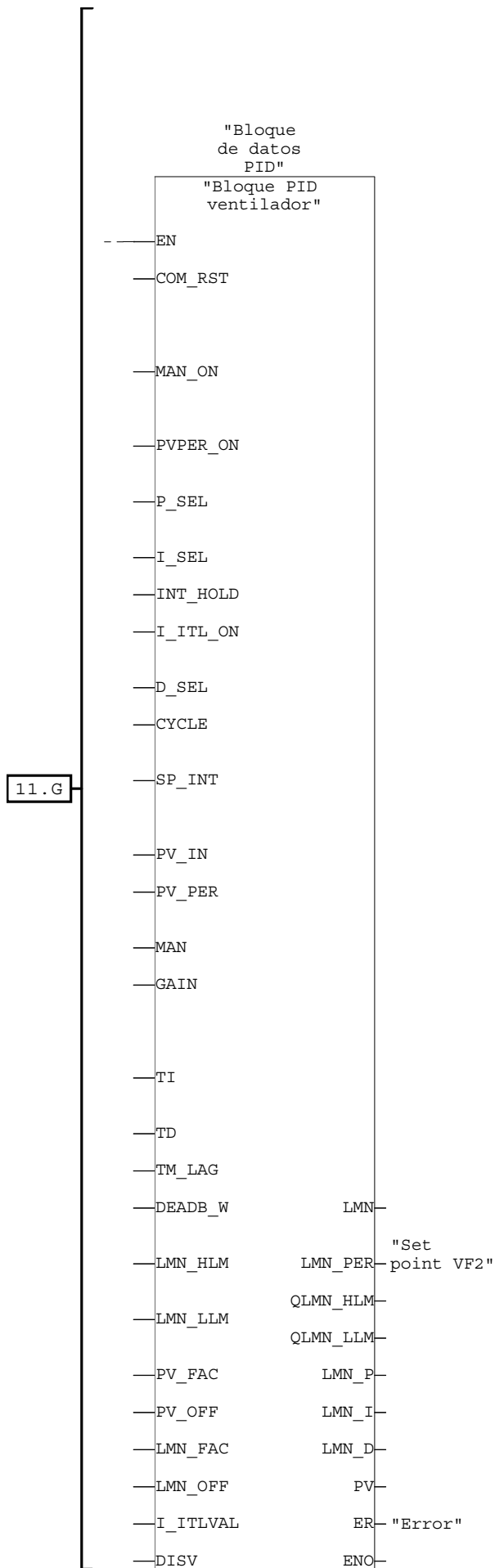
11.G





11.E

11.F

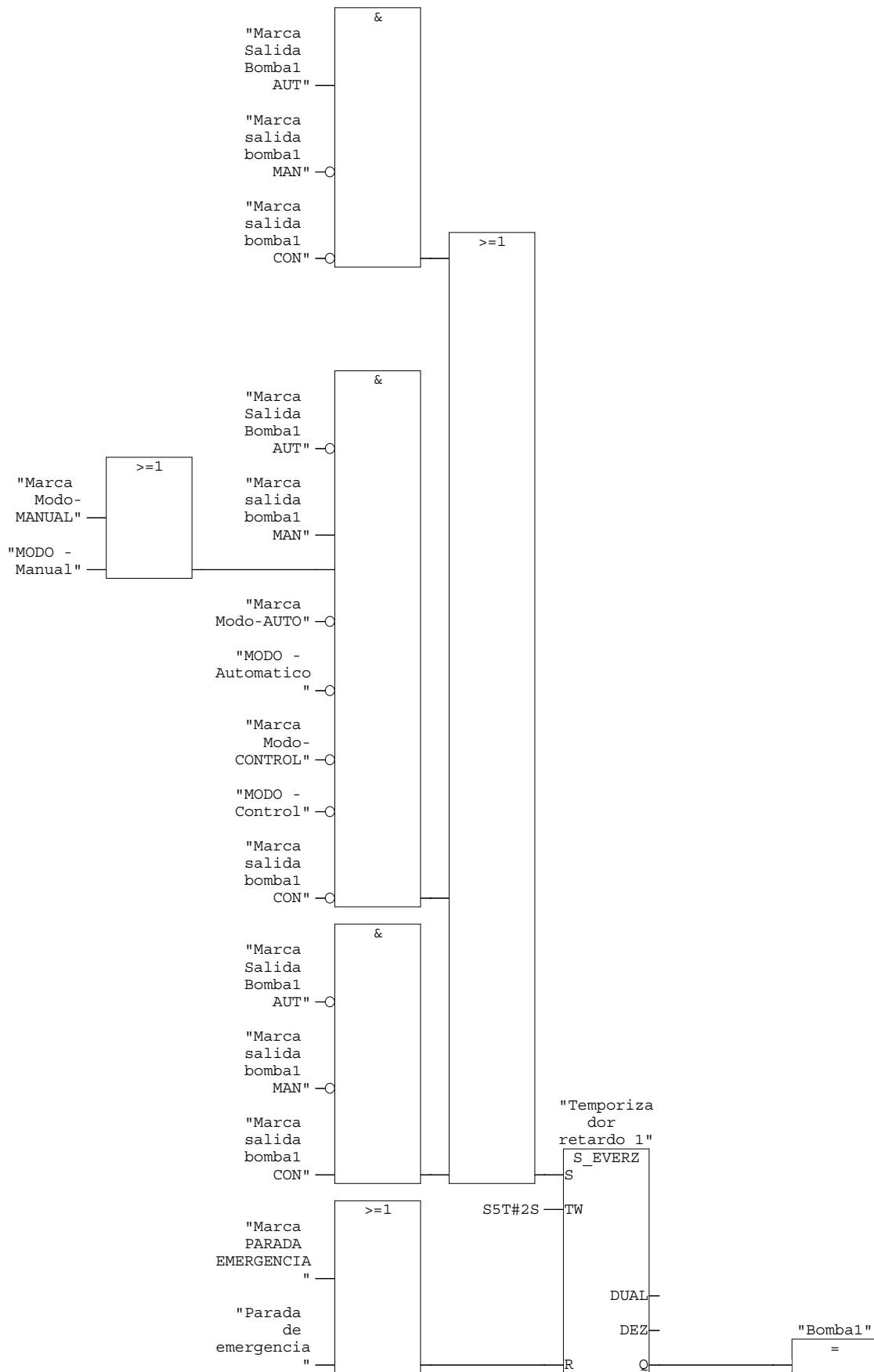




11.H

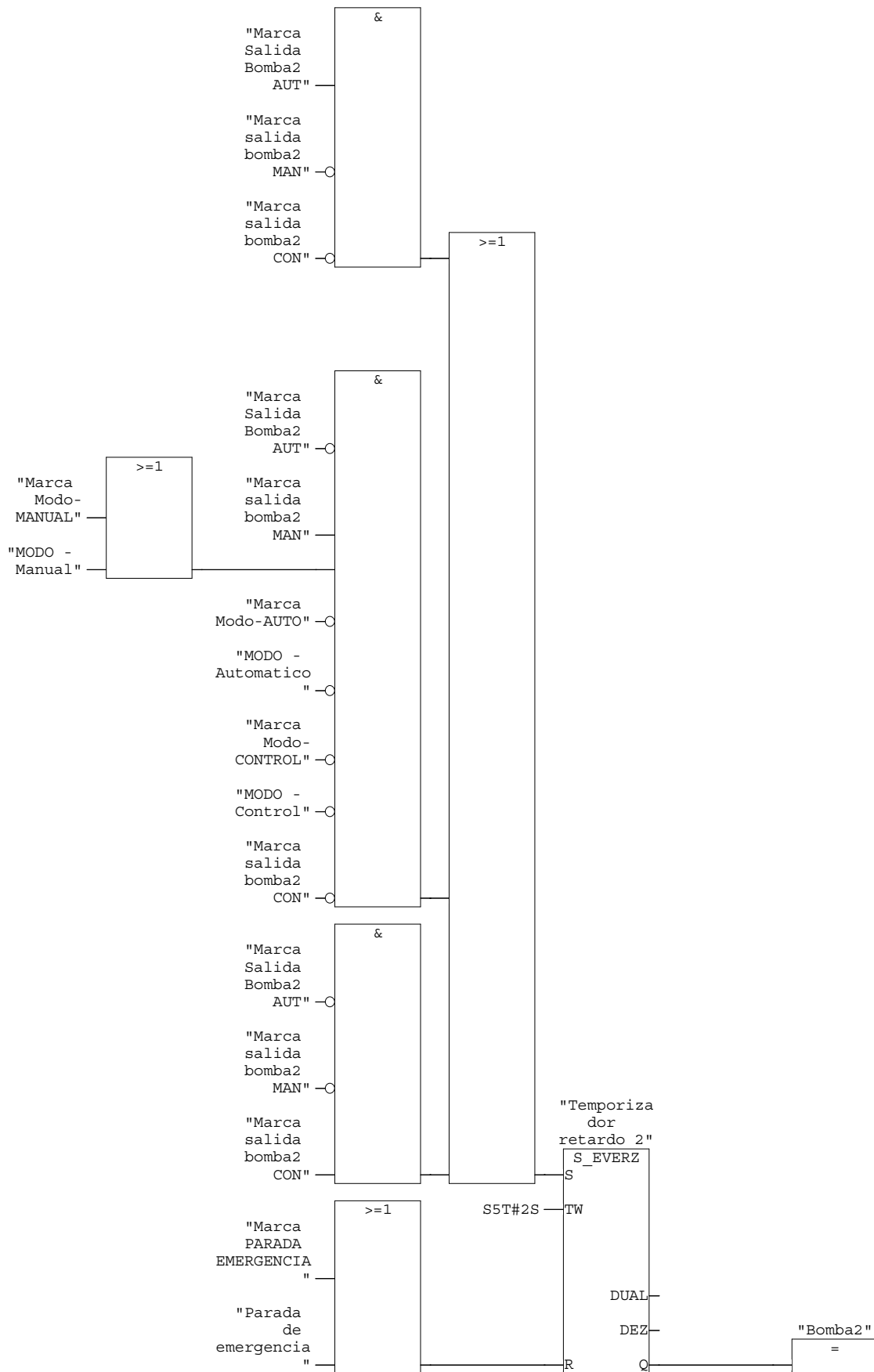
Segm.: 12 Activacion de la Bomba 1

Las marcas de cada modo activan la salida digital del elemento



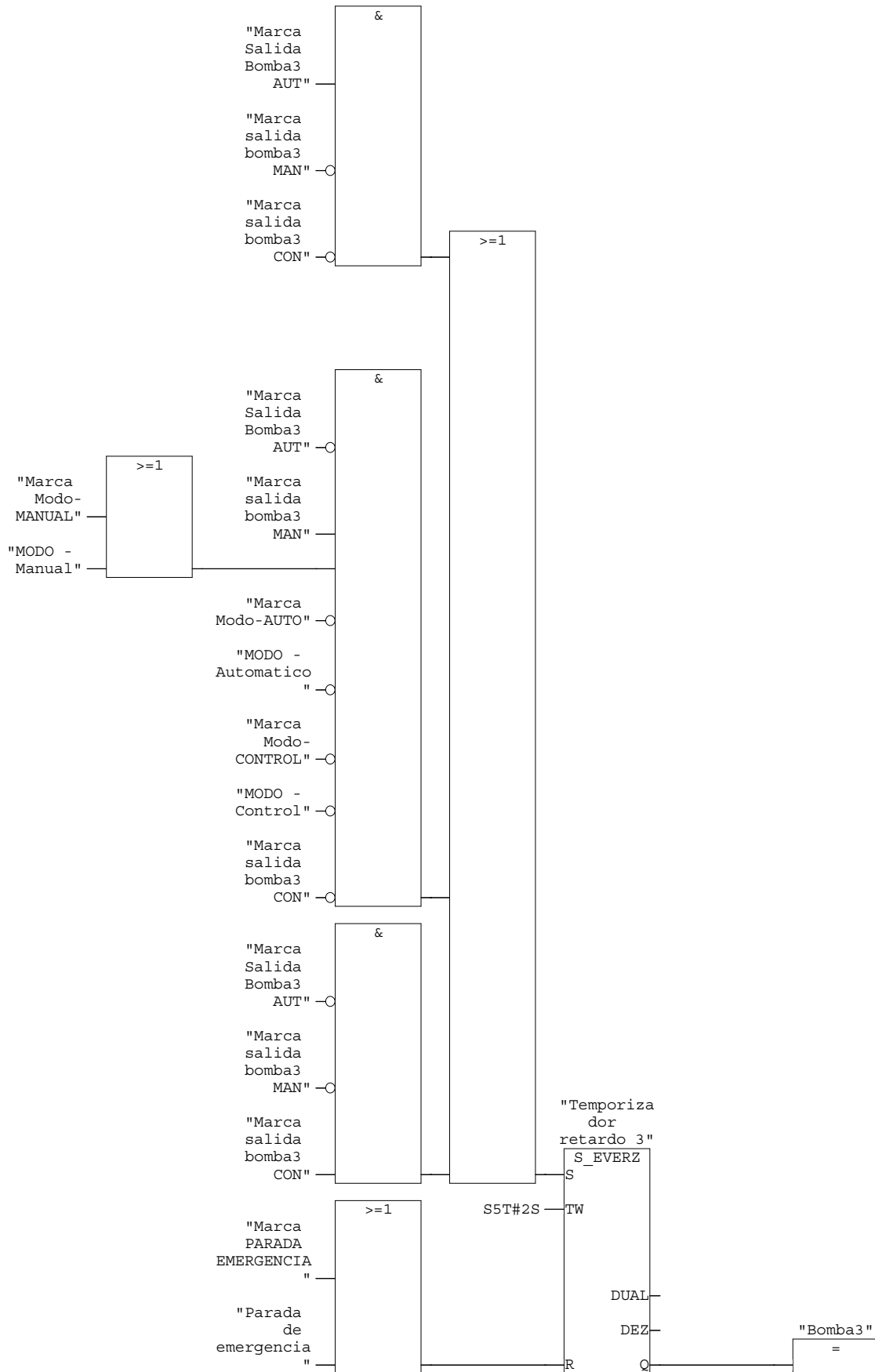
Segm.: 13 Activacion de la Bomba 2

Las marcas de cada modo activan la salida digital del elemento



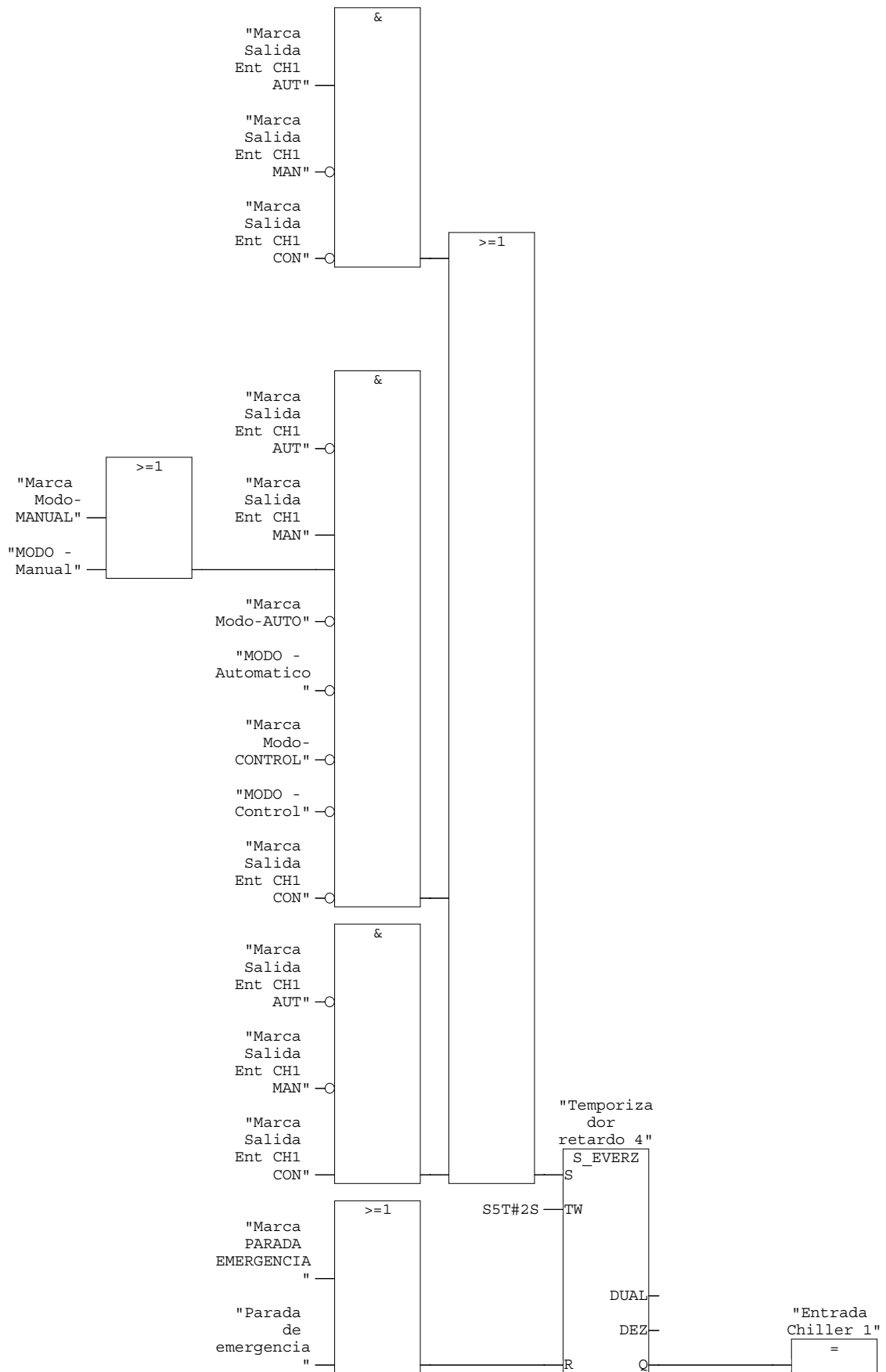
Segm.: 14 Activacion de la Bomba 3 - Variador de Frecuencia 1

Las marcas de cada modo activan la salidad digital del elemento



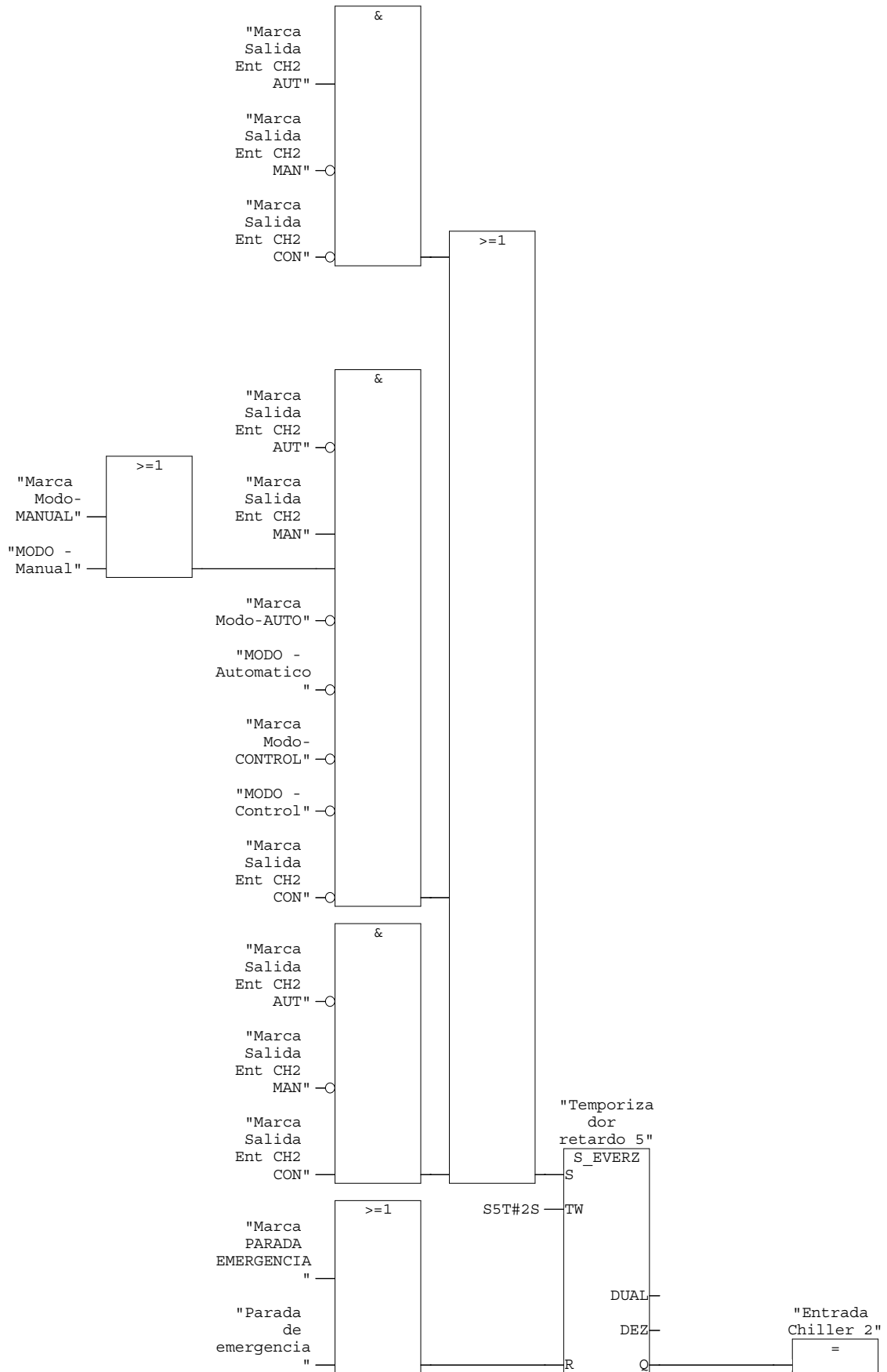
Segm.: 15 Activacion del Chiller 1

Las marcas de cada modo activan las marcas de habilitacion del chiller



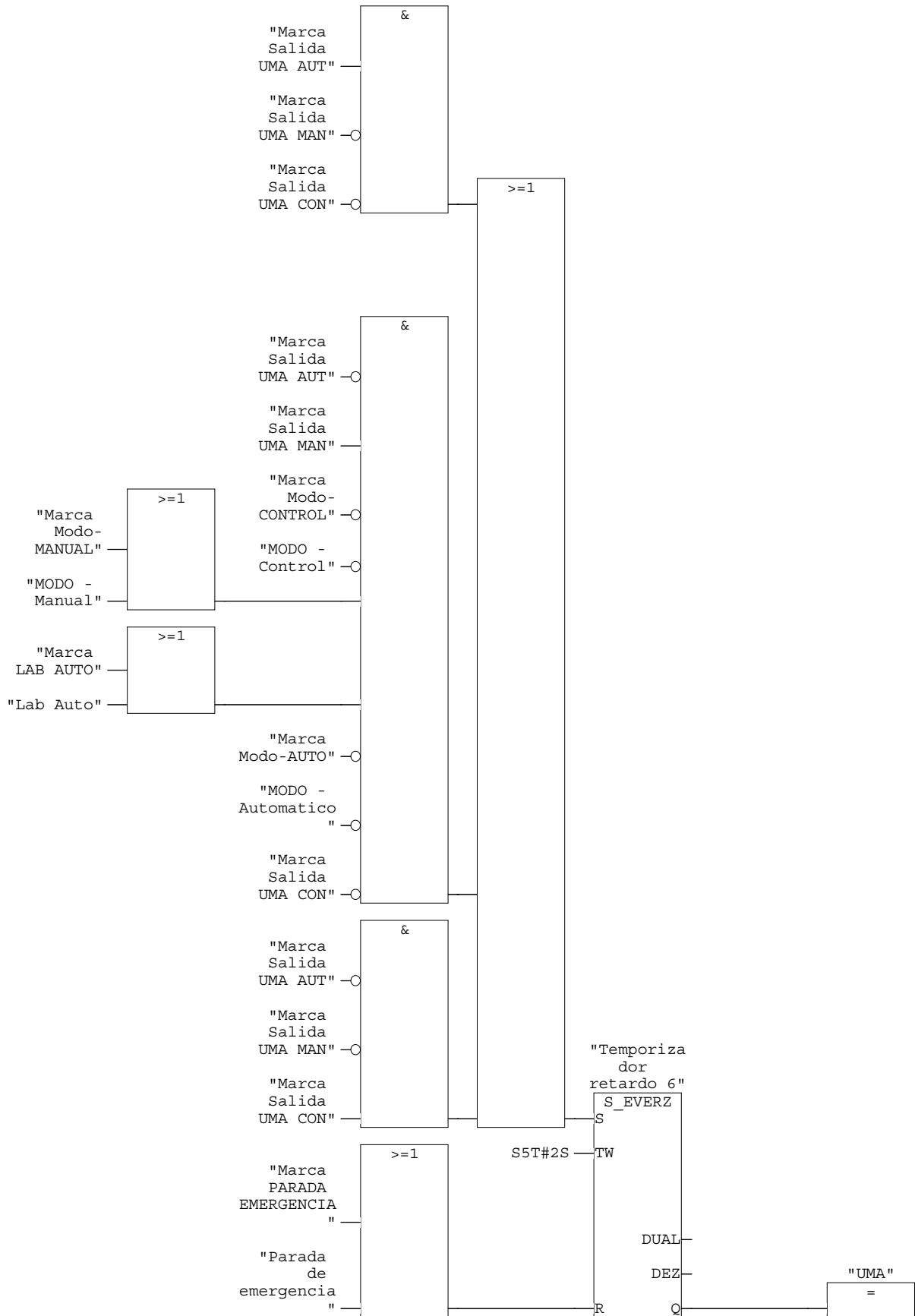
Segm.: 16 Activacion del Chiller 2

Las marcas de cada modo activan las marcas de habilitacion del chiller



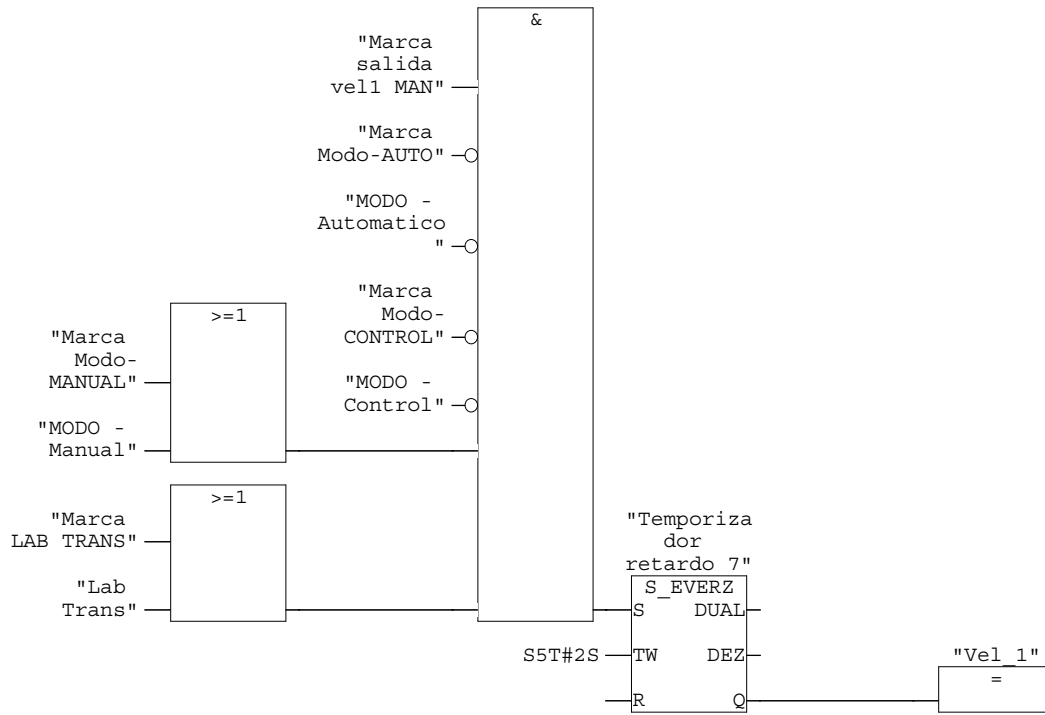
Segm.: 17 Activacion de la UMA del Laboratorio de Automatizacion - Variado

Las marcas de cada modo activan la salidad digital del elemento



Segm.: 18 Velocidad 1 del fancoil del Laboratorio de Transferencia

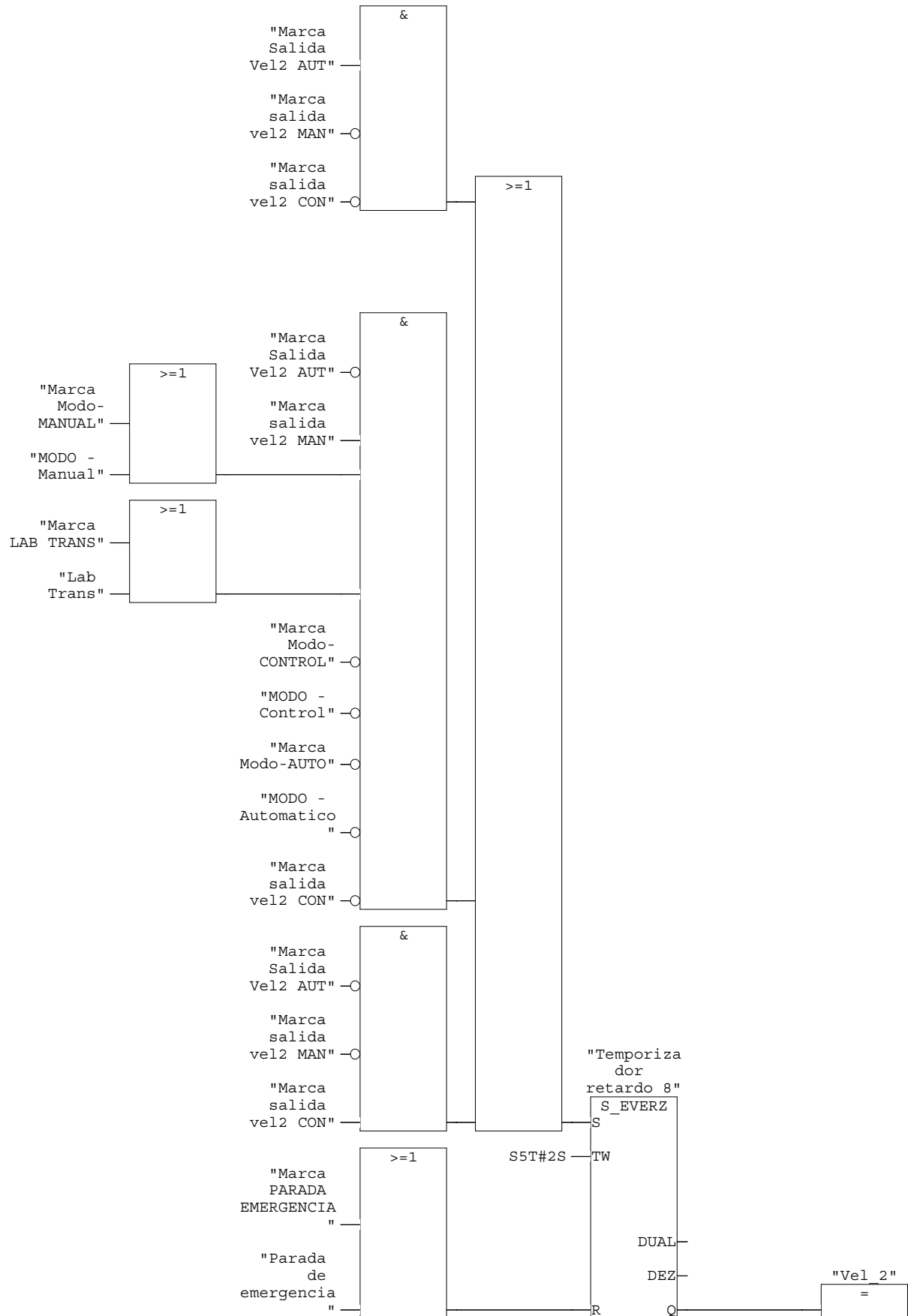
Las marcas de cada modo activan la salida digital del elemento





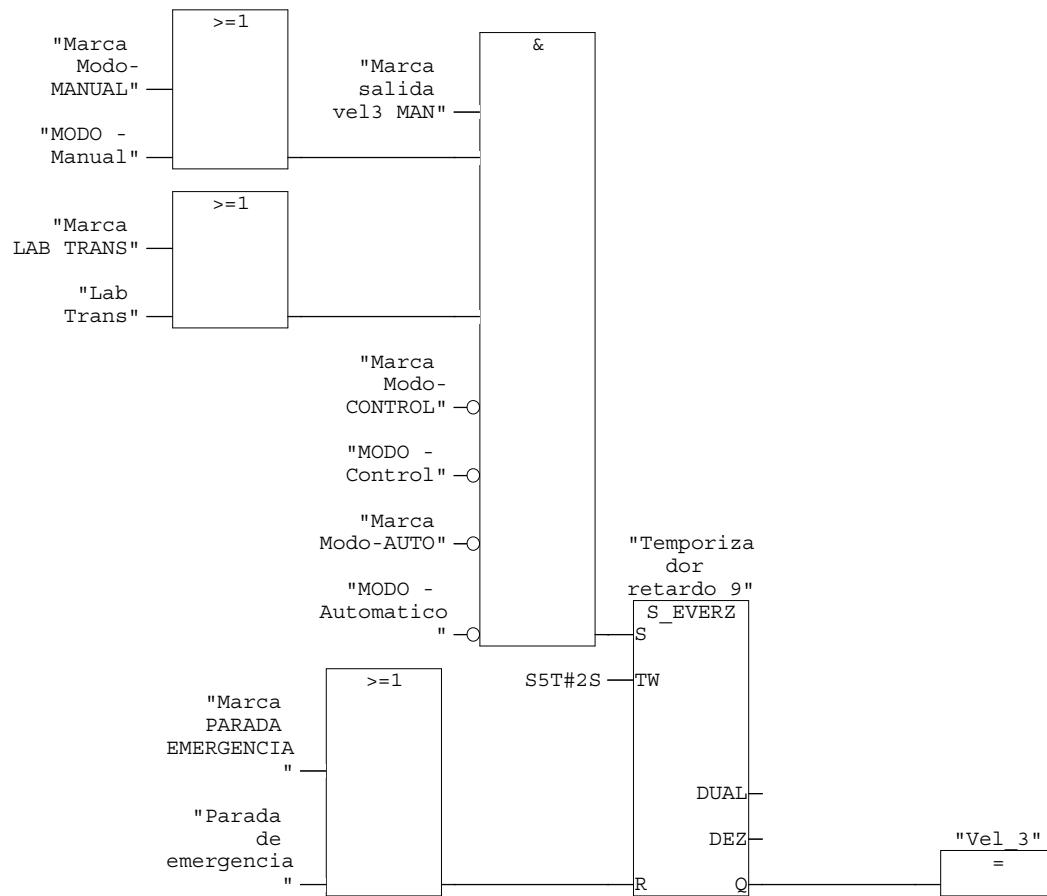
Segm.: 19 Velocidad 2 del fancoil del Laboratorio de Transferencia

Las marcas de cada modo activan la salidad digital del elemento



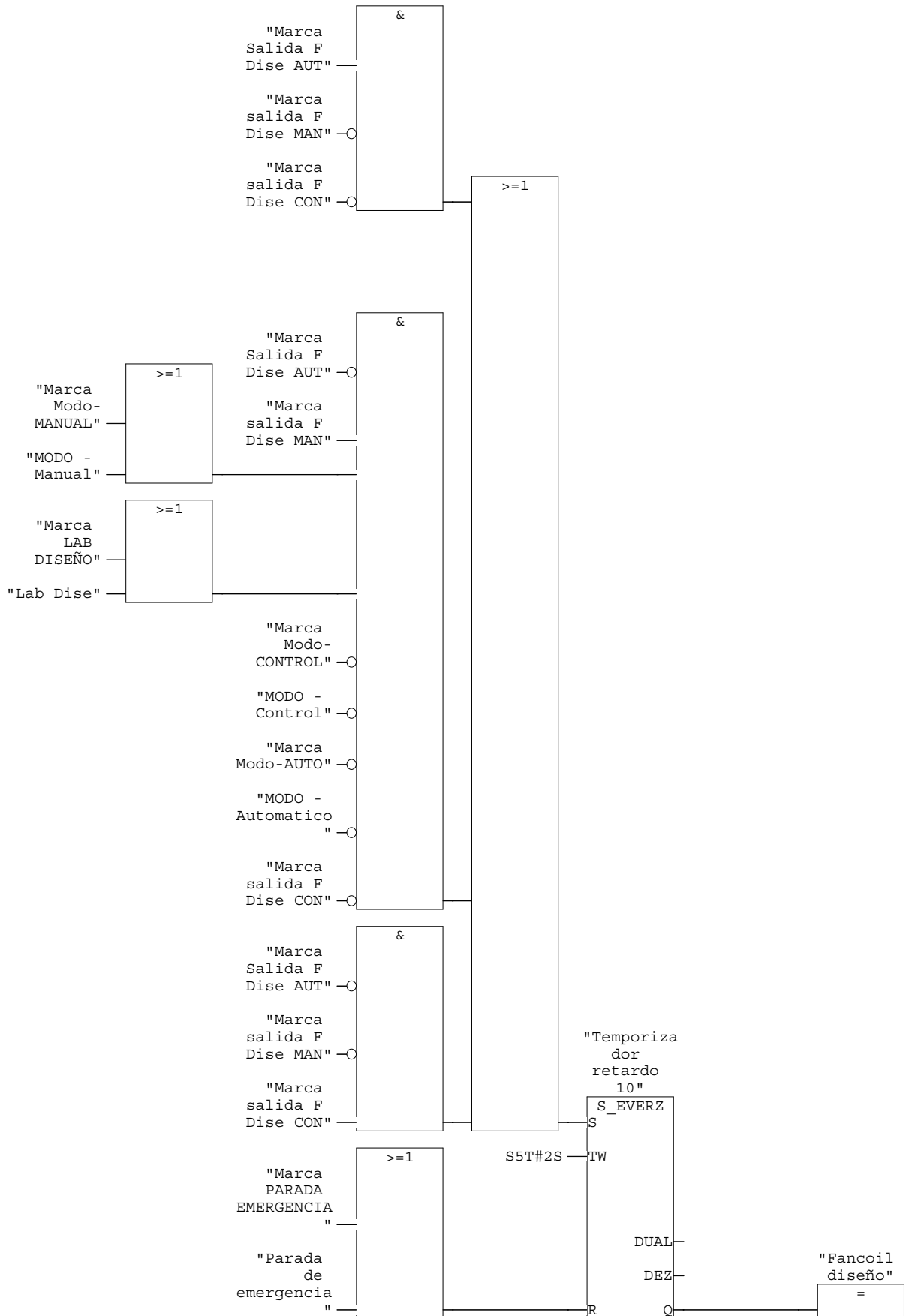
Segm.: 20 Velocidad 3 del fancoil del Laboratorio de Transferencia

Las marcas de cada modo activan la salida digital del elemento



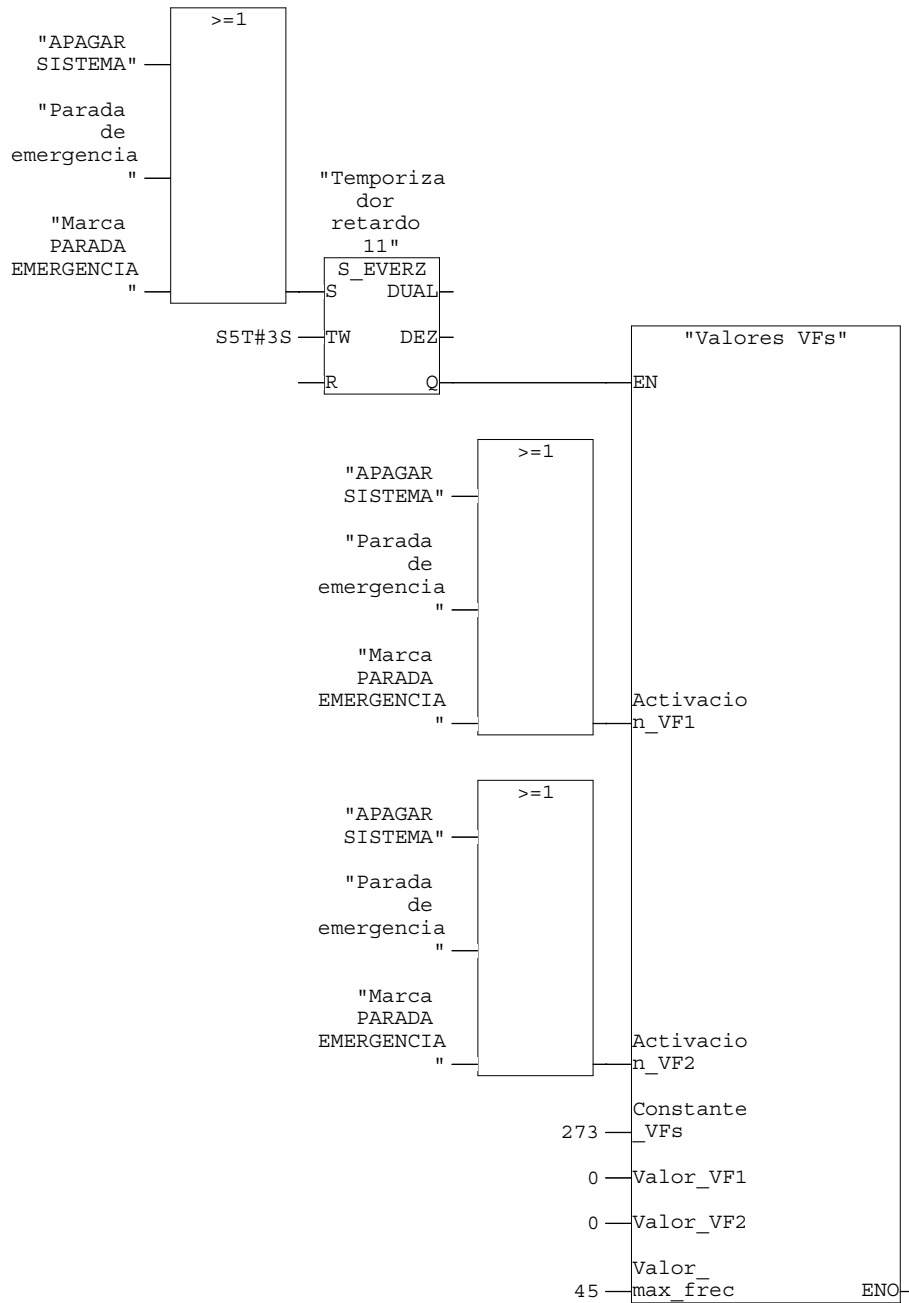
Segm.: 21 Fancoil del Laboratorio de Diseño

Las marcas de cada modo activan la salidad digital del elemento



Segm.: 22      Secuencia de APAGAGO

Secuencia en Grafcet para la desactivacion del sistema



**FC1 - <offline>**

"Arranque VFs" Funcion para arrancar los VFs y setearlos en 0

Nombre: Familia:  
 Autor: Versión: 0.1  
 Versión del bloque: 2  
 Hora y fecha Código: 23/11/2009 15:50:08  
 Interface: 01/11/2009 18:11:45  
 Longitud (bloque / código / datos): 00196 00092 00000

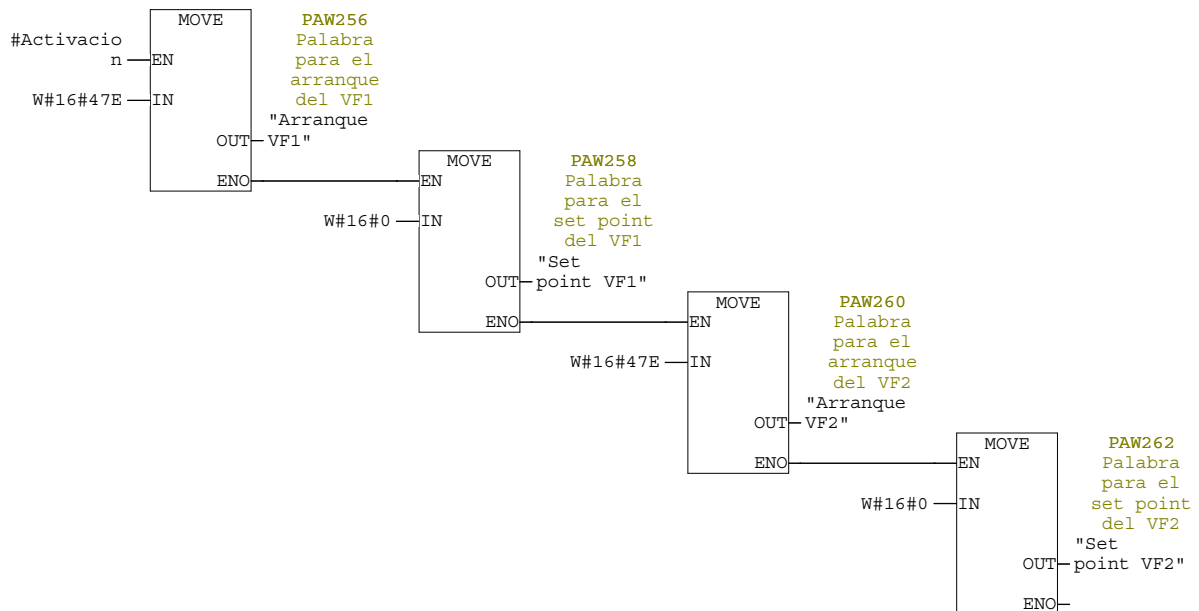
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
Activacion	Bool	0.0	Activacion para los VF's
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

**Bloque: FC1**

Segm.: 1 Orden de arranque de los Variadores de Frecuencia

El bloque MOVE le asigna el valor a del terminal IN al terminal OUT  
 - W#16#47E es la orden de arranque para los variadores de Frecuencia  
 PAW256 es la direccion del VF1 que recibe esta orden.  
 PAW260 es la direccion del VF2 que revice esta orden.

PAW258 direccion del set point del VF1. En el arranque se asigna el valor 0  
 PAW262 direccion del set point del VF2. En el arranque se asigna el valor 0



**FC2 - <offline>**

"Apertura valvulas propor"

Apertura de las valvulas proporcionales

**Nombre:****Familia:****Autor:****Versión:** 0.1**Hora y fecha Código:****Versión del bloque:** 2**Interface:**

20/03/2010 11:31:31

05/11/2009 21:53:48

**Longitud (bloque / código / datos):** 00320 00194 00006

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
Activacion	Bool	0.0	
Valor_VP1	Int	2.0	
Valor_VP2	Int	4.0	
Constante_multi	Int	6.0	
Max_val_VP1	Int	8.0	
Max_Val_VP2	Int	10.0	
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
TEMP6	Int	0.0	
TEMP7	Int	2.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

**Bloque: FC2 Apertura VPs**

Segm.: 1 Orden de apertura de la Valvula Proporcional 1

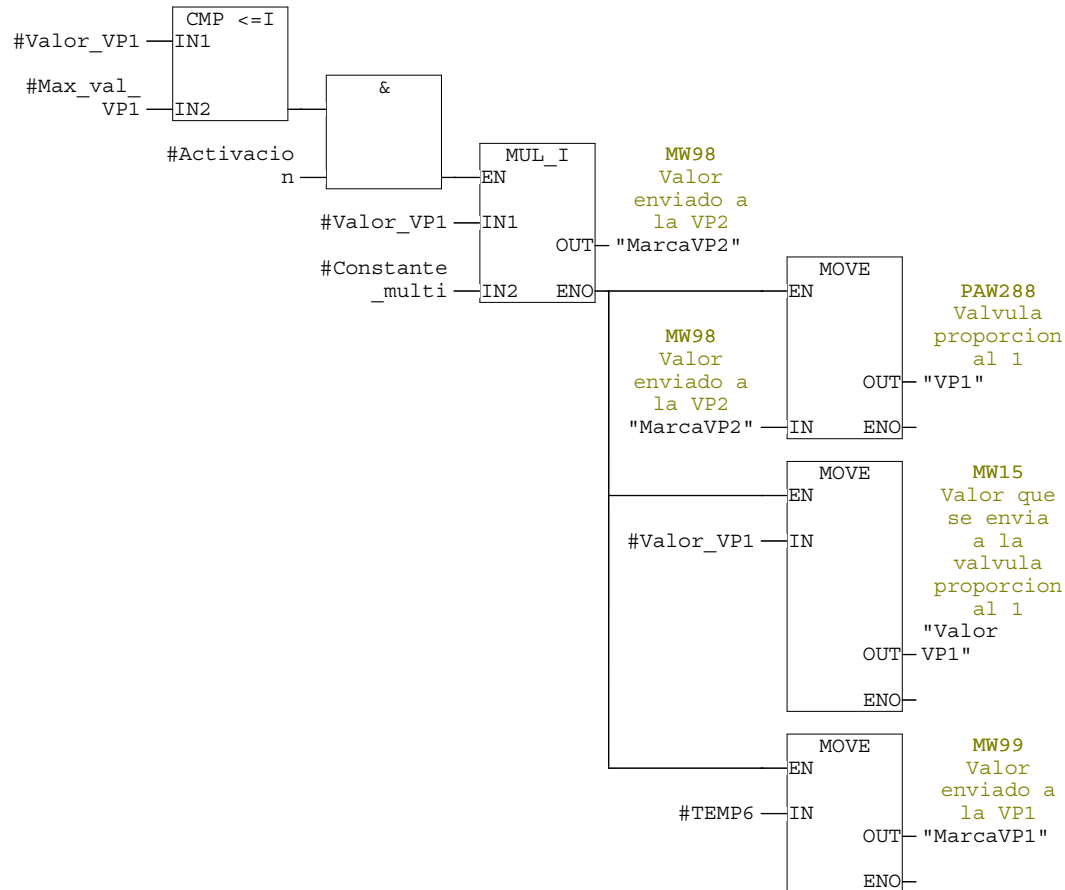
1- Se compara el valor del porcentaje de apertura con un set point predeterminado propio de cada valvula proporcional, este valor (porcentaje de apertura) no debe ser mayor al del set point.

2- El valor del porcentaje de apertura se multiplica por una constante calculada.

3- El resultado se envia a la salida del modulo SM334 de la VP1

0% = 4mA = 0 dec = 0 hex

100% = 20mA = 27648 dec = 6C00 hex



Segm.: 2 Orden de apertura de la Valvula Proporcional 2

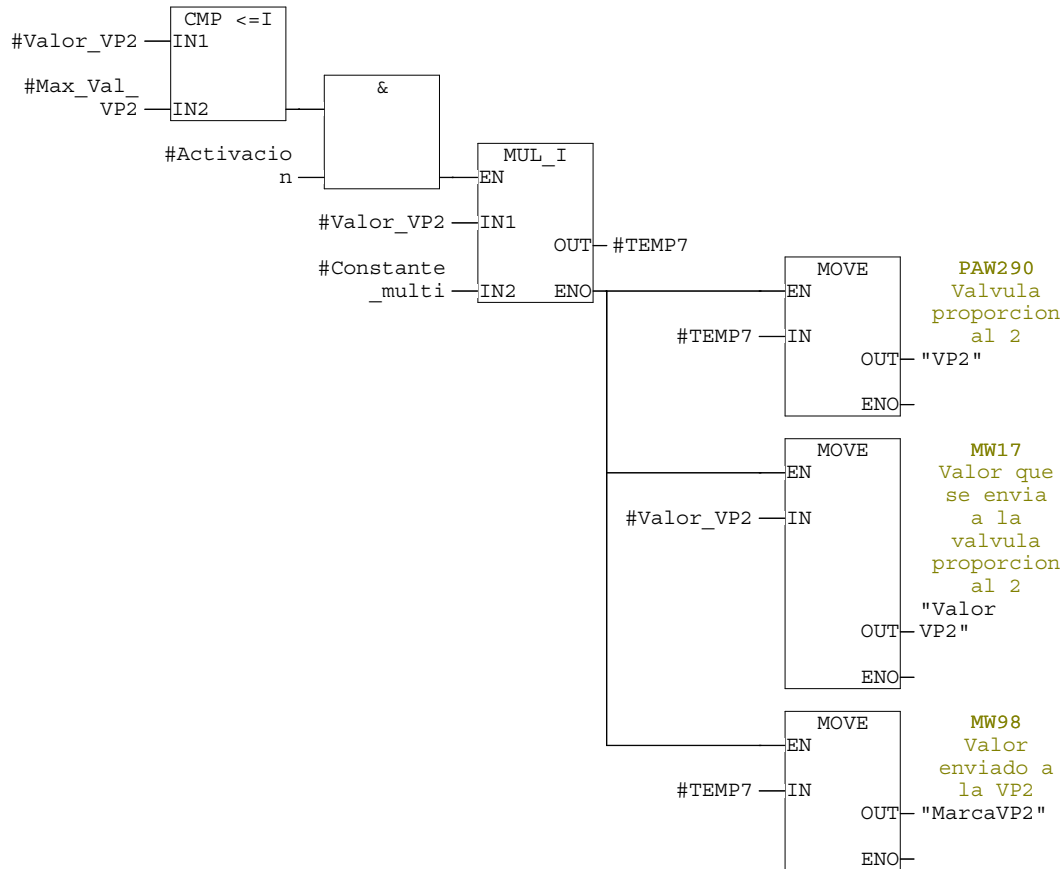
1- Se compara el valor del porcentaje de apertura con un set point predeterminado propio de cada valvula proporcional, este valor (porcentaje de apertura) no debe ser mayor al del set point.

2- El valor del porcentaje de apertura se multiplica por una constante calculada.

3- El resultado se envia a la salida del modulo SM334 de la VP2

0% = 4mA = 0 dec = 0 hex

100% = 20mA = 27648 dec = 6C00 hex





**FC3 - <offline>**

"Valores VFs" Valores para los variadores de frecuencia

**Nombre:** Familia:  
**Autor:** Versión: 0.1  
**Hora y fecha Código:** 19/03/2010 18:48:33  
Interface: 14/11/2009 20:31:48  
**Longitud (bloque / código / datos):** 00384 00254 00006

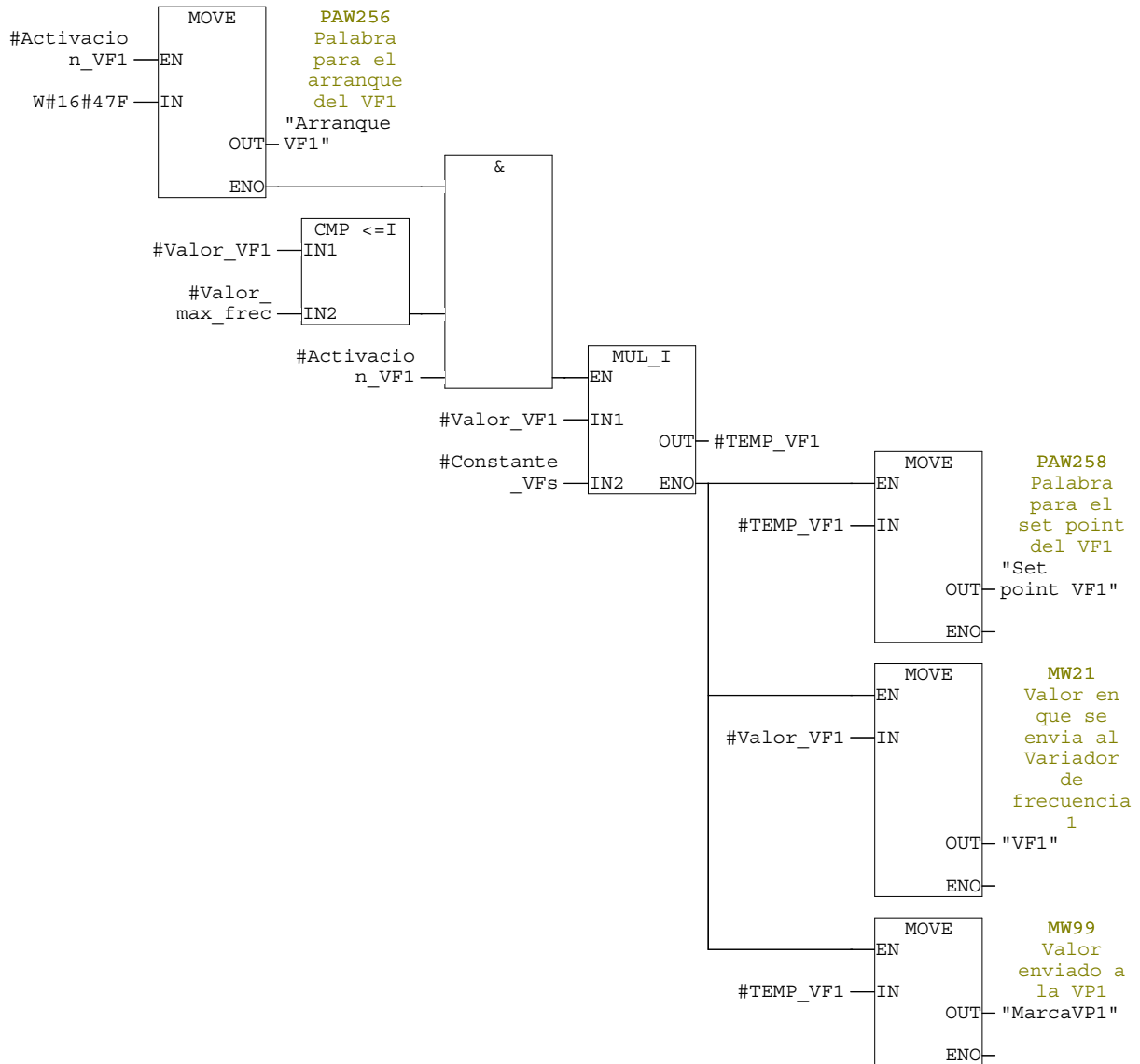
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
Activacion_VF1	Bool	0.0	Activacion para ingresar valores al VF1
Activacion_VF2	Bool	0.1	Activacion para ingresar valores al VF2
Constante_VFs	Int	2.0	Constante de multiplicacion para los VFs
Valor_VF1	Int	4.0	Valor del Variador de frecuencia 1
Valor_VF2	Int	6.0	Valor del Variador de frecuencia 2
Valor_max_frec	Int	8.0	Valor maximo de la frecuencia
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
TEMP_VF1	Int	0.0	Valor temporal del variador de frecuencia 1
TEMP_VF2	Int	2.0	Valor temporal del variador de frecuencia 2
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

Bloque: FC3 Valores de los VFs

## Segm.: 1 Asiganacion de valor para el Variador de Frecuencia 1

El bloque MOVE le asigna el valor a del terminal IN al terminal OUT  
 - W#16#47F es la siguiente orden (W#16#47E fue la anterior orden) para el arranque de los variadores de Frecuencia  
 PAW256 es la direccion del VF1 que recibe esta orden.  
 PAW260 es la direccion del VF2 que revice esta orden.

El bloque MUL I multiplica el valor de la terminal IN1 por el de la terminal IN2 y envia el resultado a la terminal OUT.  
 La etiqueta "Valor VF1" es multiplicada por la etiqueta "Constante\_VFs" y el resultado de esta operacion es enviado a PAW258, direccion del set point del VF1. Los valores pueden variar entre 0 y 45.  
 La etiqueta "Valor VF2" es multiplicada por la etiqueta "Constante\_VFs" y el resultado de esta operacion es enviado a PAW262, direccion del set point del VF2. Los valores pueden variar entre 0 y 45.

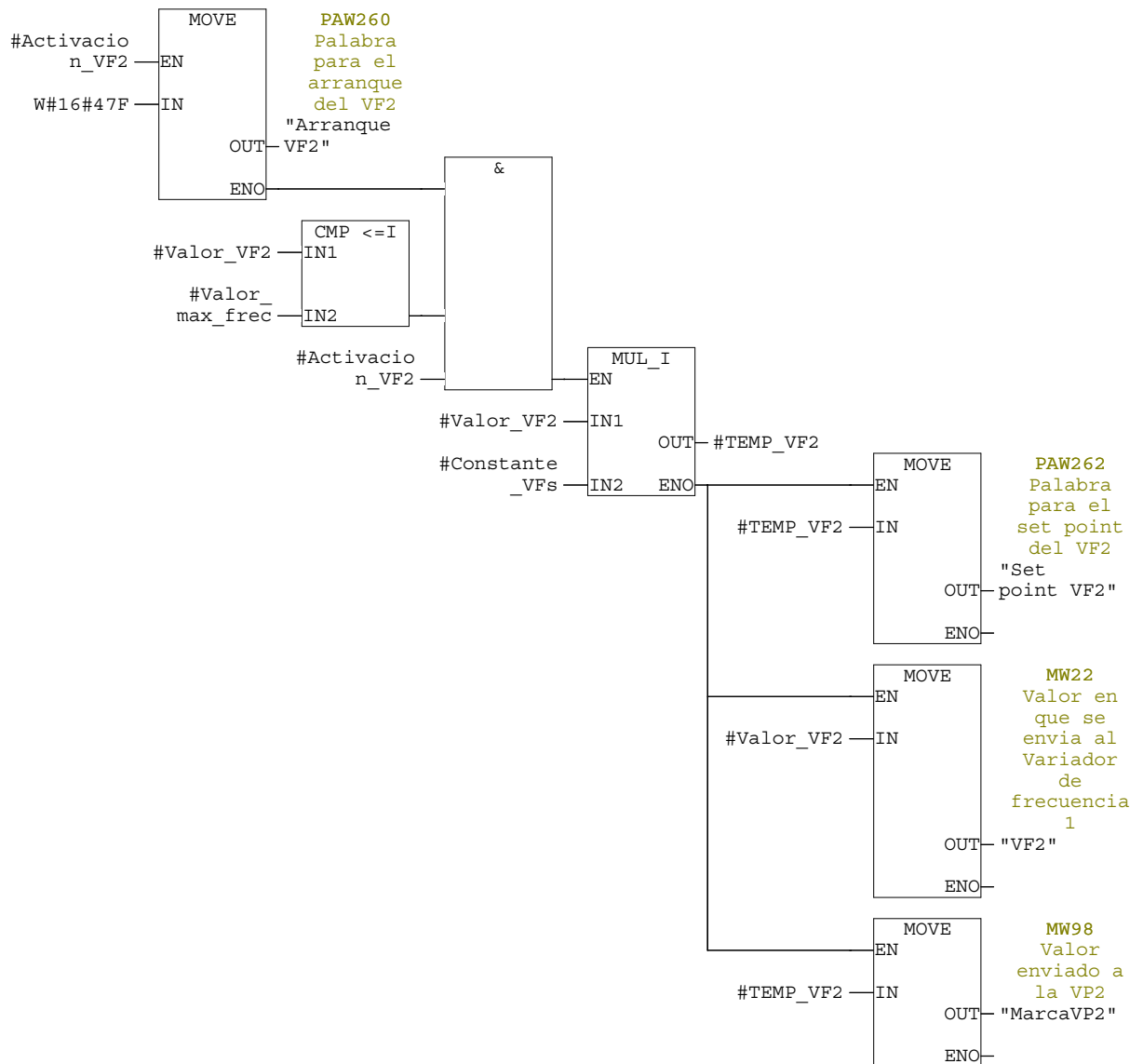


## Segm.: 2 Asiganacion de valor para el Variador de Frecuencia 2

El bloque MOVE le asigna el valor a del terminal IN al terminal OUT  
 - W#16#47F es la siguiente orden (W#16#47E fue la anterior orden) para el arranque de los variadores de Frecuencia  
 PAW256 es la direccion del VF1 que recibe esta orden.  
 PAW260 es la direccion del VF2 que revice esta orden.

El bloque MUL I multiplica el valor de la terminal IN1 por el de la terminal IN2 y envia el resultado a la terminal OUT.  
 La etiqueta "Valor VF1" es multiplicada por la etiqueta "Constante\_VFs" y el

resultado de esta operacion es enviado a PAW258, direccion del set point del VF1. Los valores pueden variar entre 0 y 45.  
La etiqueta "Valor VF2" es multiplicada por la etiqueta "Constante\_VFs" y el resultado de esta operacion es enviado a PAW262, direccion del set point del VF2. Los valores pueden variar entre 0 y 45.



**FC4 - <offline>**

"Temperaturas RTDs" Operacion para obtener las temperaturas que sensan las RTDs

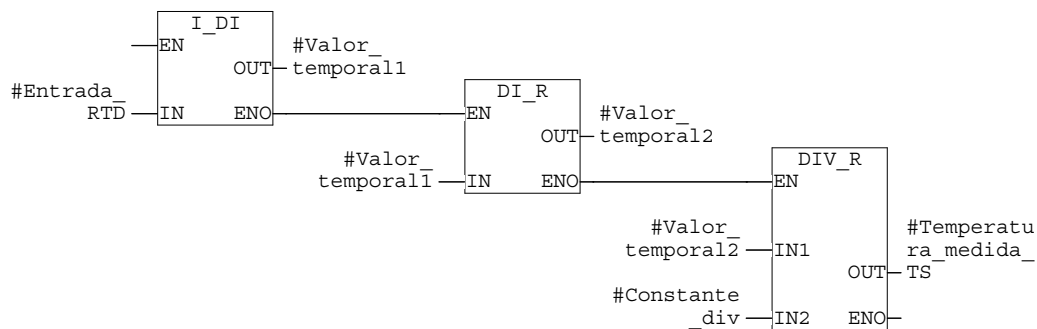
**Nombre:** Familia:  
**Autor:** Versión: 0.1  
**Hora y fecha Código:** 27/11/2009 17:24:42  
**Interface:** 15/11/2009 18:03:55  
**Longitud (bloque / código / datos):** 00176 00070 00008

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
Entrada_RTD	Int	0.0	Entrada del valor medido por la RTD
Constante_div	Real	2.0	Constante de division
OUT		0.0	
Temperatura_medida_TS	Real	6.0	Resultado de la division- Temperatura
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
Valor_temporal1	DInt	0.0	valor temporal a la conversion a DI
Valor_temporal2	Real	4.0	valor temporal a la division a R
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

**Bloque: FC4 Temperaturas RTDs**

Segm.: 1 Operacion para obtener la temperatura de las RTDs

Se convierte el valor que envia la RTD (a traves de las entradas PEW320 a PEW328 de uno de los modulos SM331) de entero a real. Luego este se divide este dato en 100 y se obtiene el valor de la temperatura en °C (grados celcius).



**FC5 - <offline>**

"Temperaturas TTs" Operacion para obtener las temperaturas que sensan los TTs

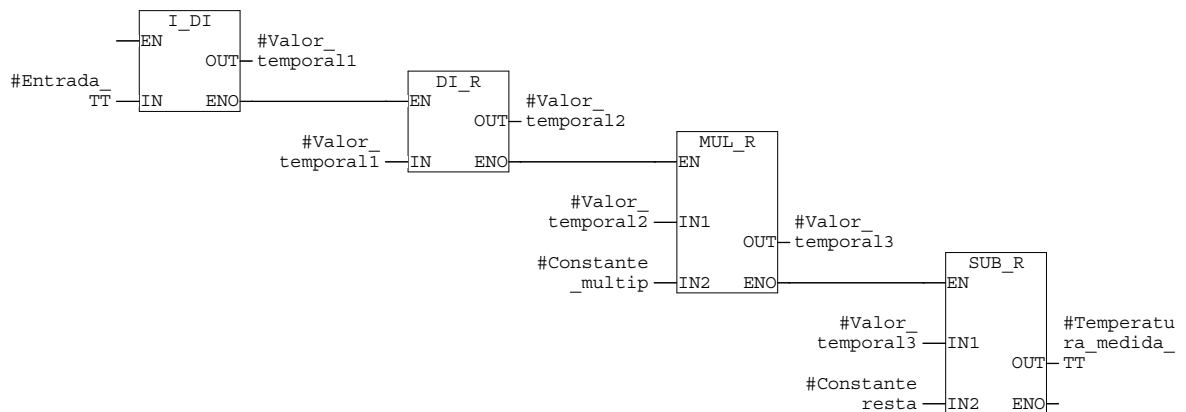
**Nombre:** Familia:  
**Autor:** Versión: 0.1  
**Hora y fecha Código:** 27/11/2009 17:49:13  
**Interface:** 27/11/2009 17:24:59  
**Longitud (bloque / código / datos):** 00212 00100 00012

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
Entrada_TT	Int	0.0	Entrada del valor medido por el TT
Constante_multip	Real	2.0	Constante de multiplicacion
Constante_resta	Real	6.0	Constante de resta
OUT		0.0	
Temperatura_medida_TT	Real	10.0	Resultado de la operacion - Temperatura
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
Valor_temporal1	DInt	0.0	valor temporal a la conversion a DI
Valor_temporal2	Real	4.0	valor temporal a la multiplicacion a R
Valor_temporal3	Real	8.0	valor temporal a la resta a R
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

**Bloque: FC5 Temperatura TTs**

Segm.: 1 Operacion para obtener la temperatura de los TTs

Las temperaturas son medidas por medio de los TTs. El valor que censa es multiplicado por una constate y luego restado, para asi, obtener el valor de la temperatura en °C (grados celcius)  
 Rago de medicion: -50°C a 200°C



**FC6 - <offline>**

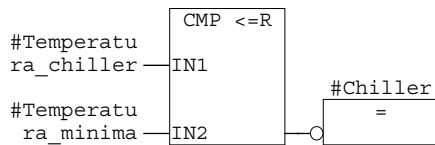
"Control Chillers" Control de temperatura para el encendido y apagado de los Chillers

**Nombre:** Familia:  
**Autor:** Versión: 0.1  
**Hora y fecha Código:** 30/11/2009 17:13:20  
**Interface:** 30/11/2009 17:13:20  
**Longitud (bloque / código / datos):** 00138 00036 00000

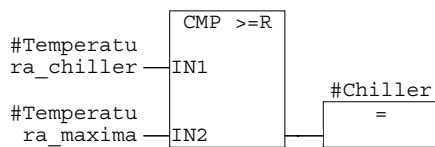
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
Temperatura_chiller	Real	0.0	Valor sentido por el TT
Temperatura_minima	Real	4.0	Temperatura minima que puede alcanzar
Temperatura_maxima	Real	8.0	Temperatura maxima que puede alcanzar
OUT		0.0	
Chiller	Bool	12.0	Chiller a ser controlado
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

**Bloque: FC6 Control de encendido y apagado del chiller por temperatura**

Segm.: 1 Control de apagado por baja temperatura



Segm.: 2 Control de encendido por alta temperatura



**FC8 - <offline>**

"Valor VF-MODO CONTROL"      Valor del VF1 para el MODO CONTROL  
**Nombre:**                              **Familia:**  
**Autor:**                                **Versión:** 0.1  
    **Versión del bloque:** 2  
**Hora y fecha Código:**              07/03/2010 17:34:02  
    **Interface:**      07/03/2010 17:34:02  
**Longitud (bloque / código / datos):** 00244 00130 00004

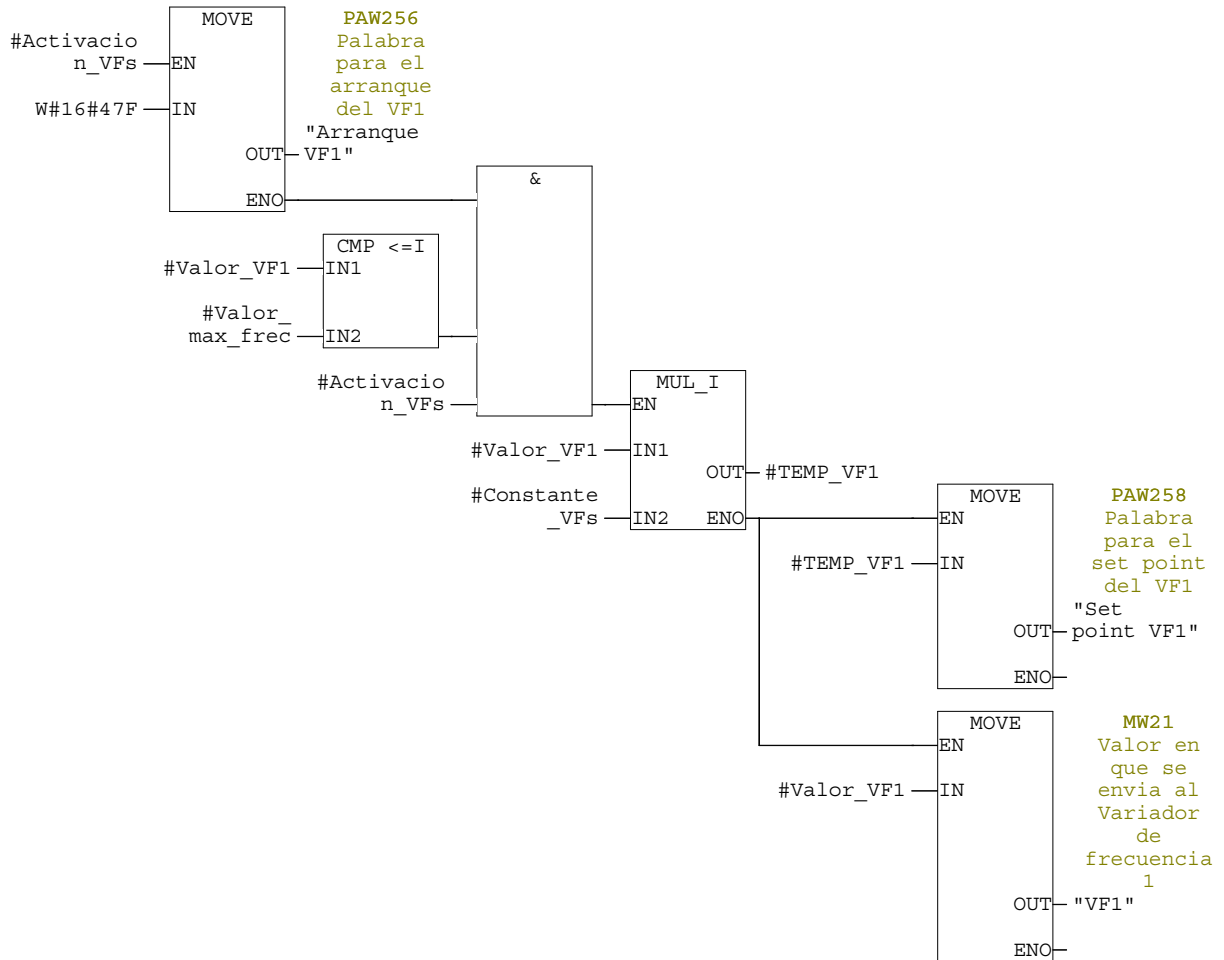
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
IN		0.0	
Activacion_VFs	Bool	0.0	Activacion para ingresar valores al VF1
Constante_VFs	Int	2.0	Constante de multiplicacion para los VFs
Valor_VF1	Int	4.0	Valor del Variador de frecuencia 1
Valor_max_frec	Int	6.0	Valor maximo de la frecuencia
OUT		0.0	
IN_OUT		0.0	
TEMP		0.0	
TEMP_VF1	Int	0.0	Valor temporal del variador de frecuencia 1
RETURN		0.0	
RET_VAL		0.0	

<b>Bloque: FC8 Valor VF-MODO CONTROL</b>
--

## Segm.: 1 Asiganacion de valor para el Variador de Frecuencia 1

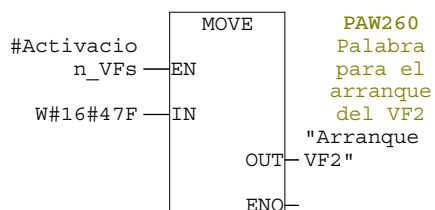
El bloque MOVE le asigna el valor a del terminal IN al terminal OUT  
 - W#16#47F es la siguiente orden (W#16#47E fue la anterior orden) para el arranque de los variadores de Frecuencia  
 PAW256 es la direccion del VF1 que recibe esta orden.  
 PAW260 es la direccion del VF2 que revice esta orden.

El bloque MUL\_I multiplica el valor de la terminal IN1 por el de la terminal IN2 y envia el resultado a la terminal OUT.  
 La etiqueta "Valor VF1" es multiplicada por la etiqueta "Constante\_VFs" y el resultado de esta operacion es enviado a PAW258, direccion del set point del VF1. Los valores pueden variar entre 0 y 45.



## Segm.: 2 Asiganacion de valor para el arranque del VF2

El bloque MOVE le asigna el valor a del terminal IN al terminal OUT  
 - W#16#47F es la siguiente orden (W#16#47E fue la anterior orden) para el arranque de los variadores de Frecuencia  
 PAW256 es la direccion del VF1 que recibe esta orden.  
 PAW260 es la direccion del VF2 que revice esta orden.





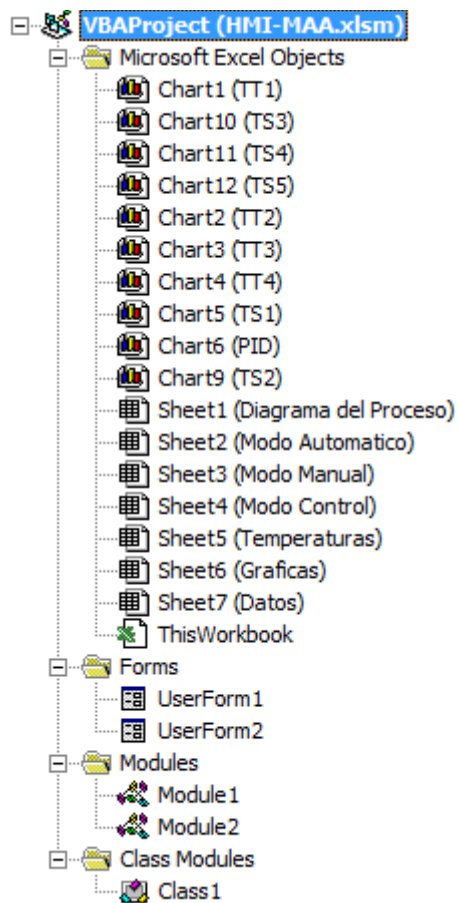
## **ANEXO C**

### **Macros en Microsoft Office Excel 2007**

## MACROS EN MICROSOFT OFFICE EXCEL 2007

El árbol del proyecto de Excel en donde se encuentran alojados los macros, se encuentra detallado en la figura 1.

Figura 1. Árbol de proyecto de los macros.



Fuente: Autor del proyecto.

## 1. Macros Hoja 1 - Diagrama del proceso

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
  TextBox1 = Empty  
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton1_Click()  
  If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B58") Then  
    If [ToggleButton1].Value = True Then  
      [ToggleButton1].Caption = "PARADA DE EMERGENCIA ACTIVA"  
      [ToggleButton1].BackColor = &HFFFF&  
  
      Dim pemrg1 As Long  
      pemrg1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
      DDEPoke pemrg1, "M4.0", Worksheets("Datos").Range("C34")  
      DDETerminate (pemrg1)  
  
    Else  
      [ToggleButton1].Caption = "PARADA DE EMERGENCIA"  
      [ToggleButton1].BackColor = &HC0C0C0  
  
      Dim pemrg0 As Long  
      pemrg0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
      DDEPoke pemrg0, "M4.0", Worksheets("Datos").Range("d34")  
      DDETerminate (pemrg0)  
  
    End If  
  Else  
    MsgBox "Cotraseña no valida"  
  End If  
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton2_Click()  
  If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =  
  Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then  
    If [ToggleButton2].Value = True Then  
      [ToggleButton2].Caption = "APAGAR Activado"  
      [ToggleButton2].BackColor = &H80000006  
      Dim apagar1 As Long  
      apagar1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
      DDEPoke apagar1, "M87.5", Worksheets("Datos").Range("C34")  
      DDETerminate (apagar1)  
  
    Else  
      [ToggleButton2].Caption = "APAGAR Desactivado"  
      [ToggleButton2].BackColor = &HC0C0C0  
  
      Dim apagar0 As Long  
      apagar0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
      DDEPoke apagar0, "M87.5", Worksheets("Datos").Range("D34")  
      DDETerminate (apagar0)
```

```

End If

Else

MsgBox "Cotraseña no valida"

End If

End Sub

```

## 2. Macros Hoja 2 - Modo Automático

```

Private Sub CommandButton1_Click()
TextBox1 = Empty
End Sub

```

```

Private Sub ToggleButton1_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton1].Value = True Then
    [ToggleButton1].Caption = "O N"
    [ToggleButton1].BackColor = &H8000&

    Dim auto1 As Long
    auto1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke auto1, "M1.1", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (auto1)

Else
    [ToggleButton1].Caption = "O F F"
    [ToggleButton1].BackColor = &HFF&

    Dim auto0 As Long
    auto0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke auto0, "M1.1", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (auto0)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

```

```

Private Sub ToggleButton2_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton2].Value = True Then

```

```

[ToggleButton2].Caption = "O N"
[ToggleButton2].BackColor = &H8000&

Dim trans1 As Long
trans1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke trans1, "M1.5", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (trans1)
Else
[ToggleButton2].Caption = "O F F"
[ToggleButton2].BackColor = &HFF&

Dim trans0 As Long
trans0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke trans0, "M1.5", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (trans0)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton3_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B56") Then
If [ToggleButton3].Value = True Then
[ToggleButton3].Caption = "O N"
[ToggleButton3].BackColor = &H8000&

Dim dise1 As Long
dise1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke dise1, "M1.6", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (dise1)
Else
[ToggleButton3].Caption = "O F F"
[ToggleButton3].BackColor = &HFF&

Dim dise0 As Long
dise0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke dise0, "M1.6", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (dise0)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"
End If
End Sub

Private Sub ToggleButton4_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then
If [ToggleButton4].Value = True Then
[ToggleButton4].Caption = "O N"
[ToggleButton4].BackColor = &H8000&

Dim autlab1 As Long
autlab1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")

```

```

        DDEPoke autlab1, "M1.4", Worksheets("Datos").Range("c34")
        DDETerminate (autlab1)
    Else
        [ToggleButton4].Caption = "O F F"
        [ToggleButton4].BackColor = &HFF&

        Dim autlab0 As Long
        autlab0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
        DDEPoke autlab0, "M1.4", Worksheets("Datos").Range("d34")
        DDETerminate (autlab0)
    End If
    Else
    MsgBox "Cotraseña no valida"
    End If
End Sub

Private Sub ToggleButton5_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B58") Then
If [ToggleButton5].Value = True Then
    [ToggleButton5].Caption = "PARADA DE EMERGENCIA ACTIVA"
    [ToggleButton5].BackColor = &HFFFF&
    Dim pemrg1 As Long
    pemrg1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke pemrg1, "M4.0", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (pemrg1)

Else
    [ToggleButton5].Caption = "PARADA DE EMERGENCIA"
    [ToggleButton5].BackColor = &HC0C0C0
    Dim pemrg0 As Long
    pemrg0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke pemrg0, "M4.0", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (pemrg0)

End If
Else
    MsgBox "Cotraseña no valida"
End If
End Sub

Private Sub ToggleButton6_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton6].Value = True Then
    [ToggleButton6].Caption = "APAGAR Activado"
    [ToggleButton6].BackColor = &H80000006
    Dim apagar1 As Long
    apagar1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke apagar1, "M87.5", Worksheets("Datos").Range("C34")
    DDETerminate (apagar1)

Else
    [ToggleButton6].Caption = "APAGAR Desactivado"
    [ToggleButton6].BackColor = &HC0C0C0

```

```

Dim apagar0 As Long
apagar0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke apagar0, "M87.5", Worksheets("Datos").Range("D34")
DDETerminate (apagar0)

End If

Else

MsgBox "Cotraseña no valida"

End If

End Sub

```

### 3. Macros Hoja 3 - Modo Manual

```

Private Sub CommandButton1_Click()
Dim vf1 As Long
vf1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke vf1, "MD133", Worksheets("Datos").Range("P29")
DDETerminate (vf1)
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
Dim vf2 As Long
vf2 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke vf2, "MD131", Worksheets("Datos").Range("P34")
DDETerminate (vf2)

Dim vf1a As Long
vf1a = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke vf1a, "MD133", Worksheets("Datos").Range("P29")
DDETerminate (vf1a)
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
Dim vp1 As Long
vp1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke vp1, "MD111", Worksheets("Datos").Range("T29")
DDETerminate (vp1)
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()
Dim vp2 As Long
vp2 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke vp2, "MD113", Worksheets("Datos").Range("T34")
DDETerminate (vp2)
End Sub

Private Sub CommandButton5_Click()
TextBox1 = Empty

```

End Sub

```
Private Sub ToggleButton1_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton1].Value = True Then
    [ToggleButton1].Caption = "O N"
    [ToggleButton1].BackColor = &H8000&

    Dim man1 As Long
    man1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke man1, "M1.2", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (man1)
Else
    [ToggleButton1].Caption = "O F F"
    [ToggleButton1].BackColor = &HFF&

    Dim man0 As Long
    man0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke man0, "M1.2", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (man0)

End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton10_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton10].Value = True Then
    [ToggleButton10].Caption = "O N"
    [ToggleButton10].BackColor = &H8000&

    Dim vel31 As Long
    vel31 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke vel31, "M111.6", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (vel31)
Else
    [ToggleButton10].Caption = "O F F"
    [ToggleButton10].BackColor = &HFF&

    Dim vel30 As Long
    vel30 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke vel30, "M111.6", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (vel30)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"
```



```
End If
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton11_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B56") Then
If [ToggleButton11].Value = True Then
    [ToggleButton11].Caption = "O N"
    [ToggleButton11].BackColor = &H8000&

    Dim dise1 As Long
    dise1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke dise1, "M1.6", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (dise1)
Else
    [ToggleButton11].Caption = "O F F"
    [ToggleButton11].BackColor = &HFF&

    Dim dise0 As Long
    dise0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke dise0, "M1.6", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (dise0)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

```

```
End If
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton12_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B56") Then
If [ToggleButton12].Value = True Then
    [ToggleButton12].Caption = "O N"
    [ToggleButton12].BackColor = &H8000&

    Dim fdi1 As Long
    fdi1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke fdi1, "M111.7", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (fdi1)
Else
    [ToggleButton12].Caption = "O F F"
    [ToggleButton12].BackColor = &HFF&

    Dim fdi0 As Long
    fdi0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke fdi0, "M111.7", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (fdi0)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

```

```
End If
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton13_Click()
```

```

If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then
If [ToggleButton13].Value = True Then
    [ToggleButton13].Caption = "O N"
    [ToggleButton13].BackColor = &H8000&

    Dim autlab1 As Long
    autlab1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke autlab1, "M1.4", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (autlab1)
Else
    [ToggleButton13].Caption = "O F F"
    [ToggleButton13].BackColor = &HFF&

    Dim autlab0 As Long
    autlab0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke autlab0, "M1.4", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (autlab0)
End If
Else
    MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton14_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then
If [ToggleButton14].Value = True Then
    [ToggleButton14].Caption = "O N"
    [ToggleButton14].BackColor = &H8000&

    Dim uma1 As Long
    uma1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke uma1, "M111.0", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (uma1)
Else
    [ToggleButton14].Caption = "O F F"
    [ToggleButton14].BackColor = &HFF&

    Dim uma0 As Long
    uma0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke uma0, "M111.0", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (uma0)
End If
Else
    MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton15_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B58") Then
If [ToggleButton15].Value = True Then
    [ToggleButton15].Caption = "PARADA DE EMERGENCIA ACTIVA"
    [ToggleButton15].BackColor = &HFFFF&

```

```

Dim pemrg1 As Long
pemrg1 = DDEInitiate("TCIPPH1", "S7300")
DDEPoke pemrg1, "M4.0", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (pemrg1)

Else
[ToggleButton15].Caption = "PARADA DE EMERGENCIA"
[ToggleButton15].BackColor = &HC0C0C0
Dim pemrg0 As Long
pemrg0 = DDEInitiate("TCIPPH1", "S7300")
DDEPoke pemrg0, "M4.0", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (pemrg0)

End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton16_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton16].Value = True Then
[ToggleButton16].Caption = "APAGAR Activado"
[ToggleButton16].BackColor = &H80000006
Dim apagar1 As Long
apagar1 = DDEInitiate("TCIPPH1", "S7300")
DDEPoke apagar1, "M87.5", Worksheets("Datos").Range("C34")
DDETerminate (apagar1)

Else
[ToggleButton16].Caption = "APAGAR Desactivado"
[ToggleButton16].BackColor = &HC0C0C0

Dim apagar0 As Long
apagar0 = DDEInitiate("TCIPPH1", "S7300")
DDEPoke apagar0, "M87.5", Worksheets("Datos").Range("D34")
DDETerminate (apagar0)

End If

Else

MsgBox "Cotraseña no valida"

End If

End Sub

Private Sub ToggleButton2_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton2].Value = True Then

```

```

[ToggleButton2].Caption = "O N"
[ToggleButton2].BackColor = &H8000&

Dim bom11 As Long
bom11 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke bom11, "M111.1", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (bom11)
Else
[ToggleButton2].Caption = "O F F"
[ToggleButton2].BackColor = &HFF&

Dim bom10 As Long
bom10 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke bom10, "M111.1", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (bom10)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton3_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton3].Value = True Then
[ToggleButton3].Caption = "O N"
[ToggleButton3].BackColor = &H8000&

Dim bom21 As Long
bom21 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke bom21, "M111.2", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (bom21)
Else
[ToggleButton3].Caption = "O F F"
[ToggleButton3].BackColor = &HFF&

Dim bom20 As Long
bom20 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke bom20, "M111.2", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (bom20)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton4_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton4].Value = True Then
[ToggleButton4].Caption = "O N"
[ToggleButton4].BackColor = &H8000&

```

```

    Dim bom31 As Long
    bom31 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke bom31, "M111.3", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (bom31)
Else
    [ToggleButton4].Caption = "O F F"
    [ToggleButton4].BackColor = &HFF&

    Dim bom30 As Long
    bom30 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke bom30, "M111.3", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (bom30)
End If
Else
    MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton5_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton5].Value = True Then
    [ToggleButton5].Caption = "O N"
    [ToggleButton5].BackColor = &H8000&

    Dim ch11 As Long
    ch11 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke ch11, "M113.0", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (ch11)

Else
    [ToggleButton5].Caption = "O F F"
    [ToggleButton5].BackColor = &HFF&

    Dim ch10 As Long
    ch10 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke ch10, "M113.0", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (ch10)
End If
Else
    MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton6_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton6].Value = True Then
    [ToggleButton6].Caption = "O N"
    [ToggleButton6].BackColor = &H8000&

```

```

    Dim ch21 As Long
    ch21 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke ch21, "M113.1", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (ch21)
Else
    [ToggleButton6].Caption = "O F F"
    [ToggleButton6].BackColor = &HFF&

    Dim ch20 As Long
    ch20 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke ch20, "M113.1", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (ch20)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton7_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton7].Value = True Then
    [ToggleButton7].Caption = "O N"
    [ToggleButton7].BackColor = &H8000&

    Dim trans1 As Long
    trans1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke trans1, "M1.5", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (trans1)
Else
    [ToggleButton7].Caption = "O F F"
    [ToggleButton7].BackColor = &HFF&

    Dim trans0 As Long
    trans0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke trans0, "M1.5", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (trans0)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton8_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton8].Value = True Then
    [ToggleButton8].Caption = "O N"
    [ToggleButton8].BackColor = &H8000&

    Dim vel11 As Long
    vel11 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke vel11, "M111.4", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (vel11)

```

```

Else
    [ToggleButton8].Caption = "O F F"
    [ToggleButton8].BackColor = &HFF&

    Dim vel10 As Long
    vel10 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke vel10, "M111.4", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (vel10)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

```

```

Private Sub ToggleButton9_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton9].Value = True Then
    [ToggleButton9].Caption = "O N"
    [ToggleButton9].BackColor = &H8000&

    Dim vel21 As Long
    vel21 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke vel21, "M111.5", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (vel21)
Else
    [ToggleButton9].Caption = "O F F"
    [ToggleButton9].BackColor = &HFF&

    Dim vel20 As Long
    vel20 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke vel20, "M111.5", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (vel20)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

```

#### **4. Macros Hoja 4 - Modo Control**

```

Private Sub CommandButton1_Click()
TextBox1 = Empty
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton10_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then

    Dim lmi As Long
    lmi = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke lmi, "MD45", Worksheets("Datos").Range("S15")

```

```

        DDETerminate (lmi)

    Else

    MsgBox "Cotraseña no valida"

    End If
    End Sub

Private Sub CommandButton11_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then

    Dim td As Long
    td = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke td, "MD73", Worksheets("Datos").Range("O20")
    DDETerminate (td)

    Else

    MsgBox "Cotraseña no valida"

    End If
    End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then

    Dim valman As Long
    valman = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke valman, "MD87", Worksheets("Datos").Range("O5")
    DDETerminate (valman)

    Else

    MsgBox "Cotraseña no valida"

    End If
    End Sub

Private Sub CommandButton5_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then

    Dim gan As Long
    gan = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
    DDEPoke gan, "MD66", Worksheets("Datos").Range("O10")
    DDETerminate (gan)

    Else

    MsgBox "Cotraseña no valida"

    End If

```



```

End Sub

Private Sub CommandButton6_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then

    Dim tm As Long
    tm = DDEInitiate("TCIPPH1", "S7300")
    DDEPoke tm, "MD60", Worksheets("Datos").Range("s20")
    DDETerminate (tm)

Else

MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub CommandButton7_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then

    Dim setp As Long
    setp = DDEInitiate("TCIPPH1", "S7300")
    DDEPoke setp, "MD155", Worksheets("Datos").Range("S5")
    DDETerminate (setp)

Else

MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub CommandButton8_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then

    Dim ti As Long
    ti = DDEInitiate("TCIPPH1", "S7300")
    DDEPoke ti, "MD67", Worksheets("Datos").Range("O15")
    DDETerminate (ti)

Else

MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub CommandButton9_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then

    Dim lms As Long
    lms = DDEInitiate("TCIPPH1", "S7300")
    DDEPoke lms, "MD44", Worksheets("Datos").Range("S10")
    DDETerminate (lms)

```

```

Else

MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton1_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton1].Value = True Then
[ToggleButton1].Caption = "O N"
[ToggleButton1].BackColor = &H8000&

Dim cont1 As Long
cont1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke cont1, "M1.3", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (cont1)
Else
[ToggleButton1].Caption = "O F F"
[ToggleButton1].BackColor = &HFF&

Dim cont0 As Long
cont0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke cont0, "M1.3", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (cont0)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton10_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then
If [ToggleButton10].Value = True Then
[ToggleButton10].Caption = "O N"
[ToggleButton10].BackColor = &H8000&

Dim ad1 As Long
ad1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke ad1, "M89.2", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (ad1)

Else
[ToggleButton10].Caption = "O F F"
[ToggleButton10].BackColor = &HFF&

Dim ad0 As Long
ad0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke ad0, "M89.2", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (ad0)

```

```

End If
Else
MsgBox "Contraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton2_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then
If [ToggleButton2].Value = True Then
[ToggleButton2].Caption = "O N"
[ToggleButton2].BackColor = &H8000&

Dim trans1 As Long
trans1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke trans1, "M1.5", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (trans1)
Else
[ToggleButton2].Caption = "O F F"
[ToggleButton2].BackColor = &HFF&

Dim trans0 As Long
trans0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke trans0, "M1.5", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (trans0)
End If
Else
MsgBox "Contraseña no valida"

End If
End Sub

Private Sub ToggleButton3_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B56") Then
If [ToggleButton3].Value = True Then
[ToggleButton3].Caption = "O N"
[ToggleButton3].BackColor = &H8000&

Dim dise1 As Long
dise1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke dise1, "M1.6", Worksheets("Datos").Range("c34")
DDETerminate (dise1)
Else
[ToggleButton3].Caption = "O F F"
[ToggleButton3].BackColor = &HFF&

Dim dise0 As Long
dise0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")
DDEPoke dise0, "M1.6", Worksheets("Datos").Range("d34")
DDETerminate (dise0)
End If
Else
MsgBox "Contraseña no valida"

```

```
End If
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton4_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then
If [ToggleButton4].Value = True Then
    [ToggleButton4].Caption = "O N"
    [ToggleButton4].BackColor = &H8000&

    Dim autlab1 As Long
    autlab1 = DDEInitiate("TCIP1H1", "S7300")
    DDEPoke autlab1, "M1.4", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (autlab1)
Else
    [ToggleButton4].Caption = "O F F"
    [ToggleButton4].BackColor = &HFF&

    Dim autlab0 As Long
    autlab0 = DDEInitiate("TCIP1H1", "S7300")
    DDEPoke autlab0, "M1.4", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (autlab0)
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"
```

```
End If
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton5_Click()
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B58") Then
If [ToggleButton5].Value = True Then
    [ToggleButton5].Caption = "PARADA DE EMERGENCIA ACTIVA"
    [ToggleButton5].BackColor = &HFFFF&

    Dim pemrg1 As Long
    pemrg1 = DDEInitiate("TCIP1H1", "S7300")
    DDEPoke pemrg1, "M4.0", Worksheets("Datos").Range("c34")
    DDETerminate (pemrg1)

Else
    [ToggleButton5].Caption = "PARADA DE EMERGENCIA"
    [ToggleButton5].BackColor = &HC0C0C0

    Dim pemrg0 As Long
    pemrg0 = DDEInitiate("TCIP1H1", "S7300")
    DDEPoke pemrg0, "M4.0", Worksheets("Datos").Range("d34")
    DDETerminate (pemrg0)
```

```
End If
Else
MsgBox "Cotraseña no valida"
```

```
End If
```

End Sub

```
Private Sub ToggleButton6_Click()  
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then  
If [ToggleButton6].Value = True Then  
    [ToggleButton6].Caption = "O N"  
    [ToggleButton6].BackColor = &H8000&  
  
    Dim vman1 As Long  
    vman1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
    DDEPoke vman1, "M88.4", Worksheets("Datos").Range("c34")  
    DDETerminate (vman1)  
  
Else  
    [ToggleButton6].Caption = "O F F"  
    [ToggleButton6].BackColor = &HFF&  
  
    Dim vman0 As Long  
    vman0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
    DDEPoke vman0, "M88.4", Worksheets("Datos").Range("d34")  
    DDETerminate (vman0)
```

```
End If  
Else  
MsgBox "Cotraseña no valida"
```

```
End If  
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton7_Click()  
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Or TextBox1 =  
Worksheets("Datos").Range("B56") Or TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B57") Then  
If [ToggleButton7].Value = True Then  
    [ToggleButton7].Caption = "APAGAR Activado"  
    [ToggleButton7].BackColor = &H80000006  
    Dim apagar1 As Long  
    apagar1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
    DDEPoke apagar1, "M87.5", Worksheets("Datos").Range("C34")  
    DDETerminate (apagar1)  
  
Else  
    [ToggleButton7].Caption = "APAGAR Desactivado"  
    [ToggleButton7].BackColor = &HC0C0C0  
  
    Dim apagar0 As Long  
    apagar0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
    DDEPoke apagar0, "M87.5", Worksheets("Datos").Range("D34")  
    DDETerminate (apagar0)
```

```
End If
```

```
Else
```

```
MsgBox "Cotraseña no valida"
```

End If

End Sub

```
Private Sub ToggleButton8_Click()  
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then  
If [ToggleButton8].Value = True Then  
    [ToggleButton8].Caption = "O N"  
    [ToggleButton8].BackColor = &H8000&  
  
    Dim ap1 As Long  
    ap1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
    DDEPoke ap1, "M89.0", Worksheets("Datos").Range("c34")  
    DDETerminate (ap1)  
  
Else  
    [ToggleButton8].Caption = "O F F"  
    [ToggleButton8].BackColor = &HFF&  
  
    Dim ap0 As Long  
    ap0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
    DDEPoke ap0, "M80.0", Worksheets("Datos").Range("d34")  
    DDETerminate (ap0)  
  
End If  
Else  
MsgBox "Contraseña no valida"  
  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub ToggleButton9_Click()  
If TextBox1 = Worksheets("Datos").Range("B55") Then  
If [ToggleButton9].Value = True Then  
    [ToggleButton9].Caption = "O N"  
    [ToggleButton9].BackColor = &H8000&  
  
    Dim ai1 As Long  
    ai1 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
    DDEPoke ai1, "M89.1", Worksheets("Datos").Range("c34")  
    DDETerminate (ai1)  
  
Else  
    [ToggleButton9].Caption = "O F F"  
    [ToggleButton9].BackColor = &HFF&  
  
    Dim ai0 As Long  
    ai0 = DDEInitiate("TCPIPH1", "S7300")  
    DDEPoke ai0, "M89.1", Worksheets("Datos").Range("d34")  
    DDETerminate (ai0)  
  
End If  
Else
```

```
MsgBox "Cotraseña no valida"
```

```
End If  
End Sub
```

## 5. Macros Hoja 6 - Graficas

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Chart2.Visible = True  
Chart2.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton10_Click()  
Application.ScreenUpdating = False  
Chart1.Visible = xlSheetHidden  
Chart10.Visible = xlSheetHidden  
Chart11.Visible = xlSheetHidden  
Chart12.Visible = xlSheetHidden  
Chart2.Visible = xlSheetHidden  
Chart3.Visible = xlSheetHidden  
Chart4.Visible = xlSheetHidden  
Chart5.Visible = xlSheetHidden  
Chart9.Visible = xlSheetHidden  
Chart6.Visible = xlSheetHidden  
Application.ScreenUpdating = True  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton11_Click()  
Chart6.Visible = True  
Chart6.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton12_Click()  
Dim ipAddress As String  
ipAddress = Range("B36").Value  
  
Shell "Ping " & ipAddress, vbNormalFocus
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton13_Click()  
Worksheets("Graficas").Range("g33").FormulaR1C1 = "=ping_ip(R[6]C[2])"  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
Chart1.Visible = True  
Chart1.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()  
Chart3.Visible = True  
Chart3.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton4_Click()  
Chart4.Visible = True  
Chart4.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton5_Click()  
Chart5.Visible = True  
Chart5.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton6_Click()  
Chart9.Visible = True  
Chart9.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton7_Click()  
Chart10.Visible = True  
Chart10.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton8_Click()  
Chart11.Visible = True  
Chart11.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton9_Click()  
Chart12.Visible = True  
Chart12.Activate  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox1_Change()  
Worksheets("Datos").Range("F64") = TextBox1.Value  
End Sub
```

## **6. Macros Hoja 6 - Datos**

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Worksheets("Datos").Range("E56").FormulaR1C1 = "=ping_ip(RC[-1])"  
End Sub
```

## **7. Macros del libro - *ThisWorkbook***

```
Private WithEvents mTiempo As Class1  
Public inicio, tiempo As Variant  
Public dato As Variant
```



```

Private Sub Workbook_Open()
UserForm1.Show
'Borrado de _xlbgnm. , que se antepone a las solicitudes de valores a traves del DDE
Worksheets("Datos").Cells.Replace What:="_xlbgnm.", Replacement="", LookAt:=xlPart, _
    SearchOrder:=xlByRows, MatchCase:=False, SearchFormat:=False, _
    ReplaceFormat:=False
End Sub

Sub iniciar()
Set mTiempo = New Class1
Sheets("Datos").Range("F62") = 0
Range(Sheets("Datos").Range("A69"), Sheets("Datos").Range("L67").End(xlDown).Offset(1, 0)).ClearContents
Application.ScreenUpdating = True
Call mTiempo.TareaTiempo(Sheets("Datos").Range("F64").Value)

End Sub
Sub finalizar()
Sheets("Datos").Range("F62").Value = 0

End Sub
Sub mTiempo_EnviarDato()
Dim r1 As Range
'Adquisicion de los datos
Worksheets("Datos").Range("A67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value = Now()
Worksheets("Datos").Range("B67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("A30").Value
Worksheets("Datos").Range("C67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("B30").Value
Worksheets("Datos").Range("D67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("C30").Value
Worksheets("Datos").Range("E67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("D30").Value
Worksheets("Datos").Range("F67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("E30").Value
Worksheets("Datos").Range("G67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("F30").Value
Worksheets("Datos").Range("H67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("G30").Value
Worksheets("Datos").Range("I67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("H30").Value
Worksheets("Datos").Range("J67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("I30").Value
Worksheets("Datos").Range("K67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("M54").Value
Worksheets("Datos").Range("L67").End(xlDown).Offset(1, 0).Value =
Worksheets("Datos").Range("N62").Value
End Sub

```

## 8. Macros Formulario - UserForm1

```

Private Sub CommandButton1_Click()

```

```
UserForm1.Hide
UserForm2.Show
End Sub
```

## 9. Macros Formulario – UserForm2

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
    TextBox1.Text = "OK"
```

```
    Worksheets("Datos").Range("E56").FormulaR1C1 = "=ping_ip(RC[-1])"
```

```
    If Worksheets("Datos").Range("E56") = True Then
```

```
        TextBox2.Text = "ON"
```

```
        CommandButton3.Visible = False
```

```
    Else
```

```
        TextBox2.Text = "OFF"
```

```
        CommandButton3.Visible = True
```

```
    End If
```

```
    Dim CheckDDE
```

```
    Dim RetVal
```

```
    CheckDDE = 2
```

```
    On Error GoTo NoAbrio
```

```
    RetVal = Shell("C:\Program Files\INAT\DDE Server Ethernet\TCPIPH1.exe", 1)
```

```
    On Error GoTo 0
```

```
    CheckDDE = 1
```

```
    NoAbrio:
```

```
    If CheckDDE = 1 Then
```

```
        TextBox3.Text = "ON"
```

```
    Else
```

```
        TextBox3.Text = "OFF"
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
```

```
    UserForm2.Hide
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()
```

```
    MsgBox "El PLC se encuentra apagado. Para manipular el sistema de aire acondicionado, activar el PLC. Puede continuar en la HMI, pero ningun valor podra ser modificado."
```

```
End Sub
```

## 10. Macros Módulos – Module1

```
Sub volver_graficas()
```

```

Application.ScreenUpdating = False
ActiveChart.Visible = xlSheetHidden
'Application.ScreenUpdating = False
Worksheets("Graficas").Activate
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

```

Function ping_ip(strComputer)
ping_ip = False
Dim objWMIService: Set objWMIService = GetObject("winmgmts:\\.\root\cimv2")
Dim objPing: Set objPing = objWMIService.Get("Win32_PingStatus.Address="" & strComputer & """)
If objPing.StatusCode = 0 Then ping_ip = True
End Function

```

## 11. Macros Módulos – Module2

```

'=====
' User-defined data types
'=====
Type uab4: ab(0 To 3) As Byte: End Type
Type uab8: ab(0 To 7) As Byte: End Type

Type uFlt: f As Single: End Type
Type uDbl: d As Double: End Type

'=====
'=====
Function Byte2Sng(ab() As Byte) As Single
' Returns the conversion of
' the Big-Endian, 0-based, 4-byte array ab to a Single

' SNaN will cause overflow (as it should)

' VBA function only

Dim ub As uab4
Dim uf As uFlt

' put the bytes in Little-Endian order
ub.ab(3) = ab(0)
ub.ab(2) = ab(1)
ub.ab(1) = ab(2)
ub.ab(0) = ab(3)

' copy the bytes into the float
LSet uf = ub
Byte2Sng = uf.f
End Function

Function Sng2Byte(f As Single) As Variant

```

```

' Returns the conversion of Single f to
' a Big-Endian, 0-based, 4-byte array in the variant

' Worksheet function or VBA

Dim ab(0 To 3) As Byte
Dim ub As uab4
Dim uf As uFlt
Dim i As Long

uf.f = f

' copy the single into the byte array
LSet ub = uf

' put the bytes in Big-Endian order
For i = 0 To 3
    ab(i) = ub.ab(3 - i)
Next i

Sng2Byte = ab
End Function

Function Var2Sng(v As Variant) As Single
' Returns the conversion of
' the Big-Endian, 1-based, 4-byte array in v to a Single

' Worksheet function or VBA

Dim ub As uab4
Dim uf As uFlt
Dim i As Long

' put the bytes in Little-Endian order
For i = 0 To 3
    ub.ab(i) = v(4 - i)
Next i

' copy the bytes into the float
LSet uf = ub
Var2Sng = CSng(uf.f)
End Function

Function Sng2Hex(f As Single) As String
' Returns the conversion of float f to a hex string

' Worksheet function or VBA

Const sPad As String = "0"
Dim uf As uFlt
Dim ub As uab4
Dim i As Long

uf.f = f

```

```

LSet ub = uf

For i = 0 To 3
    Sng2Hex = Right(sPad & Hex(ub.ab(i)), 2) & " " & Sng2Hex
Next i

Sng2Hex = Left(Sng2Hex, Len(Sng2Hex) - 1)
End Function

```

```

Function Hex2Sng(ByVal s As String) As Single
' Converts hex string s to a Single

```

```

' Worksheet function or VBA

```

```

Const sPad As String = "00000000"

```

```

Dim i As Long

```

```

Dim ub As uab4

```

```

Dim ab(0 To 3) As Byte

```

```

s = Replace(s, " ", "")

```

```

If Len(s) > 8 Then Exit Function

```

```

If Len(s) < 8 Then s = Right(sPad & s, 8)

```

```

For i = 0 To 3

```

```

    ab(i) = CByte("&H" & Mid(s, 2 * i + 1, 2))

```

```

Next i

```

```

Hex2Sng = Byte2Sng(ab)

```

```

End Function

```

```

'=====
'=====

```

```

Function Byte2Dbl(ab() As Byte) As Double

```

```

' Returns the conversion of

```

```

' the Big-Endian, 0-based, 8-byte array ab to a Double

```

```

' VBA function only

```

```

Dim ub As uab8

```

```

Dim ud As uDbl

```

```

Dim i As Long

```

```

' put the bytes in Little-Endian order

```

```

For i = 0 To 7

```

```

    ub.ab(7 - i) = ab(i)

```

```

Next i

```

```

' copy the bytes into the double

```

```

LSet ud = ub

```

```

Byte2Dbl = ud.d

```

```

End Function

```

```

Function Var2Dbl(v As Variant) As Double

```

```

' Returns the conversion of

```

```

' the Big-Endian, 1-based, 8-byte array in v to a Double

' Worksheet function or VBA

Dim ub    As uab8
Dim ud    As uDbl
Dim i     As Long

' put the bytes in Little-Endian order
For i = 1 To 8
    ub.ab(8 - i) = v(i)
Next i

' copy the bytes into the double
LSet ud = ub
Var2Dbl = ud.d
End Function

Function Dbl2Byte(d As Double) As Variant
' Returns the conversion of Double d to
' a Big-Endian, 0-based, 8-byte array in the variant

' Worksheet function or VBA

Dim ab(0 To 7) As Byte
Dim ub    As uab8
Dim ud    As uDbl
Dim i     As Long

ud.d = d
LSet ub = ud

' output the bytes in Big-Endian order
For i = 0 To 7
    ab(i) = ub.ab(7 - i)
Next i
Dbl2Byte = ab
End Function

Function Dbl2Hex(d As Double) As String
' Returns the conversion of Double d to a hex string

' Worksheet function or VBA

Const sPad As String = "0"
Dim ud    As uDbl
Dim ub    As uab8
Dim i     As Long

ud.d = d
LSet ub = ud

For i = 0 To 7
    Dbl2Hex = Right(sPad & Hex(ub.ab(i)), 2) & " " & Dbl2Hex

```

```

Next i

    Dbl2Hex = Left(Dbl2Hex, Len(Dbl2Hex) - 1)
End Function

Function Hex2Dbl(ByVal sInp As String) As Double
    ' Converts hex string sInp to a Double
    ' Worksheet function or VBA

    Const sPad As String = "0000000000000000"
    Dim i As Long
    Dim ub As uab8
    Dim ab(0 To 7) As Byte

    sInp = Replace(sInp, " ", "")
    If Len(sInp) > 16 Then Exit Function
    If Len(sInp) < 16 Then sInp = Right(sPad & sInp, 16)

    For i = 0 To 7
        ab(i) = CByte("&H" & Mid(sInp, 2 * i + 1, 2))
    Next i

    Hex2Dbl = Byte2Dbl(ab)
End Function

```

```

'=====
'=====

```

```

Function Flt2Byte(flt As Variant) As Variant
    ' Returns the conversion of flt to
    ' a Big-Endian, 0-based, 4- or 8-byte array Variant

    ' VBA function only

    Dim ab8(0 To 7) As Byte
    Dim ub8 As uab8
    Dim ud As uDb1

    Dim ab4(0 To 3) As Byte
    Dim ub4 As uab4
    Dim uf As uFlt

    Dim i As Long

    Select Case VarType(flt)
        Case vbSingle
            uf.f = flt

            ' copy the single into the byte array
            LSet ub4 = uf

            ' put the bytes in Big-Endian order
            For i = 0 To 3
                ab4(i) = ub4.ab(3 - i)
            Next i
    End Select

```

```

        Flt2Byte = ab4

Case vbDouble
    ud.d = flt

    ' copy the single into the byte array
    LSet ub8 = ud

    ' put the bytes in Big-Endian order
    For i = 0 To 7
        ab8(i) = ub8.ab(7 - i)
    Next i
    Flt2Byte = ab8
Case Else
    Flt2Byte = CVErr(xlErrValue)
End Select
End Function

Function Byte2Hex(ab() As Byte) As String
    ' Converts ab to a hex string
    ' VBA function only

    Dim i As Long

    For i = LBound(ab) To UBound(ab)
        Byte2Hex = Byte2Hex & Hex(ab(i)) & " "
    Next i
    Byte2Hex = Left(Byte2Hex, Len(Byte2Hex) - 1)
End Function

```

## 12. Macros Módulos de clase – Class1

```

Option Explicit
'Public Event UpdateTime(ByVal dblJump As Double)
Public Event EnviarDato()
Public Detener As Boolean

```

```

Public Sub TareaTiempo(ByVal Duracion As Double)
    Dim dblStart As Double
    Dim dblSecond As Double
    Dim dblSoFar As Double
    dblStart = Timer
    dblSoFar = dblStart
    Sheets("Datos").Range("F62").Value = -1
    Detener = False
    'Do While Timer < dblStart + Duration
    Do While Sheets("Datos").Range("F62").Value
        If Timer - dblSoFar >= 0.1 Then
            dblSoFar = dblSoFar + 0.1
            If Timer - dblStart >= Duracion Then

```



```
        dblStart = dblStart + Duracion
        RaiseEvent EnviarDato
    End If
    DoEvents
End If
Loop

' RaiseEvent ChangeText

End Sub
```