

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y SUPERVISIÓN REMOTA DEL SISTEMA CENTRAL DE AIRE ACONDICIONADO (AGUA HELADA) PARA UN EDIFICIO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. **Becerra L, Jonathan F.**

Para optar al Título
De Ingeniero Mecánico

Caracas, 2007

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y SUPERVISIÓN REMOTA DEL SISTEMA CENTRAL DE AIRE ACONDICIONADO (AGUA HELADA) PARA UN EDIFICIO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Hans Garcia

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. **Becerra L, Jonathan F.**

Para optar al Título
De Ingeniero Mecánico

Caracas, 2007

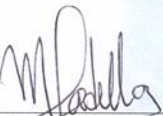


Caracas, Enero 2007.

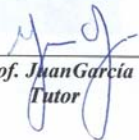
Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el alumno: **Jonathan Franklin Becerra Lewusz**, titulado:

**"AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y SUPERVISIÓN REMOTA DEL SISTEMA
CENTRAL DE AIRE ACONDICIONADO (AGUA HELADA) PARA UN
EDIFICIO"**

Consideran que le mismo cumple con los requisitos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con los las ideas expuestas por los autores, lo declaran **APROBADO**.


Prof. Miguel Padilla
Jurado


Prof. Simón Hernández
Jurado


Prof. Juan García
Tutor



DEDICATORIA

- ❖ A Dios.
- ❖ A mis padres Profs. Wanda de Becerra y Franklin Becerra.
- ❖ A mis hermanos Engelberth y Wanda Becerra.
- ❖ A la Universidad Central de Venezuela.
- ❖ A la Escuela de Ingeniería Mecánica, a mis profesores, a mis amigos y compañeros de estudio.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Dios por darme la luz para lograr el éxito.
- ❖ A mi Madre Prof. Wanda de Becerra, y mi Padre Prof. Franklin Becerra por darme la vida y proporcionarme todas las facilidades para lograr mis metas.
- ❖ A mis hermanos Engelberth y Wanda Becerra por su apoyo incondicional.
- ❖ A la Universidad Central de Venezuela “La casa que vence la sombra”.
- ❖ A mis profesores por darme los conocimientos y herramientas indispensables en mi desarrollo como personal y profesional.
- ❖ A la Escuela de Ingeniería Mecánica. y compañeros de clase.
- ❖ Al Prof. Hans García por su apoyo como Tutor.
- ❖ Al Prof. Jesuado Areyano por su apoyo.
- ❖ Al Ing. Antonio Alvarado por su asesoría técnica.
- ❖ Al Ing. Luis Martinez por darme la oportunidad de realizar esta tesis.
- ❖ Al Ing. Otlío Aguilar, Anabel Cabrera.
- ❖ Al Ing. Albeniz Melendez.

RESUMEN

Becerra L., Jonathan F.

AUTOMATIZACIÓN, CONTROL Y SUPERVISIÓN REMOTA DEL SISTEMA CENTRAL DE AIRE ACONDICIONADO (AGUA HELADA) PARA UN EDIFICIO

Tutor Académico: Prof. Hans García.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Mecánica. Año 2006, 135 páginas.

Palabras Claves: Aire Acondicionado, Automatización, PLC, PID.

Resumen: En este trabajo se plantea la implementación de un sistema de control y monitoreo remoto por medio de Internet que realice las maniobras y permita la visualización por parte de la Empresa encargada de la operación del equipo, para obtener el óptimo funcionamiento de los equipos de aire acondicionado del Edificio del Bingo Caribe para el confort de las personas que lo utilizan.

El sistema de control que se propone en este trabajo se basa en un autómata programable modelo QUANTUM de Schneider Electric con una arquitectura local de entradas y salidas (RIO) formada con un bastidor maestro y seis bastidores locales. La programación se realizó bajo el software de programación de autómatas programables “UNITY PRO”, en lenguaje de bloques funcionales. El sistema es capaz de ser monitorizado vía INTERNET (TCP/IP).

INDICE

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen	iv
Listado de Tablas	xi
Listado de Figuras	xiii
Introducción	17
CAPITULO I	
EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del Problema	19
1.2.1 Objetivo General	21
1.2.2 Objetivos Específicos	21
1.3 Justificación	21
1.4 Alcances	22
CAPITULO II	
MARCO TEORICO	
2.1 Antecedentes de otras Investigaciones	23
2.2 Presentación de la Empresa INGEMECA 3000 C.A.	25
2.3 Aire Acondicionado	26
2.3.1 Fundamentos Básicos	26
2.3.2 Clasificación de los Sistemas de Aire Acondicionado	27

2.3.2.1 Sistemas de Expansión Directa	27
2.3.2.1.1 Unidades de Ventana	27
2.3.2.1.2 Sistemas en partición (Split)	28
2.3.2.1.3 Unidades de techo (Roff Top)	28
2.3.2.1.4 Volumen de refrigerante variable	29
2.3.2.2 Sistemas Centrales (Agua Helada)	30
2.3.2.2.1 Componentes del sistema	31
2.3.2.2.1.1 Unidades enfriadoras	32
2.3.2.2.1.1.1 Reciprocantes o Alternativas.....	32
2.3.2.2.1.1.2 Centrifugas.....	32
2.3.2.2.1.1.3 Por Absorción.....	33
2.3.2.2.1.1.3.1 Evaporador.....	33
2.3.2.2.1.1.3.2 Generador.....	33
2.3.2.2.1.1.3.3 Condensador.....	33
2.3.2.2.1.1.3.4 Bomba de evaporador.....	33
2.3.2.2.1.1.3.5 Bombas de solución	33
2.3.2.2.1.1.3.6 Intercambiador de calor.....	33
2.3.2.2.1.1.3.7 Unidad de purga.....	33
2.3.2.2.1.1.4 Absorción y Centrífugos Combinados.....	34
2.3.2.2.1.2 Condensadores.....	34
2.3.2.2.1.2.1 Condensador mediante refrigeración por aire.....	34
2.3.2.2.1.2.2 Condensador evaporativo.....	34
2.3.2.2.1.2.3 Condensador mediante refrigeración por agua.....	35
2.3.2.2.1.2.3 Torres de Enfriamiento.....	35
2.3.2.2.1.2.3.1 De acuerdo a sus componentes mecánicos	
2.3.2.2.1.2.3.1.1 Tiro natural.....	35
2.3.2.2.1.2.3.1.2 Tiro mecánico.....	36
2.3.2.2.1.2.3.2 De acuerdo a la transferencia de calor	

2.3.2.2.1.2.3.1.1 Flujo Paralelo.....	36
2.3.2.2.1.2.3.1.2 Flujo cruzado.....	36
2.3.2.2.1.2.3.1.3 Contraflujo.....	36
2.3.2.2.1.2.3.3 De acuerdo a la superficie del agua.....	36
2.3.2.2.1.2.3.3.1 Mediante rociado del agua.....	36
2.3.2.2.1.2.3.3.2 Mediante bandejas.....	36
2.3.2.2.1.2.3.3.3 Combinación de las 2 anteriores.....	36
2.3.2.2.1.2.3.3.4 Mediante serpentín.....	36
2.4 Fundamentos de Control.....	37
2.4.1 Tipos de Acción de Control.....	37
2.4.1.1 Acción de dos posiciones (on/off).....	38
2.4.1.2 Acción flotante	38
2.4.1.3 Acción proporcional	39
2.4.1.3.1 Acción proporcional más integral	39
2.4.1.3.2 .Acción proporcional más derivado	39
2.3.4.1.3.3. Acción proporcional más integral más derivada (PID).....	39
2.4.2 Control PID	40
2.5 Controladores Lógicos Programables (PLC).....	41
2.5.1 Antecedentes e Historia	41
2.5.2 Estructura de los PLC`s	42
2.5.2.1 La sección de Entradas	42
2.5.2.2 La Unidad Central de Procesos o CPU.....	42
2.5.2.3 La sección de salidas	42
2.5.2.5. La Unidad de programación	42
2.5.2.6 Interfaces	42
2.5.3 Estructura Externa	43
2.5.2.1 Estructura Compacta	43
2.5.2.2 Estructura Modular.....	43
2.6 Quantum	44
2.6.1 El Software	44

2.6.2 Estructura del Quantum	44
2.6.2.1 Backplanes	46
2.6.2.2 Fuentes de Alimentación	46
2.6.2.3 CPU	49
2.6.2.3.2 Batería	50
2.6.2.3.3 Interruptores.....	50
2.6.2.3.4 Puertos.....	53
2.6.2.4 Módulos de entradas/salidas	53
2.6.2.4.1 Tipo de Módulo	53
2.6.2.4.2 Número de parte	54
2.6.2.4.2.1 Tarjetas de entradas discretas	54
2.6.2.4.2.2 Tarjetas de salidas discretas	54
2.6.2.4.2.2 Tarjetas de salidas discretas	54
2.6.2.4.2.3 Tarjetas de entradas/salidas discretas	54
2.6.2.4.2.4 Tarjetas de entradas analógicas	54
2.6.2.4.2.5 Tarjetas de salidas analógicas	54
2.6.2.4.2.6 Tarjeta de entradas/salidas analógicas mixtas	56
2.6.2.4.2.6 Tarjetas intrínsecamente seguras	56
2.6.2.4.3 Códigos de color de los módulos	64
2.6.2.5. Arquitectura Remota (RIO)	65
2.6.2.5.1 Drop Local	65
2.6.2.5.2. Drop Remoto	65
2.6.2.5.3 Los TAP	65
2.6.2.5.4 Los Terminales de Línea	65
2.6.2.5.1 Indicadores luminosos	66
2.6.2.5.2 Conectores para cable coaxial	67
2.6.2.6 La tarjeta RIO HEAD 140 CRP 93X	68
2.6.2.7 Resumen de características de la arquitectura RIO	70
2.7 Protocolo TCP/IP	71
2.7.1.1 Capa de aplicación	71

2.7.1.2 Capa de transporte	71
2.7.1.3 Capa de Red	71
2.7.1.4 Capa de acceso a la red	71
2.7.1.5 Capa física	72
2.7.2 Direcciones IP	72
2.7.3.1 Direcciones IP públicas	72
2.7.3.2 Direcciones IP privadas	72

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de Investigación	73
3.2 Diseño de la Investigación	74
3.2.1 Etapa Documental	74
3.2.2 Etapa de Campo.....	74
3.2.3 Etapa de Diseño.....	74
3.3 Técnicas e instrumentos de la Investigación.....	74
3.3.1 Técnicas de la Observación.....	75
3.3.2 Técnicas del Formato.....	75
3.3.3 Técnica de la Entrevista.....	76

CAPITULO IV

LA PROPUESTA

4.1 Inventario de Equipos	77
4.1.1. CHILLER.....	77
4.1.2 Bombas de Agua Helada.....	77
4.1.3 UMAS Y FANCOILS.....	78
4.1.3.1 PLANTA BAJA	79
4.1.3.2. PISO 1.....	79
4.1.3.4 PISO 2 (BINGO).....	80
4.1.3.5 PISO 3.....	80
4.1.3.6 PISO 4.....	81
4.1.3.5 PISO 5.....	82

4.1.3.6 PISO 6.....	83
4.2 Descripción del Sistema de Control.....	83
4.2.1. Elementos finales de Control	83
4.2.1.1 Sensores de Temperatura.....	83
4.2.1.2 Válvulas modulantes.....	83
4.2.1.3 Válvulas solenoides.....	83
4.2.2 Hardware del PLC.....	83
4.2.2.1. Maestro(Head Drop).....	83
4.2.2.2 Esclavos.....	84
4.2.2.2.1 PISO 1.....	85
4.2.2.2.2 PISO 2.....	85
4.2.2.2.3 PISO 3.....	86
4.2.2.2.4 PISO 4.....	87
4.2.2.2.5 PISO 5.....	87
4.2.2.2.6 PISO 6.....	88
4.2.3 Software.....	89
4.2.3.1 Definición de variables.....	89
4.2.3.2 Direccionamiento de las variables.....	89
4.2.3.3 Programa.....	92
4.2.3.3.1 Bloque de adición de enteros ADD_INT.....	92
4.2.3.3.2 Bloque divisor de enteros DIV_INT.....	92
4.2.3.3.3 Bloque transformador de entero a real INT_TO_REAL.....	92
4.2.3.3.4 Bloque multiplicador MUL_REAL.....	92
4.2.3.3.5 Bloque transformador de real a entero REAL_TO_INT.....	93
4.2.3.3.6 Bloque AND.....	93
4.2.3.3.7 Bloque de comparación de enteros GT_INT.....	93
4.2.3.3.8 Bloque PID.....	94

4.2.3.3.9 Calibración de los Bloques. PID.....	95
4.2.3.3.9.1 Procedimiento para la calibración de los Bloques PID.....	96
4.2.3.3.10 Programa para la calibración del PID.....	97
4.2.3.4 Configuración de la Red Ethernet TCP/IP.....	97
4.2.3.5 Monitoreo y Operación.....	99
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	101
BIBLIOGRAFIA.....	102
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	103
APENDICE A	104
APENDICE B	108
APENDICE C	114
APENDICE D	122
ANEXOS	129

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.6.1 Características de los backplanes Quantum.....	45
Tabla 2.6.2 Características de las fuentes de alimentación para el Quantum.....	46
Tabla 2.6.3 Características de los CPU.....	49
Tabla 2.6.4 Tarjetas de Entradas Discretas.....	57
Tabla 2.6.5 Tarjetas de Salidas Discretas.....	58
Tabla 2.6.6 Tarjetas Mixtas de Entradas/Salidas Discretas.....	59
Tabla 2.6.7 Tarjetas de Entradas Analógicas.....	59
Tabla 2.6.8 Tarjetas de Salidas Analógicas.....	60
Tabla 2.6.9 Tarjeta Mixta de Entradas/Salidas Analógicas.....	60
Tabla 2.6.10 Códigos de color que identifican los diferentes grupos de módulos Quantum.....	64
Tabla 2.6.11 Significado de los indicadores luminosos de la cara frontal del CRP 93X.....	67
Tabla 2.6.12 Características de la arquitectura RIO	70
Tabla 4.1 Datos técnicos del CHILLER.....	77
Tabla 4.2 Datos técnicos de las Bombas.....	77
Tabla 4.3 Datos técnicos de las UMAS y FANCOILS de la Planta Baja.....	78
Tabla 4.5 Datos técnicos de las UMAS y FANCOILS del Piso 1.....	79
Tabla 4.6 Datos técnicos de los FANCOILS del Piso 2.....	80
Tabla 4.7 Datos técnicos de las UMAS del Piso 3.....	81
Tabla 4.8 Datos técnicos de los FANCOILS del Piso 3.....	81
Tabla 4.7 Datos técnicos de las UMAS del Piso 4.....	81
Tabla 4.8 Datos técnicos de los FANCOILS del Piso 5.....	82
Tabla 4.9 Datos técnicos de los FANCOILS del Piso 6.....	82
Tabla 4.10 Módulos del Drop Maestro.....	84
Tabla 4.11 Módulos del Drop Piso 1.....	85

Tabla 4.12 Módulos del Drop Piso 2.....	85
Tabla 4.13 Módulos del Drop Piso 3.....	86
Tabla 4.14 Módulos del Drop Piso 4.....	87
Tabla 4.15 Módulos del Drop Piso 5.....	88
Tabla 4.16 Módulos del Drop Piso 6.....	88
Tabla 4.17 Direcciones topológicas para el Drop Maestro.	89
.Tabla 4.18 Direcciones topológicas para los Drops esclavos.....	89
Tabla 4.19 Resumen de variables.	90

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.3.1 Ciclo estándar de aire acondicionado.....	26
Figura 2.3.2 Aire acondicionado de ventana.....	27
Figura 2.3.3 Unidad split.....	28
Figura 2.3.4 Unidad compacta.....	29
Figura 2.3.5 Chiller.....	31
Figura 2.3.6 Unidades condensadoras.....	35
Figura 2.3.7 Torres de enfriamiento.....	36
Figura 2.4.1 Diagrama de un sistema de control.....	37
Figura 2.4.2 Diagrama de un control PID.....	40
Figura 2.5.1 PLC's.....	41
Figura 2.6.1 Aspecto del Quantum.....	44
Figura 2.6.2 Backplanes para Quantum.....	45
Figura 2.6.2 Aspecto físico y partes de una fuente.....	47
Figura 2.6.3 Diagrama de conexión.....	48
Figura 2.6.4 Indicación Power OK en las fuentes de alimentación para Quantum.....	48
Figura 2.6.5 CPUs de la serie 6xxxx.....	50
Figura 2.6.6 Interruptores deslizables en la cara frontal de un CPU Quantum.....	51
Figura 2.6.7 Switches rotatorios para fijar la dirección Modbus Plus del CPU.....	52
Figura 2.6.8 Diagrama de conexión de la tarjeta de entradas discretas 140 DAI 540 00.....	61
Figura 2.6.9 Diagrama de conexión de la tarjeta de salidas discretas 140 DAO 842.....	62
Figura 2.6.10 Diagrama de conexión tarjeta de entradas analógicas 140 AVI 030 00.....	62

Figura 2.6.11 Diagrama de conexión tarjeta de salidas analógicas 140 ACO 020 00.....	62
Figura 2.6.12 Diagrama de conexión de la tarjeta de entradas/salidas Discretas mixtas 140 DDM 390 00 (parte correspondiente a las salidas).....	63
Figura 2.6.13 Diagrama de conexión de la tarjeta de entradas/salidas Discretas mixtas 140 DDM 390 00 (parte correspondiente a las entradas).....	63
Figura 2.6.14 Ejemplo de una arquitectura mixta RIO con un Drop Local y 3 Drops Remotos.....	64
Figura 2.6.15 Indicadores luminosos en un módulo CRP 93X.....	66
Figura 2.6.16 Aspecto de la cara frontal de la tarjeta RIO tipo CRP 931.....	68
Figura 2.6.17 Switches rotatorios para fijar la dirección del Drop Remoto en la tarjeta CRA 93.....	69
Figura 4.1 Aspecto de físico del Drop Maestro.....	84
Figura 4.2 Aspecto de físico del Drop Piso 1.....	85
Figura 4.3 Aspecto de físico del Drop Piso 2.....	86
Figura 4.4 Aspecto de físico del Drop Piso 3.....	86
Figura 4.5 Aspecto de físico del Drop Piso 4.....	87
Figura 4.6 Aspecto de físico del Drop Piso 5.....	88
Figura 4.7 Aspecto de físico del Drop Piso 6.....	88
Figura 4.8 Bloque ADD_INT.....	92
Figura 4.9 Bloque DIV_INT.....	92
Figura 4.10 Bloque INT_TO_REAL.....	92
Figura 4.11 Bloque MUL_REAL.....	93
Figura 4.12 Bloque REAL_TO_INT.....	93
Figura 4.13 Bloque AND.....	93
Figura 4.14 Bloque GT_INT.....	94
Figura 4.15 Bloque PID.....	94
Figura 4.16 Ventana del operador que permite ingresar diferentes valores para la calibración del bloque PID.....	95

Figura 4.17 Vista del programa de calibración del Bloque PID.....	97
Figura 4.18 Ventana para la configuración de la dirección IP del PLC.....	98
Figura 4.19 Puerto TCP/IP del CPU.....	97
Figura 4.20 Ventana para la selección de la dirección IP del PLC con el cual se realizará la conexión.....	98

INTRODUCCIÓN

La automatización de una máquina o proceso tiene entre otras consecuencias la liberación física y mental del hombre de dicha labor. Ésta, quizás sea la manera más relevante de asegurar económicamente la operación y eficiencia de los diferentes equipos e instalaciones que pueden tener los procesos y obras civiles.

En el pasado, los controles neumáticos eran por excelencia los responsables del control de los requerimientos de ventilación y aire acondicionado para la mayoría de las obras civiles e industriales. Con el correr del tiempo se han desarrollado y puesto en práctica muchos tipos y sistemas de control para los requerimientos de control en acondicionamiento de aire. En el caso específico de los aires acondicionados, la automatización permite garantizar las condiciones de confort en el ambiente a acondicionar. La automatización de la industria, obras civiles y edificios y su control inteligente, constituye una tecnología novedosa que cambia totalmente el concepto de control tradicional electromecánico con su complejidad y problemas de instalación.

Hoy en día existen sistemas que nos permiten alcanzar tanto el control como el monitoreo o supervisión de las distintas variables o equipo de una industria u obra civil. La decisión de cuánto invertir en sistemas de control y protección del equipo es una decisión del propietario que debe ser estudiada, tomando en cuenta especialmente el destino y aplicación del equipo. Los equipos e instalaciones deben ser usados para lo que fueron proyectados, y en las condiciones especificadas de operación.

En la actualidad, con el desarrollo de las comunicaciones y el Internet, se han creado protocolos de comunicación que permiten la transmisión de datos y el uso de

software gráficos para visualizar en un sencillo PC todas las tareas de control y alarmas de una industria u obra civil, lo que facilita el trabajo de operadores de servicio y mantenimiento, mostrando pantallas simples, alarmas con prioridades y comandos con botones gráficos de muy claros mensajes.

Un punto importante que se debe destacar, es el ahorro a nivel energético que se puede alcanzar, cuando los equipos de una instalación, en este caso de aire acondicionado, operan de manera automatizada.

El presente proyecto es una iniciativa del proyectista, y a solicitud de la Empresa INGEMECA, tutorado por el Profesor Hans Garcia. En él se propone la implementación de un sistema de control y supervisión remota del sistema central de aire acondicionado, del edificio Bingo Caribe, ubicado en la Av. Urdaneta del Area Metropolitana de Caracas.

En este trabajo se plantea la implementación de un sistema de control y monitoreo remoto por medio de Internet, que realice las maniobras y permita la visualización por parte de la Empresa encargada de la operación del equipo, para obtener el óptimo funcionamiento de los equipos de aire acondicionado del Edificio del Bingo Caribe.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Edificio Bingo Caribe, posee 1500 metros cuadrados de construcción, distribuidos en siete niveles en donde se encuentran diversas salas de recreación con una carga térmica total de 230 toneladas de refrigeración.

El actual sistema de aire acondicionado de este edificio está conformado por un enfriador de agua helada (CHILLER), con una capacidad de 200 toneladas de refrigeración, nueve unidades de manejo de aire (UMA), de diferentes capacidades, catorce Fancoils y dos bombas de manejo de agua helada, un tanque de reposición y una red de tubería de distribución. Tras hacer una revisión de la operación y funcionamiento del actual sistema instalado y a raíz de las fluctuaciones térmicas que se evidencian a diferentes horas del día, sobre todo, cuando los espacios de recreación son copados por una mayor cantidad de usuarios, es detectado que el manejo de dicho sistema, tal como se hace de manera manual no es la forma más conveniente de mantenerlo, bien sea desde el punto de vista operativo como de mantenimiento, pues el consumo de energía eléctrica se incrementa y el régimen de trabajo en que opere puede ser tal que el desgaste de los equipos sea cada vez mayor, todo lo cual no ha de convenirle, sin duda alguna, al propietario de la edificación.

Actualmente este sistema de Aire acondicionado no cuenta con un sistema de control ni con los equipos necesarios para la supervisión en tiempo real, que permita el mantenimiento oportuno y su óptima operación, lo que trae como consecuencia un funcionamiento forzado y la operación manual de los componentes del sistema.

Ahora bien, todo esto nos lleva al planteamiento del problema en consideración de la manera siguiente:

<<De continuar operándose el actual sistema de Aire Acondicionado del edificio “Bingo Caribe”, de manera manual, al igual que manteniéndose la misma o mayor asistencia de personas al Bingo, con las fluctuaciones que hasta ahora han venido presentándose, continuará observándose una irregularidad en la prestación del servicio de acondicionamiento de aire, el desgaste acentuado de los equipos y al mismo tiempo, aumentado los costos de operación como de su respectivo mantenimiento>>.

De modo, pues, que como posible respuesta de aplicación factible al problema en cuestión se formula la siguiente hipótesis de trabajo:

<<Si se instala en el sistema de aire acondicionado del edificio, un sistema de control automatizado y dispositivos de supervisión remota, vía Internet, para que realice todas las operaciones y maniobras necesarias para obtener, la optima operatividad del sistema de aire acondicionado en tiempo real por la empresa encargada de su operación, se podrá obtener el máximo confort de las personas que transitan por las instalaciones del edificio además de prolongar la vida útil del equipo y disminuir el consumo de energía.>>

Lo anterior sería el problema a solucionar, aplicando los conocimientos adquiridos en las materias especializadas de Ingeniería Mecánica cursadas, así como la implementación in situ de las técnicas que el caso amerita.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General.

1.2.1 Automatizar, Controlar y Supervisar a distancia remota el Sistema Central de Aire Acondicionado (Agua Helada) para El Edificio Bingo Caribe.

Objetivos Específicos.

1.2.2.1 Seleccionar el Sistema de Control.

1.2.2.2 Seleccionar los dispositivos para la comunicación del Sistema de Control.

1.2.2.3 Establecer el protocolo de comunicación.

1.2.2.4 Seleccionar el SOFTWARE para la visualización y monitoreo del Sistema de Aire Acondicionado.

1.2.2.5 Supervisar en tiempo real la operación del sistema de aire acondicionado.

1.3 JUSTIFICACION

El sistema Central de Aire Acondicionado del Bingo Caribe carece, en los actuales momentos, de un sistema de control y supervisión remota, que garantice las condiciones de confort, en cuanto a temperatura de sus ambientes. Las instalaciones de este centro de recreación están abiertas al público las 24 horas del día, los 7 días de la semana. En él, el tráfico de personas varía dependiendo de la hora del día y el día de la semana. Siendo las horas de la noche y los últimos días de la semana los momentos de mayor afluencia de público. Esto trae como consecuencia la variación de la carga térmica en el edificio. Al no poseer sistema de control la unidad enfriadora o CHILLER esta siempre operando a nivel máximo. Esto produce una disminución de su vida útil, incrementado los costos de mantenimiento y de energía.

Este proyecto aquí propuesto en este trabajo permite al departamento de mantenimiento del Bingo Caribe y la empresa INGEMECA monitorear en tiempo real las condiciones de operación del sistema.

Así mismo, el proyectista tiene justificación e importancia en la realización del mismo para cumplir con un requisito principal de grado, a objeto de obtener el título de Ingeniero Mecánico de la facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela.

1.4 ALCANCES

Los alcances que se proponen son:

- 4.1 Evaluación del sistema de aire acondicionado del Edificio Bingo Caribe.
- 4.2 Selección del sistema de control más adecuado para el sistema de aire acondicionado.
- 4.3 Automatización del sistema de Aire Acondicionado.
- 4.4 Selección de los dispositivos para la supervisión remota del sistema de aire acondicionado.
- 4.5 Selección del software para la visualización del sistema de control.
- 4.6 Supervisión remota del Sistema de Aire Acondicionado en tiempo real, por parte de la compañía a cargo de la operación del sistema.
- 4.7 Lograr el máximo confort de las personas que utilizan el edificio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE OTRAS INVESTIGACIONES

En la Escuela de Ingeniería Mecánica en sus proyectos de investigación de pregrado en diversas áreas de la ingeniería se encontraron, los siguientes trabajos referentes a sistemas de control:

- ✓ El Trabajo Especial de Grado realizado por Carbonell, Elkinf, Año 2000, UCV, titulado: **“Automatización de los Sistemas de Aire Acondicionado de una Empresa de cosmeticos”**.

El Trabajo Especial de Grado para optar al Título de Ingeniero Mecánico, se contempla el control y la supervisión de los equipos de aire acondicionado e iluminación, ubicación en el edificio administrativo de Avon Cosmetics de Venezuela. El aire acondicionado de este edificio está formado por un sistema central, el cual consta de dos unidades enfriadoras de aire, tres unidades manejadoras de aire (UMAs) y sesenta fancoils. Adicional al sistema central, se tienen trece unidades SPLIT y dos unidades tipo Compacto.

- ✓ El Trabajo Especial de Grado realizado por Arlindo Abreu y Carlos Martinez, Año 1994, UCV, titulado: **”Proyecto para la Automatización y control del Sistema Central (Agua helada) de la Empresa TOPFLIGHT C.A.”**

El Trabajo Especial de Grado para optar al Título de Ingeniero Mecánico, muestra el HARDWARE y SOFTWARE, necesarios para el funcionamiento automatizado y programable, de las instalaciones con miras al logro de obtener un eficaz mantenimiento preventivo, prolongar la vida útil y el ahorro de energía.

- ✓ El Trabajo Especial de Grado realizado por Figuera Victor y Music Jose, en 1991, UCV, titulado: **“Optimización del Aire Acondicionado y su control y su supervisión mediante el CC-1000.”**

El Trabajo Especial de Grado para optar al Título de Ingeniero Mecánico, contempla el estudio de los equipos que influyen directa o indirectamente, en el sistema de aire acondicionado de las torres de Parque Central. La conexión y puesta en marcha del sistema de control remoto CC-1000 para el encendido y apagado de las unidades de manejo de aire de cada piso de las torres. El análisis de las partes del sistema computarizado JC-8540 Johnson Controls, su conexión y control en el sistema de aire acondicionado. La elaboración de un banco de prueba y calibración para unidades controladoras receptoras neumáticas. La optimización del sistema de control automático de las unidades de manejo de aire para garantizar un ahorro de energía y mejorar el plan de mantenimiento integral; y el estudio de la instrumentación instalada en el sistema de agua helada (funcionamiento y especificaciones técnicas).

2.2 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA INGEMECA 3000 C.A.

La empresa Servicios INGEMECA 3000, C.A. fue fundada en el año 2002, específicamente el día 08 de febrero del año antes mencionado, por el Ing. Luis Martínez quien es el propietario de la empresa. Dicha empresa, es de capital venezolano, creada con la finalidad de ofrecer servicios diseños estructurales, montura, instalación y mantenimientos de aire acondicionado; de igual forma se ofrecen los servicios en el área de refrigeración.

La empresa se encuentra ubicada en la urbanización Industrial Cloris, Av. Este 2, Galpón 91, Local 06, en Guarenas Estado Miranda, lugar donde se apertura en el año 2002, actualmente posee una oficina en Chacao, donde son atendidos todos los requerimientos de los clientes para mejorar el estado de respuesta de los mismos.

La misión de la empresa es “Crear soluciones innovadoras basadas en las tecnologías de sistemas más avanzadas, ofrecer el mejor servicio de Diseños de Estructurales, Instalación y Mantenimiento de Aires Acondicionado y Refrigeración”.

La empresa cuenta con una Gerencia de Proyecto, de la cual depende el departamento de Ingeniería, que comprende el área de servicio técnico, mantenimientos e instalaciones mecánicas. En el referido departamento, es donde se va desarrollar el presente Proyecto del Trabajo Especial de Grado de un Sistema Automatizado para el Control de Obras y Mantenimientos, con la aplicación de herramientas tecnológicas que, permitan ofrecer a sus clientes, un mejor servicio y poder enfrentar el crecimiento que viene desarrollando la empresa en cuanto al incremento de obras y mantenimientos.

2.3 AIRE ACONDICIONADO

2.3.1 Fundamentos Básicos.

Un sistema de aire acondicionado debe proporcionar en un ambiente, condiciones adecuadas de temperatura, humedad, movimiento del aire, calidad del aire, ventilación y nivel acústico. Todo esto lleva a la consecución por parte de los ocupantes de dicho ambiente de la sensación de confort.

Cualquier sistema de aire acondicionado consta básicamente de los siguientes componentes (existiendo diferentes tipos de cada componente y combinaciones muy variadas de dos o más de ellos):

- Equipo de refrigeración: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador; elementos pertenecientes al ciclo estándar de refrigeración por “compresión de vapor”, usado ampliamente con el fin de producir el enfriamiento necesario para el acondicionamiento del aire.
- Equipo de disipación de calor a la atmósfera.
- Equipo de manejo de aire.
- Equipo de suministro y distribución del aire (ductos, difusores, rejillas, etc.)

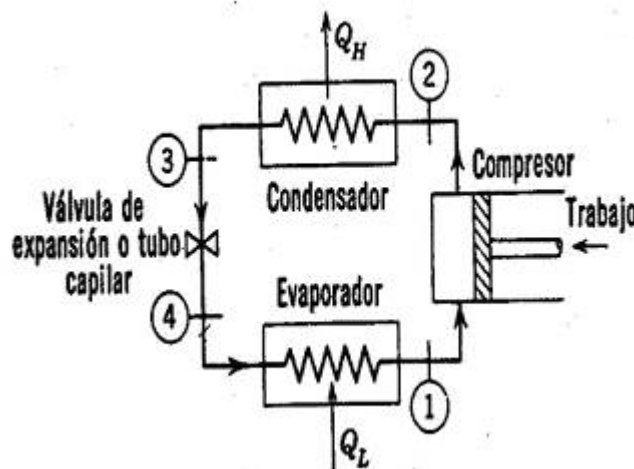


Figura 2.3.1 Ciclo estándar de aire acondicionado

2.3.2 Clasificación de los Sistemas de Aire acondicionado

Los sistemas de aire acondicionado más comunes serán clasificados en dos grandes grupos: sistema de expansión directa y sistemas centrales.

2.3.2.1 Sistemas de Expansión Directa

Se caracterizan por reunir todos los componentes en una sola carcasa (equipos de refrigeración, tomas de aire exterior y de aire de retorno, filtro, ventilador y rejilla para el suministro de aire) el cual únicamente es necesario proveer de conexión eléctrica y acceso al exterior.

2.3.2.1.1 Unidades de ventana.

Son equipos modulares, generalmente de capacidades pequeñas, dentro de un mismo módulo se encuentran el compresor, el evaporador, condensador y la válvula de expansión. Se utilizan para enfriar áreas pequeñas, poseen una parte inferior en el interior del ambiente y otra en el exterior: No tienen ductos de suministro de aire, se utilizan para enfriar áreas pequeñas. La capacidad de estos equipos oscila entre 9000 y 42000 BTU/h. Las unidades de mayor capacidad de refrigeración están caracterizadas porque incorporan conductos para la distribución del aire y así servir a espacios de mayores dimensiones. Se les conoce como unidades de enfriamiento simple compacta, su capacidad se encuentra entre 1.5 y 40 toneladas de refrigeración. Poseen unos o dos compresores herméticos, con una o dos líneas de tubería. El equipo se encuentra ubicado en el exterior del ambiente



Figura 2.3.2 Aire acondicionado de ventana.

2.3.2.1.2 Sistemas en partición (Split).

Estos sistemas de expansión directa, los elementos del equipo de refrigeración se encuentran formando parte, generalmente, de dos equipos. Así, las combinaciones más frecuentes son:

1. Condensador (enfriado por aire): constituye una unidad y el evaporador (serpentín) juntos constituye la otra unidad.
2. Condensador y compresor formando una sola unidad (unidad de condensación), el evaporador (serpentín) constituyendo la otra unidad.

En cualquiera de los casos, incorporados al equipo donde se encuentran el evaporador, también esta incluida la válvula de expansión del circuito de refrigeración, los ventiladores para la circulación de aire, filtros y conexiones necesarias para los ductos de aire de suministro y retorno.



Figura 2.3.3 Unidad split

2.3.2.1.3 Unidades de techo (Roff Top).

Son unidades de gran tamaño donde el conjunto de equipos se encuentra dentro de una sola unidad: varios compresores semiherméticos, reciprocantes, evaporador,

condensador y válvulas de expansión. Esta última, alimenta al evaporador a través de un múltiple de expansión, mejorando así la eficiencia en la distribución del refrigerante líquido. Pueden ser tener hasta cuatro compresores y el condensador es enfriado por aire. Dependiendo del área a alimentar se dimensiona la ductería; si se tiene áreas pequeñas bien definidas, es necesario el uso de cajas de volumen de aire variable, las cuales son alimentadas por los ductos de suministro principal. En este caso, el ventilador puede tener un variador de frecuencia o una compuerta o paletas directrices (inlet vane) en la entrada, para regular el volumen de aire suministrado. Son equipos que manejan capacidades entre 45 y 135 toneladas de refrigeración..



Figura 2.3.4 Unidad compacta.

2.3.2.1.4 Volumen de refrigerante variable.

Son equipos donde se tienen unidades exteriores e interiores. La unidad exterior está en capacidad de alimentar hasta ocho unidades interiores. Una de las ventajas que ofrece la unidad exterior es que tiene un compresor vareador de frecuencia, es decir, que dependiendo de la carga en la unidad interior y el número de ellas en operación, el compresor va a girar a determinadas revoluciones, además la unidad exterior posee un recipiente para escoger el refrigerante líquido, y gaseoso. Si una unidad interior sale fuera de servicio, este recoge el refrigerante que estaba utilizando dicha unidad reduciendo la frecuencia para trabajar a cargas parciales, traduciéndose en esto una disminución del consumo de energía. Por otro lado este tipo de sistema tiene válvulas de expansión modulante que actúa bajo una señal de control PID del termostato. El sistema es modular, es decir, tenemos una unidad exterior con ocho evaporadores,

también se puede tener módulos de unidades exteriores con un grupo de evaporadores cada uno, esto nos permite por una parte aislar los grupos de aire acondicionado. Los pesos de las unidades son relativamente bajo, por lo que no se requiere de equipos especiales para su montaje y además ocupan poca área física.

2.3.2.2 Sistemas Centrales (Agua Helada).

Estos sistemas se caracterizan por tener equipos de refrigeración centralizados y comunes en todos los ambientes, siendo el agua (se conoce como helada por su baja temperatura) el medio utilizado para el enfriamiento y deshumidificación del aire. El agua es procesada centralmente por un equipo conocido como enfriador o CHILLER. Para cumplir su objetivo utiliza un sistema de tuberías y bombas, a través de los serpentines (evaporadores) de la UMA'S, las cuales están ubicadas ya sea en el interior o fuera del ambiente o conjunto de locales.

Este tipo sistema es utilizado generalmente cuando se requieren grandes capacidades de refrigeración. Básicamente consta de una unidad o varias unidades enfriadores (CHILLER) donde cada una está constituida por compresores, condensador, evaporador y válvulas de expansión. El evaporador es un serpentín por dentro de cuyos tubos, circulan el refrigerante y exteriormente el agua, es aquí donde se lleva a cabo el proceso de intercambio de calor. El agua del enfriador circula a lo largo de las tuberías de las UMA's y/o FanCoils, el aire interior desplazado por el ventilador, pasa a través de los serpentines en donde (el aire) disminuye su temperatura.

Este sistema también permite una gran individualidad a los ambientes locales acondicionados, ya que el área servida por cada UMA's y/o FanCoil, es acondicionado independientemente y por lo tanto el control de temperatura y humedad responde a las condiciones particulares de este espacio.

El sistema de agua central de aire acondicionado es recomendable en edificios con gran número de ambientes y con horarios y condiciones de ocupación distinta, como son hoteles, centros comerciales, edificios de oficina, etc.



Figura 2.3.5 Chiller.

2.3.2.2.1 Componentes del sistema.

2.3.2.2.1.1 Unidades enfriadoras

Como su nombre lo indica son las encargadas de enfriar el agua que se suministra al sistema. Se clasifican:

2.3.2.2.1.1.1 Reciprocantes o Alternativas.

El componente principal de estas máquinas es el compresor alternativo, que es un dispositivo de desplazamiento positivo. Los sistemas equipados con este tipo de enfriadores, generalmente poseen dos o cuatro unidades alimentando las líneas de tubería de suministro a las UMA's y FanCoils. Cada unidad posee más de un compresor, los cuales son accionados por etapas. El proceso de regulación de la carga de los compresores de acuerdo a la carga requerida es como sigue: se arrancan varias etapas del compresor y si eso no satisface la carga requerida, se arranca otro compresor hasta satisfacer la demanda.

Las unidades reciprocantes pueden tener dos tipos de condensadores, enfriados por aire y enfriados por agua. En el caso de los enfriados por agua, ésta proviene de una torre de enfriamiento; debido a esto se tendrán dos sistemas de bombeo de agua: uno que bombea a la torre de enfriamiento y al condensador y otro que maneja el agua que suministra a las UMA's y FanCoils.

2.3.2.2.1.1.2 Centrifugas.

Estos equipos se construyen para funcionamiento continuo de servicio pesado y se les considera como funcionamiento seguro de todos los equipos de aplicaciones comerciales e industriales. Comprende esencialmente un compresor centrífugo, un evaporador y un condensador. Un compresor centrífugo trabaja con grandes volúmenes de gas, y por consiguiente, puede utilizar refrigerantes que tengan altos volúmenes específicos. El evaporador es ordinariamente un intercambiador de calor del tipo de tubos dentro de un recipiente en el que el refrigerante está del lado del envolvente. El condensador también está del lado del envolvente. El condensador también es del mismo tipo y utiliza agua o aire como agente de condensación. Los compresores pueden ser de dos tipos, igual que en el caso de las unidades reciprocantes, abiertos y herméticos. Por otro lado pueden ser de una o dos etapas, además las rpm varían dependiendo del fabricante y la carga a enfriar por ellos.

La variación de la carga se produce a través de unas paletas directrices a la entrada del compresor. Si la carga disminuye, es decir, se requiere enfriar poco agua, se cierran las paletas directrices produciendo un alivio de la carga a la cual está sometido el compresor.

La modulación del equipo se produce a través de un actuador de acción proporcional que mueve las paletas de acuerdo a la temperatura de suministro del agua. Si se abren completamente las paletas del compresor maneja mayor cantidad de refrigerante, pero a la vez aumenta la carga en el motor, ocasionando un mayor consumo de energía.

Si la temperatura de suministro se incrementa, porque aumenta la temperatura de retorno, se encienden más compresores, lo que hace el equipo actuar sobre un conector en el compresor.

2.3.2.2.1.1.3 Por Absorción.

Constituye una unidad para el enfriamiento del agua que utiliza directamente el calor sin emplear propulsión o máquina motriz, utilizando, pues, los medios de calefacción todo el tiempo y durante todo el año. Utiliza los refrigerantes más baratos, seguros y más fácilmente asequibles, ordinariamente agua de la cañería. Éstas unidades utilizan agua refrigerante y una solución de alguna sal tal como bromuro de litio, como absorbente. Sus componentes principales son los siguientes:

2.3.2.2.1.1.3.1 Evaporador: donde es enfriada el agua helada por evaporación del refrigerante que es rociado sobre los tubos de agua.

Absorbedor: donde el vapor de agua evaporada es absorbido por el absorbente. El calor de absorción es disipado por circulación de agua en el condensador de esta sección.

2.3.2.2.1.1.3.2 Generador: donde es adicionado calor en forma de vapor o de agua caliente para hacer que hierva el refrigerante del absorbente y reconcentrar la solución.

2.3.2.2.1.1.3.3 Condensador: donde el vapor de agua producido en el generador es condensado por el agua.

2.3.2.2.1.1.3.4 Bomba de evaporador: que hace circular a presión el refrigerante sobre el haz de tubos de la sección del evaporador.

2.3.2.2.1.1.3.5 Bombas de solución: que bombean la solución de sal hasta el generador y hasta el colector de pulverización.

2.3.2.2.1.1.3.6 Intercambiador de calor: donde la solución diluida que se bombea hasta el generador desde el absorbedor es calentada por la solución caliente concentrada que es retornada al absorbedor.

2.3.2.2.1.1.3.7 Unidad de purga: que es empleada para eliminar los vapores no condensables de la máquina y mantener una baja presión en esta.

2.3.2.2.1.1.4 Absorción y Centrífugos Combinados.

Un sistema combinado es muy adecuado para sistemas de acondicionamiento de aire de gran capacidad cuando es importante el factor económico de funcionamiento y como fuerza propulsora se utiliza la energía del vapor a alta presión. En estas aplicaciones están incluidos los edificios grandes, grandes complejos de edificaciones como colegios, y procesos industriales que requieren agua a los niveles de temperatura de acondicionamiento de aire. Además en sistemas ya existentes en que se planea la ampliación del acondicionamiento de aire, se puede añadir ordinariamente más carga sin aumentar los requisitos de energía de refrigeración.

2.3.2.2.1.2 Condensadores

Son los equipos de disipación de calor. El calor absorbido en el evaporador y el calor equivalente al trabajo necesario para elevar la presión del refrigerante son eliminados en el condensador del sistema de refrigeración. Los condensadores pueden disipar directamente el calor del aire ó bien pueden utilizar un fluido, generalmente agua, para eliminar el calor del sistema. Aunque el agua puede ser posteriormente aprovechada, sin embargo comúnmente es conservada por un proceso de enfriamiento en una torre de enfriamiento ó en un condensador evaporativo.

2.3.2.2.1.2.1 Condensador mediante refrigeración por aire.

En este el calor es disipado directamente por transferencia de calor sensible.

2.3.2.2.1.2.2 Condensador evaporativo.

Las funciones del condensador y de la torre de enfriamiento son combinadas en el condensador evaporativo. El refrigerante se condensa dentro de los tubos del serpentín sobre las cuales se rocía agua (utilizando una bomba de circulación del propio equipo), siendo el calor del refrigerante absorbido por el aire que circula a través de la lluvia de agua y de los tubos del condensador. En un condensador

evaporativo las cantidades de agua de reposición son esencialmente las mismas que para una torre de enfriamiento.

2.3.2.2.1.2.3 Condensador mediante refrigeración por agua: en el que el calor sensible es transferido al agua.



Figura 2.3.6 Unidades condensadoras

2.3.2.2.1.2.3 Torres de Enfriamiento.

En las torres de enfriamiento el agua se enfría por contacto con el aire y por evaporación de una parte del agua. De la forma siguiente las torres de enfriamiento se pueden clasificar:

2.3.2.2.1.2.3.1 De acuerdo a sus componentes mecánicos:

2.3.2.2.1.2.3.1.1 Tiro natural: muy poco utilizadas en sistemas de aire acondicionado debido a la altura para obtener el efecto de chimenea necesaria para el tiro.

2.3.2.2.1.2.3.1.2 Tiro mecánico: comprendiendo las torres de tiro forzado (ventiladores manejan aire seco) y las torres de tiro inducido (los ventiladores mueven aire caliente húmedo).

2.3.2.2.1.2.3.2 De acuerdo a la transferencia de calor:

2.3.2.2.1.2.3.1 .1 Flujo paralelo: el aire se mueve en la dirección opuesta al agua.

2.3.2.2.1.2.3.1 .2 Flujo cruzado: el aire se mueve perpendicular a la dirección del agua.

2.3.2.2.1.2.3.1 .3 Contraflujo: el aire se mueve en la dirección opuesta al agua.

2.3.2.2.1.2.3.3 De acuerdo a la superficie del agua:

2.3.2.2.1.2.3.3.1 Mediante rociado del agua: la superficie es producida por atomización del agua a través de la toberas.

2.3.2.2.1.2.3.3.2 Mediante bandejas: el agua se le hace salpicar al caer en la torre de una bandeja a otra.

2.3.2.2.1.2.3.3.3 Combinación de las 2 anteriores: utilizando toberas y bandejas para la distribución de aguas.

2.3.2.2.1.2.3.3.4 Mediante serpentín: el agua es circulada a través de un serpentín (de enfriamiento), conocido como “enfriador a circuito cerrado”.



Figura 2.3.7 Torres de enfriamiento.

2.4 Fundamentos de Control

En un sistema de aire acondicionado la función primordial de los sistemas de control es mantener las condiciones de diseño interior del ambiente como lo son la temperatura y humedad. El sistema básico de control de aire acondicionado tiene los siguientes componentes:

- a) Variable controlada: son los parámetros como la temperatura, humedad o presión que deberán ser controlados.
- b) Controlador: consiste en dos partes básicas, el elemento sensor que recibe la señal externa y el elemento de control o transmisor que compara el valor de la variable controlada con el valor deseado y genera una acción al componente para hacer el ajuste correspondiente.
- c) Fuente de energía: medio de potencia para la transmisión de la acción del controlador como energía eléctrica o aire comprimido.
- d) Componente controlado: elemento que recibe la acción del controlador como válvulas, compuertas, motor del ventilador.
- e) Agente de control: medio que regula el componente controlado.
- f) Equipo de control: la regulación del agente de control cambia sus condiciones de operación.

Para el ajuste continuo de la variable controlada, el sistema deberá responder continuamente a la señal de retroalimentación.

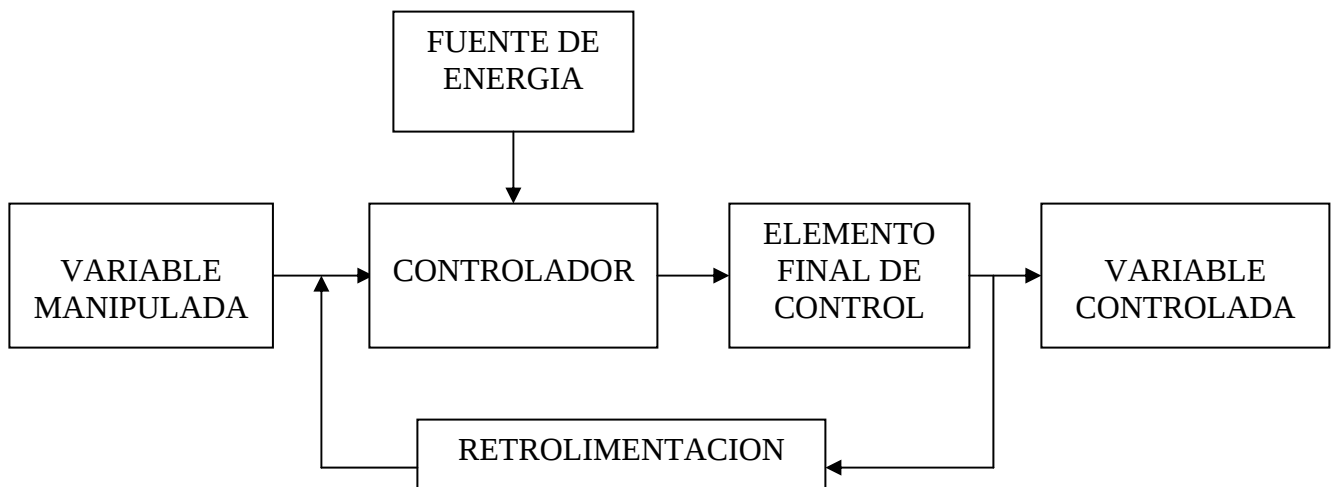


Figura 2.4.1 Diagrama de un sistema de control

2.4.1 Tipos de Acción de Control

Se definen los siguientes conceptos básicos:

- a) Señal de salida: es la variable que se desea controlar.
- b) Señal de referencia: es el valor que se desea que alcance la señal de salida.
- c) Error: es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de salida.
- d) Señal análoga: es una señal continua en el tiempo.
- e) Señal digital: es una señal que solo toma valores de 1 o 0.
- f) Señal de control: es la señal que produce el controlador para modificar la variable controlada de tal forma que se disminuya o elimine el error.
- g) Sistema de control de lazo cerrado: es aquel en el cual se esta monitoreando la señal de salida para compararla con la señal de referencia y calcular la señal de error, la cual a su vez aplicada al controlador para aplicar la señal de control y tratar de llevar la señal de salida al valor deseado.
- h) Sistema de control de lazo abierto: en estos sistemas de control la señal de salida no es monitoreada para generar una señal de control.

Se disponen de varios tipos de acción correctiva de los dispositivos de control (controladores) cuando sensan una desviación del valor de la variable controlada respecto a valor deseado, acción que deben impartir al componente controlado.

2.4.1.1 Acción de dos posiciones (on/off): el componente controlado puede ser posicionado solamente en una condición máxima o mínima, o encendido o apagado. El controlador que actúe según dos posiciones, tendrá un “valor diferencial” o rango algo menor que al “diferencial de funcionamiento” de la variable controlada debido al defasaje que transcurre entre la actuación del dispositivo y la reacción del sistema.

2.4.1.2 Acción flotante: el componente controlado se deberá mover entre las posiciones cerrada y abierta operado por un controlador de dos posiciones. Generalmente una zona neutra entre las dos posiciones permite que el componente controlado “flote” en una posición intermedia, siempre que el valor de la variable controlada esté dentro del diferencial del controlador.

2.4.1.3 Acción proporcional: el controlador en este modo de acción envía su señal en proporción a la magnitud de cambio en la variable controlada moviéndose proporcionalmente el componente controlado. El controlador y el componente controlado deberán ser del tipo proporcional.

Una modalidad de acción de control lo constituye la “Acción proporcional con reajuste automático”, en el que valor medido se lleva automáticamente al punto de consigna siempre que se produzca alguna desviación reduciendo la diferencia y obteniendo por lo tanto una regulación más precisa de la variable controlada.

2.4.1.3.1 Acción proporcional más integral: en el control integral, el elemento final se mueve de acuerdo a una función integral en el tiempo de la variable controlada. Con una acción integral, un error pequeño positivo produce una acción de control creciente, y si fuera negativo la señal de control será decreciente.

2.4.1.3.2 .Acción proporcional más derivado: en la regulación derivada existe una relación lineal continua entre la velocidad y la posición del elemento final de control. Cuando una acción de control derivada se agrega a un controlador permite obtener un controlador de alta sensibilidad.

2.3.4.1.3.3. Acción proporcional más integral más derivada (PID): esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las acciones de control individuales. Se fija la banda proporcional, se amplifica la desviación entre la variable y el punto de consigna, se fija el valor del punto de consigna

2.4.2 Control PID

El control **PID** se encarga de regular la salida de una planta (proceso) a través una combinación de acciones correctivas.

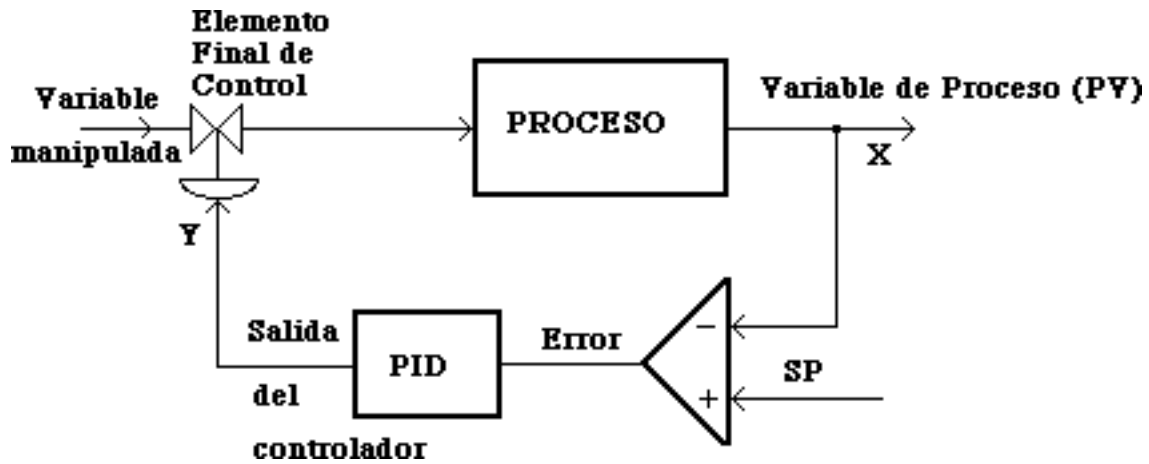


Figura 2.4.2 Diagrama de un control PID.

El Setpoint (SP) se compara con la variable de proceso (X). La diferencia entre ellos es el error (E). La acción derivada establece la velocidad de cambio, a esta se le suma la acción integral, la cual integra la función que representa el error con respecto al tiempo, obteniendo el valor de la constante de tiempo T. Este se mide en repeticiones por segundos. Mientras mayor sea T, menor es la acción integral.

2.5 Controladores Lógicos Programables (PLC)



Figura 2.5.1 PLC's

EL Autómata o Controlador Lógico Programable –en inglés, *Programmable Logic Controller*,– es un equipo electrónico diseñado para controlar, en tiempo real, procesos secuenciales de cualquier tipo. Las amplias ventajas de todo tipo que ofrece respecto a la lógica cableada, lo convierte en elemento imprescindible en el campo de la automatización industrial. Seguridad, fácil manejo, economía y tiempo son los factores fundamentales que han determinado su aceptación.

2.5.1 Antecedentes e Historia

El desafío que toda industria tiene planteado para ser competitiva ha sido el motor impulsor del desarrollo de nuevas tecnologías para conseguir una mayor productividad. En 1968, Ford y General Motors impusieron a sus proveedores de automatismos unas especificaciones para la realización de un sistema de control electrónico programable, sin recurrir a los computadores industriales ya en servicio en la industria.

A medio camino entre estos microcomputadores y la lógica cableada aparecen los primeros modelos de Autómatas, también llamados controladores lógicos programables (PLC`s). Limitados originalmente a los tratamientos de lógica secuencial, los Autómatas se desarrollaron rápidamente, y actualmente extienden sus aplicaciones al conjunto de sistemas de control de procesos.

2.5.2 Estructura de los PLC`s

2.5.2.1 La sección de Entradas: mediante el interfaz, adapta y codifica de forma comprensible por el CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada como pulsadores, finales de carrera, sensores, etc. También tiene una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del PLC`s, realizando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.

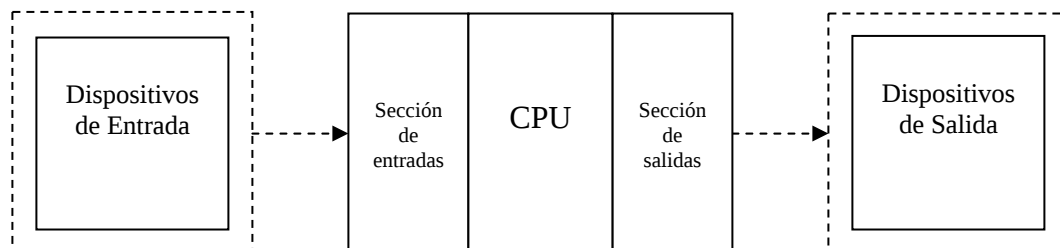
2.5.2.2 La Unidad Central de Procesos o CPU: es el cerebro del sistema, ya que mediante la interpretación de las instrucciones del programa de usuario y en función de los valores de las entradas, activa las salidas deseadas.

2.5.2.3 La sección de salidas: mediante el interfaz, trabaja de forma inversa a la de entradas, es decir, decodifica las señales procedentes de la CPU, las amplifica y los manda a arrancadores, electro válvulas, etc. Aquí también existen unos interfaces de adaptación a las salidas y de protección de circuitos internos.

2.5.2.4 La Unidad de alimentación o fuente de alimentación: adapta la tensión de red a la de los dispositivos de entrada.

2.5.2.5. La Unidad de programación: es los PLC`s más sencillos se realiza directamente por botones en la parte frontal del equipo a diferencia de los más grandes, en donde se realiza mediante un PC la cual posee un Software de programación.

2.5.2.6 Interfaces: son aquellos circuitos o dispositivos que permiten la conexión al PLC`s con elementos exteriores.



2.5.3 Estructura Externa

El término estructura externa o configuración externa de un PLC's se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido. Desde su nacimiento y hasta nuestros días han sido varias las estructuras y configuraciones que han salido al mercado condicionadas no sólo por el fabricante del mismo, si no por la tendencia existente en el área al que pertenece: europea o norteamericana. Actualmente son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

2.5.2.1 Estructura Compacta: es tipo de Autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos. En cuanto a su programación se realiza por botones en la parte frontal del mismo bloque o por un PC mediante un cable y conector. El montaje del Autómata al armario que ha de contenerlo se realiza por cualquiera de los conocidos: carril DIN, placa perforada, etc.

2.5.2.2 Estructura Modular: como su nombre lo indica, la estructura de este tipo de Autómatas se divide en módulos o partes del mismo que realizan funciones específicas. Aquí cabe hacer dos divisiones para distinguir entre las que denominaremos estructura americana y europea.

2.6 Quantum

El PLC **Quantum** puede considerarse como el tope de línea de los equipos Modicon. Es un controlador 100% modular, con capacidad máxima de 65 535 señales de I/O discretas. El Quantum ofrece una arquitectura modular, escalable capaz de satisfacer los más altos requerimientos de automatización, desde un sistema con un bastidor local hasta una arquitectura remota, distribuida o en red aplicable a toda una planta.



Figura 2.6.1 Aspecto del Quantum

2.6.1 El Software:

Unity Pro es el software según norma IEC 61131-3 creado para unificar las plataformas de automatización de Schneider familias TSX Premium, TSX Quantum y Atrium.

2.6.2 Estructura del Quantum

2.6.2.1 Backplanes: E56TSe denomina **Backplane** el rack, o bastidor, o chasis donde se instalan los módulos del Quantum. Los backplane para el quantum vienen en tamaños de 2, 3, 4, 6, 10 ó 16 emplazamientos o slots. (Ver figura 2.6.2.) Todos los módulos Quantum ocupan 1 solo slot y pueden colocarse en cualquier posición. También se aplica esto a las fuentes de alimentación si bien, por cuestiones de una mejor disipación de calor, se recomienda colocar los módulos fuente de alimentación en los extremos del backplane. Todos los modelos de backplane poseen un único bus

que conecta los distintos slots. En cada slot hay un conector donde calza cualquiera de los módulos Quantum. El bus no sólo suministra conexión para las distintas señales, sino también la alimentación de 5 VDC para la lógica de las tarjetas en los módulos. La alimentación de campo NO viene por el bus. Debe suministrarse externamente. También entiéndase por Drop un Backplane o Chasis.

La tabla 2.6.1 indica las referencias de los backplanes.

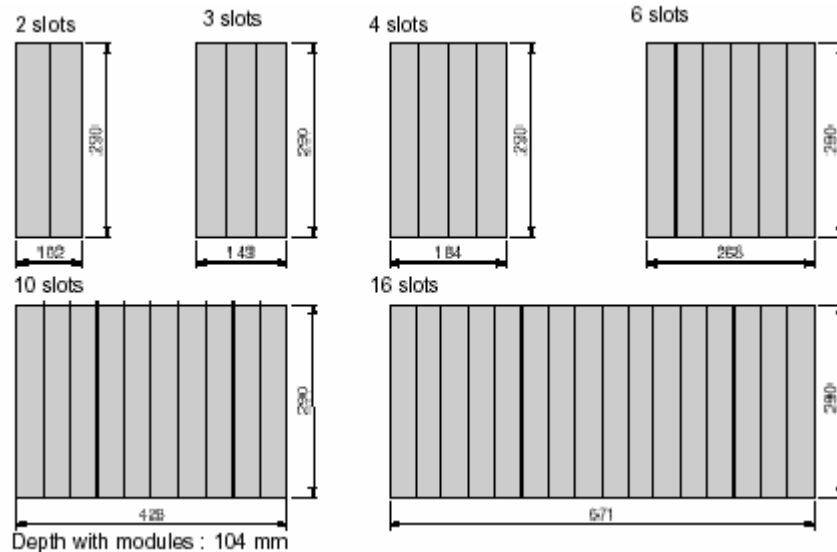


Figura 2.6.2 Backplanes para Quantum

Número de Slots	Referencia	Peso [kp]
2	140 XBP 002 00	0.230
3	140 XBP 003 00	0.340
4	140 XBP 004 00	0.450
6	140 XBP 006 00	0.640
10	140 XBP 010 00	1.000
16	140 XBP 016 00	1.600

Tabla 2.6.1 Características de los backplanes Quantum

2.6.2.2 Fuentes de Alimentación

Las fuentes de alimentación se encargan de suministrar la corriente necesaria para el funcionamiento del CPU y todos los módulos de un backplane. Cada backplane requiere al menos una fuente de alimentación. Las fuentes toman la tensión de alimentación de una línea AC ó DC o de una batería, entregando una tensión de 5 VDC estable e inmune al ruido a los módulos de un backplane. Las fuentes están diseñadas para soportar y filtrar fluctuaciones de voltaje y ruido eléctrico, situaciones típicas en un ambiente industrial.

En general las fuentes de alimentación para los sistemas Quantum pueden dividirse según tres criterios:

1- Tensión de alimentación de entrada:

Fuentes para corriente alterna: 100-276 VAC; 93-132 VAC; 170-264 VAC

Fuentes para corriente continua: 20-30 VDC; 48-60 VDC; 100-150 VDC.

2- Capacidad de corriente de salida: 3 A, 8 A, 10 A. La tabla 2 describe las propiedades más importantes de las fuentes disponibles para los sistemas Quantum.

Nº de parte	Voltaje de alimentación	Tipo	Corriente de salida	Máx. tiempo de interrupción
140 CPS 111 00	100-276 VAC	Standalone	3 A	8 ms
140 CPS 211 00	20-30 VDC	Standalone	3 A	20 ms
140 CPS 511 00	100-150 VDC	Standalone	3 A	1 ms
140 CPS 114 X0 X = 1 ó X = 2	93-132 VAC 170-264 VAC	Sumable	8 A (114 10) 10 A (114 20)	½ ciclo
140 CPS 214 00	20-30 VDC	Sumable	8 A	1 ms
140 CPS 414 00	48-60 VDC	Sumable	8 A	13 ms
140 CPS 124 X0 X = 0 ó X = 2	93-138 VAC 170-276 VAC	Redundante	8 A (124 00) 10 a (124 10)	8 ms
140 CPS 224 00	20-30 VDC	Redundante	8 A	1 ms
140 CPS 424 00	48-60 VDC	Redundante	8 A	13 ms
140 CPS 524 X0 X = 0 ó X = 2	100-150 VDC	Redundante	8 A (124 00) 10 a (124 10)	1 ms

Tabla 2.6.2 Características de las fuentes de alimentación para el Quantum

3- Funcionamiento:

- **“Standalone”** o fuente solitaria. Funciona sola como única fuente en el backplane.
- **Sumable:** puede funcionar sola o en combinación con otra sumable de forma de repartir la carga en el backplane.
- **Redundante:** puede funcionar sola o en combinación con otra redundante. En este caso la carga se reparte entre las dos fuentes, y además se crea un sistema redundante en cuanto a alimentación, ya que si una de ellas llegara a fallar, la otra automáticamente suma la carga total del backplane, que en ningún caso debe sobrepasar la capacidad individual de la fuente. En un backplane Quantum se pueden colocar hasta 3 fuentes redundantes.

La figura 2.6.3 ilustra el aspecto físico real de una fuente Quantum.

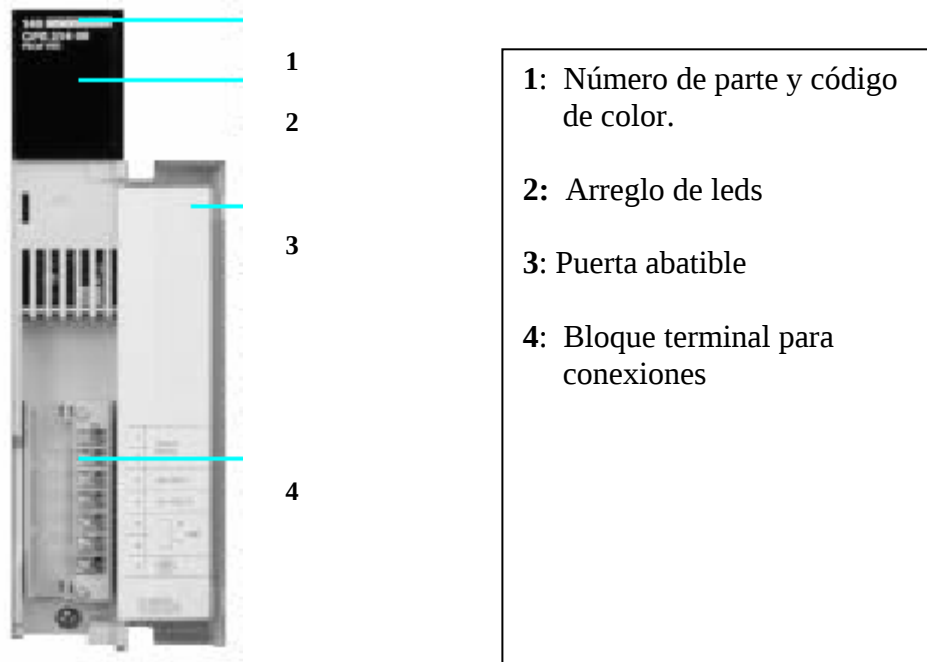


Figura 2.6.2 Aspecto físico y partes de una fuente

La figura 2.6.2 ilustra el diagrama de conexión en el bloque terminal para cada una de las fuentes de la tabla 2.6.2

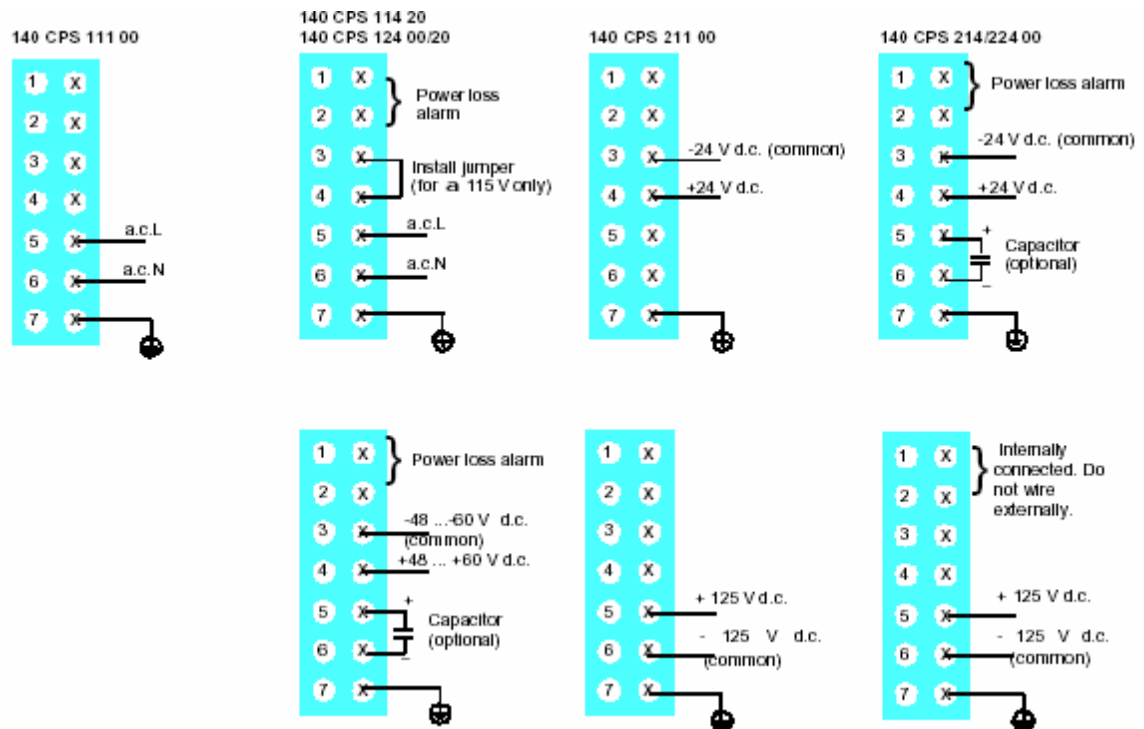


Figura 2.6.3 Diagrama de conexión

La figura 2.6.4 muestra la única señalización que ofrece la cara frontal de las fuentes de alimentación: la indicación en verde **Pwr OK**.

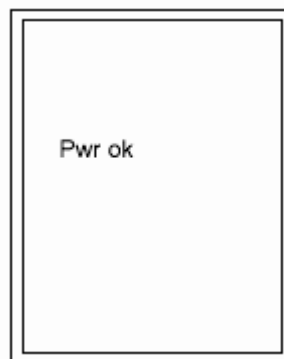


Figura 2.6.4 Indicación Power OK en las fuentes de alimentación para Quantum

2.6.2.3 CPU

Para trabajar con el nuevo software **Unity Pro**, Schneider lanzó los nuevos CPUs de la serie Quantum.

La tabla siguiente resume las características de estos CPUs.

	31110	43412	53414	65150	65160	67160
<i>Local I/O bits/modules</i>	1024 / 1024					
<i>Local racks</i>	Unlimited IO words					
<i>Remote I/O drops</i>	31					
<i>Communication modules</i>	2	6	6	6	6	6
<i>Built-in Ethernet port</i>	No	No	No	Yes	Yes	No
<i>Built-in USB port</i>	No	No	No	Yes	Yes	Yes
<i>Internal memory (KByte)</i>	400 KB	800 KB	2.7 MB	768 KB	896 KB	896 KB
<i>Including state RAM up to</i>	20 KB	128 KB	128 KB	128 KB	128 KB	128 KB
<i>Ability to extend memory</i>	No	No	No	Yes	Yes	Yes
<i>Program (with extension)</i>	/	/	/	7 MB	7 MB	7 MB
<i>Data w/ extension (KByte)</i>	/	/	/	640 KB	896 KB	896 KB
<i>File (with extension)</i>	/	/	/	8 MB	8 MB	8 MB

Tabla 2.6.3 Características de los CPU

Los tres primeros (CPUs estándar) tienen las siguientes características generales:

1. Compatibilidad hacia arriba: el firmware puede descargarse en los procesadores 434-12A y 534-14A para llevarlos a 434-12U y 534-14U, respectivamente.
2. Las aplicaciones Concept pueden importarse desde Unity pro.
3. Aumenta el rendimiento general a través de mayor capacidad de programa, datos y velocidad.
4. La serie 311 10 viene a sustituir a los CPUs de baja gama: CPU 113 02 y CPU 113 03.

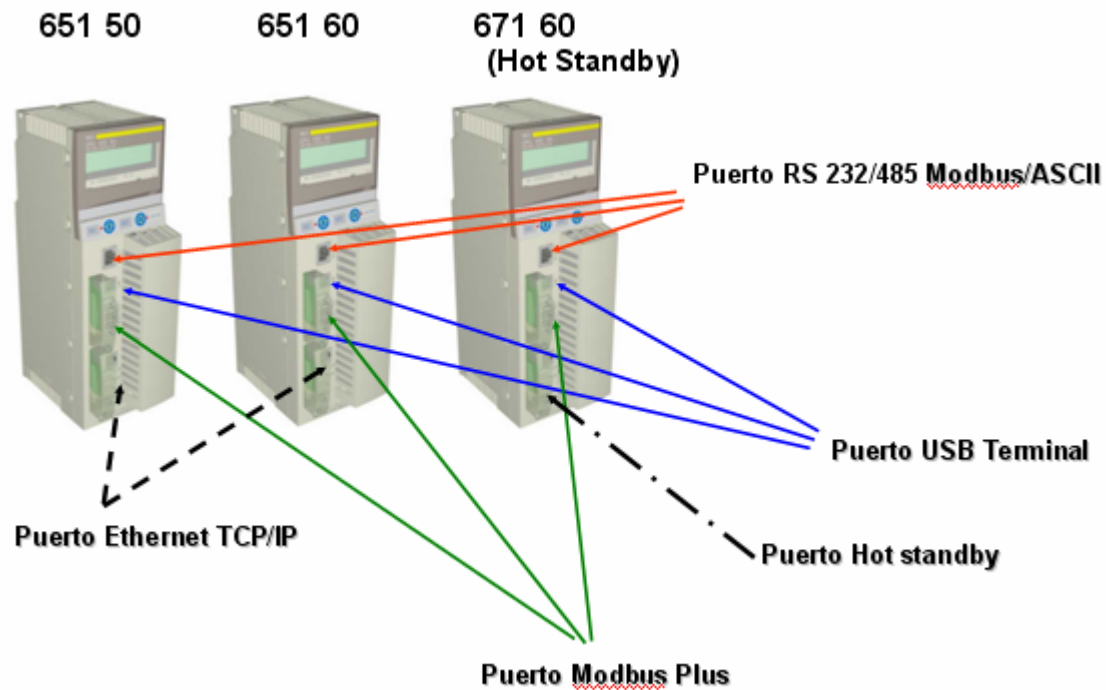


Figura 2.6.5 CPUs de la serie 6xxxx

2.6.2.3.2 Batería

Todo CPU Quantum debe estar equipado con una batería que respalda los datos en la RAM (programa y configuración). La batería es de tipo recargable y es capaz de almacenar los datos en la RAM durante al menos 1 año con el CPU desconectado de la fuente de alimentación. La vida útil de la batería, con el PLC en funcionamiento normal, es al menos 10 años.

2.6.2.3.3 Interruptores

La figura 2.6.6 muestra los dos interruptores de la cara frontal de los CPU Quantum y su leyenda. Ambos interruptores funcionan como switches deslizables.

El interruptor de la izquierda es para proteger la memoria RAM. En su posición media, la memoria NO está protegida. En su posición superior, la memoria RAM está protegida, y el usuario no puede hacer ninguna modificación en el programa. Ni

quiera puede cambiar el estado operativo del PLC. Sólo puede observarse el programa a través de Proworx, Modsoft o Concept. En esta posición se enciende en la ventana de señalización el indicador ámbar **Mem Prt**. La posición inferior del switch no tiene ningún efecto.

Los modelos de CPU Quantum con una “K” al final de su código sustituyen este switch deslizable por una llave multiposición que puede extraerse de manera de poder garantizar además un bloqueo físico de la memoria del PLC. La llave además permite poner el LLC en STOP o en RUN.

El interruptor de la derecha se utiliza para fijar los parámetros de funcionamiento del puerto Modbus.

Posición Superior ASCII: el puerto Modbus trabaja con los siguientes parámetros:

Velocidad: 2400 bps

Paridad: Par

Bit de datos: 7

Bits de Stop: 1

Dirección: switches rotatorios

En esta posición el puerto Modbus puede trabajar en modo de envío y recepción de mensajes de texto, como por ejemplo al conectarse a una impresora serial.

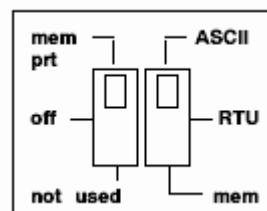


Figura 2.6.6 Interruptores deslizables en la cara frontal de un CPU Quantum

Posición Media RTU: el puerto Modbus trabaja con los siguientes parámetros por defecto:

Velocidad: 9600 bps
Paridad: Par
Bit de datos: 8
Bits de Stop: 1
Dirección: switches rotatorios

Es el modo normal de funcionamiento del puerto Modbus y el que debe usarse cuando se conecta el PLC a un PC para funciones de programación, configuración, depuración, etc. Además, en esta posición el PLC establece el modo “**bridge**”, que consiste en hacer un puente interno entre el puerto Modbus y el puerto Modbus Plus. De esta forma, a través de un PC conectado al puerto Modbus, puede establecerse conexión física con cualquier PLC que esté en una red Modbus Plus.

Posición Inferior MEM: el puerto Modbus toma, como parámetros de funcionamiento, los especificados por programa en la configuración del sistema. Se especifica por configuración una dirección para el puerto entre 1 y 247.

Se utiliza este modo cuando se desea conectar el puerto Modbus por ejemplo a un módem.

La dirección del puerto Modbus en los modos **ASCII** y **RTU** se establece mediante dos switches rotatorios situados en la parte posterior del módulo del CPU. En el modo **RTU** estos switches fijan la dirección Modbus Plus del CPU, que debe ser un número comprendido entre 1 y 64. Números mayores de 64 ó el número 0 ocasionarán un error en el puerto, que además se señala con la indicación **Modbus** + del visualizador encendida en forma fija.

La figura 2.6.7 muestra el aspecto de los dos switches rotatorios, uno para las unidades y el otro para las decenas.

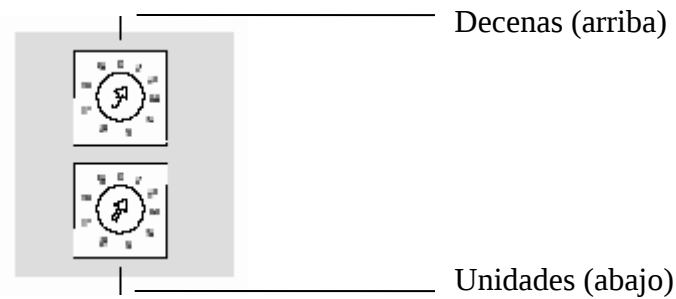


Figura 2.6.7 Switches rotatorios para fijar la dirección Modbus Plus del CPU

2.6.2.3.4 Puertos

Dependiendo del modelo de CPU, el Quantum viene equipado con un puerto Modbus y uno o dos puertos redundantes Modbus Plus. El puerto Modbus se utiliza generalmente para conectarse punto a punto con un PC, aunque también puede usarse para conectar el CPU como maestro o como esclavo a una red Modbus. El puerto Modbus Plus se utiliza para conectar el PLC a una red Modbus Plus.

2.6.2.4 Módulos de entradas/salidas

2.6.2.4.1 Tipo de Módulo: Esta columna ofrece información sobre el voltaje de alimentación externa de la tarjeta (en el caso de tarjetas de I/O discretas) o sobre los rangos de tensión y corriente que pueden medir o suministrar las entradas y salidas analógicas respectivamente.

a) **Número de Puntos:** Se refiere al número de canales de entrada o de salida de una tarjeta.

b) **Puntos por común:** Cuántas entradas o salidas se alimentan con un solo común. Por ejemplo, una tarjeta de entradas discretas que tenga 1 punto por común significa que cada entrada tiene su alimentación independiente. Una tarjeta de salida que tenga 8 puntos por común significa que existe una alimentación común por cada grupo de 8 salidas.

c) Memoria de Estado Reservada: Cada “Drop” Quantum en una arquitectura remota tiene un determinado número de tarjetas de entradas/salidas (máximo 14, si se tiene en cuenta que la máxima capacidad física de un backplane es de 16 slots, de los cuales al menos 2 están ocupados por la fuente y el CPU o el procesador de remoto de comunicación). Una copia estado de las entradas o salidas de esas, a lo sumo 14 tarjetas en un backplane, debe guardarse en la memoria RAM del sistema para uso del CPU. La memoria donde el CPU aloja el estado de esas señales se llama Memoria de Estado.

Quantum reserva una determinada cantidad de memoria fija para cada Drop o backplane, a saber **64 palabras de entrada y 64 palabras de salida** donde una palabra es un registro de 16 bits. Esto significa que el número de tarjetas de entradas o salidas que van en un Drop o backplane están limitadas por la máxima capacidad de almacenaje del estado de sus entradas o salidas en la memoria de estado.

d) Consumo de corriente

Se indica el máximo consumo de corriente en mA que puede llegar a exigir la tarjeta. Este dato es clave para la escogencia de la fuente de alimentación del rack. Se observa que las tarjetas de salidas analógicas y las de salida a relé son las que más corriente consumen.

2.6.2.4.2 Número de parte

Aquí se especifica el código que identifica la tarjeta. En general puede decirse lo siguiente sobre el significado de los códigos:

2.6.2.4.2.1 Tarjetas de entradas discretas:

DAI → <u>D</u>iscreta <u>A</u>C <u>I</u>ntput	Entradas Discretas alimentadas con AC
DDI → <u>D</u>iscreta <u>D</u>C <u>I</u>ntput	Entradas Discretas alimentadas con DC
DSI → <u>D</u>iscreta <u>S</u>ense <u>I</u>ntput	Entradas Discretas alimentadas con DC
HLI → <u>H</u>igh Speed <u>L</u>atch <u>I</u>ntput	Entradas Discretas con interrupción

2.6.2.4.2.2 Tarjetas de salidas discretas

DAO → <u>D</u>iscreta <u>A</u>C <u>O</u>utput	Salidas Discretas alimentadas con AC
DDO → <u>D</u>iscreta <u>D</u>C <u>O</u>utput	Salidas Discretas alimentadas con DC
DRA → <u>D</u>iscreta <u>R</u>elé <u>A</u>bierto	Salidas Discretas a relé NO
DRC → <u>D</u>iscreta <u>R</u>elé <u>C</u>onfigurable	Salidas Discretas a relé NO/NC
DVO → <u>D</u>iscreta <u>V</u>erifica <u>O</u>utput	Salidas Discretas alimentadas con DC, con verificación de estado de salida en campo

2.6.2.4.2.3 Tarjetas de entradas/salidas discretas mixtas:

DAM → <u>D</u>iscreta <u>A</u>C <u>M</u>ixta	Entradas/Salidas Discretas mixtas en AC
DDM → <u>D</u>iscreta <u>D</u>C <u>M</u>ixta	Entradas/Salidas Discretas mixtas en DC

2.6.2.4.2.4 Tarjetas de entradas analógicas:

ACI → <u>A</u>nálogo <u>C</u>orriente <u>I</u>nput	Entradas Analógicas en corriente
AVI → <u>A</u>nálogo <u>V</u>oltaje <u>I</u>nput	Entradas Analógicas en voltaje/corriente
ARI → <u>A</u>nálogo <u>R</u>TD <u>I</u>nput	Entradas Analógicas para medición de temperatura con sondas térmicas
ATI → <u>A</u>nálogo <u>T</u>ermopar <u>I</u>nput	Entradas Analógicas medición de temperatura con termopares

2.6.2.4.2.5 Tarjetas de salidas analógicas:

ACO → <u>A</u>nálogo <u>C</u>orriente <u>O</u>utput	Salidas Analógicas en corriente
AVO → <u>A</u>nálogo <u>V</u>oltaje <u>O</u>utput	Salidas Analógicas en voltaje

2.6.2.4.2.6 Tarjeta de entradas/salidas analógicas mixtas:

AMM → Análogo Multirrango Mixta Entradas/Salidas Analógicas mixtas multirrango en entradas, corriente en salidas.

2.6.2.4.2.6 Tarjetas intrínsecamente seguras:

DII → Discreta I. S. Input Entradas Discretas Intrínsecamente Seguras

DIO → Discreta I. S. Output Salidas Discretas Intrínsecamente Seguras

AII → Análogo I. S. Input Entradas Analógicas Intrínsecamente Seguras

AIO → Análogo I. S. Output Salidas Analógicas Intrínsecamente Seguras

Tabla 2.6.4 Tarjetas de Entradas Discretas

Tipo de Módulo	Nº de puntos	Puntos por Común	Memoria de Estado Reservada	Consumo en [mA]	Nº de parte
5 V – TTL Source	32	8	2 palabras IN	170	140 DDI 153 10
24 VDC Sink	32	8	2 palabras IN	330	140 DDI 353 00
24 VDC Source	32	8	2 palabras IN	330	140 DDI 353 10
24 VDC Sink	96	16	6 palabras IN	270	140 DDI 364 00
125 VDC Sink	24	8	2 palabras IN	200	140 DDI 673 00
10 – 60 VDC Sink	16	2	1 palabra IN	200	140 DDI 841 00
10 – 60 VDC Sink	32	4	2 palabras IN	300	140 DDI 853 00
20 – 30 VDC Sink	32	8	4 palabras IN (2 de estatus)	250	140 DSI 353 00
Módulo I.S. No requiere alimentación	8	1	1/2 palabra IN	400	140 DII 330 00
24 VAC	16	1	1 palabra IN	180	140 DAI 340 00
24 VAC	32	8	2 palabras IN	250	140 DAI 353 00
48 VAC	16	1	1 palabra IN	180	140 DAI 440 00
48 VAC	32	2	2 palabras IN	250	140 DAI 453 00
115 VAC	16	1	1 palabra IN	180	140 DAI 540 00
115 VAC	16	8	1 palabra IN	180	140 DAI 543 00
115 VAC	32	8	2 palabras IN	250	140 DAI 553 00
230 VAC	16	1	1 palabra IN	180	140 DAI 740 00
230 VAC	32	8	2 palabras IN	250	140 DAI 753 00

Tabla 2.6.5 Tarjetas de Salidas Discretas

Tipo de Módulo	Nº de puntos	Puntos por Común	Memoria de Estado Reservada	Consumo en [mA]	Nº de parte
5 V – TTL Sink	32	8	2 palabras OUT	350	140 DDO 153 10
24 VDC Source	32	8	2 palabras OUT	330	140 DDO 353 0X
24 VDC Sink	32	8	2 palabras OUT	330	140 DDO 353 10
20 - 30 VDC Source	96	16	6 palabras OUT	250	140 DDO 364 00
10 - 60 VDC Source	16	8	1 palabra OUT	160	140 DDO 843 00
24-125 VDC Source	12	2	1 palabra IN / 1 palabra OUT	650	140 DDO 885 00
10–30 V DC Source	32	8	2 palabras IN/2 palabras OUT	500	140 DVO 853 00
Relé, NO, 2 A/pto.	16	1	1 palabra OUT	1100	140 DRA 840 00
Relé, NO/NC, 5 A por punto	8	1	1/2 palabra OUT	560	140 DRC 830 00
Módulo I.S. No requiere alimentación	8	1	1/2 palabra OUT	2200	140 DIO 330 00
24 – 230 VAC	16	1	1 palabra OUT	350	140 DAO 840 00
24 – 115 VAC	16	1	1 palabra OUT	350	140 DAO 840 10
100 - 230 VAC	16	4	1 palabra OUT	350	140 DAO 842 10
24 - 48 VAC	16	4	1 palabra OUT	350	140 DAO 84220
24 - 230 VAC	32	8	2 palabras OUT	320	140 DAO 853 00

Tabla 2.6.6 Tarjetas Mixtas de Entradas/Salidas Discretas

Tipo de Módulo	Nº de puntos	Puntos por Común	Memoria de Estado Reservada	Consumo en [mA]	Nº de parte
Input: 132 VAC Output: 85-132 VAC	16 IN 8 OUT	8 IN 4 OUT	1 palabra IN ½ palabra OUT	250	140 DAM 590 00
Input: 30 VDC Output: 20 - 30 VDC	16 IN 8 OUT	8 IN 4 OUT	1 palabra IN ½ palabra OUT	330	140 DDM 390 00
Input: 156 VDC Output: 20-156 VDC	4 IN 4 OUT	4 IN 1 OUT	1 palabra IN 1 palabra OUT	350	140 DDM 690 00

Tabla 2.6.7 Tarjetas de Entradas Analógicas

Tipo de Módulo	Nº de puntos	Puntos por Común	Memoria de Estado Reservada	Consumo en [mA]	Nº de parte
4 – 20 mA; 1 – 5 V 12 bits	8	1	9 palabras IN (1 de estatus)	240	140 ACI 030 00
0–20mA; 0–25 mA: 4–20 mA	16	1	17 palabras IN (1 de estatus)	360	140 ACI 040 00
Módulo I.S. Mide RTD o Termopares	8	1	9 (RTD) ó 10 (Termopar) palabras IN	400	140 AII 330 00
Módulo I.S. Mide 0-20, 0-25, 4-20 mA	8	1	9 palabras IN	1500	140 AII 330 10
0 –20 mA; ± 20 mA 0 – 10 V; ± 10 V 0 - 5 V; ± 5 V Precisión: 16 bits	8	1	9 palabras IN (1 de estatus)	280	140 AVI 030 00
RTD (2, 3 ó 4 hilos) Pt ó Ni 12 bits + signo	8	1	10 palabras IN (2 de estatus)	200	140 ARI 030 10
Termopar (B, E, J, K, R, S, T, mV) Precisión: 16 bits	8	1	10 palabras IN (2 de estatus)	280	140 ATI 030 00

Tabla 2.6.8 Tarjetas de Salidas Analógicas

Tipo de Módulo	Nº de puntos	Puntos por Común	Memoria de Estado Reservada	Consumo en [mA]	Nº de parte
4 – 20 mA; 12 bits	4	1	4 palabras OUT	480	140 ACO 020 00
0–20mA; 0–25 mA; 4–20 mA	8	1	8 palabras OUT	550	140 ACO 130 00
0 – 10 V; ± 10 V 0 - 5 V; ± 5 V Precisión: 12 bits	4	1	4 palabras OUT	700	140 AVO 020 00
Módulo I.S. Genera 0-20, 0-25, 4-20 mA	8	1	8 palabras OUT	2500	140 AIO 330 00

Tabla 2.6.9 Tarjeta Mixta de Entradas/Salidas Analógicas

Tipo de Módulo	Nº de puntos	Puntos por Común	Memoria de Estado Reservada	Consumo en [mA]	Nº de parte
INPUTS: 0 – 10 V; ± 10 V 0 - 5 V; ± 5 V 0 - 20 nA; ±20 mA 1 – 5 V; 4 – 20 mA Precisión: 16 bits	4 IN	1	5 palabras IN	350	140 AAM 090 00
OUTPUTS: 4 – 20 mA Precisión: 12 bits	2 OUT	1	2 palabras OUT		

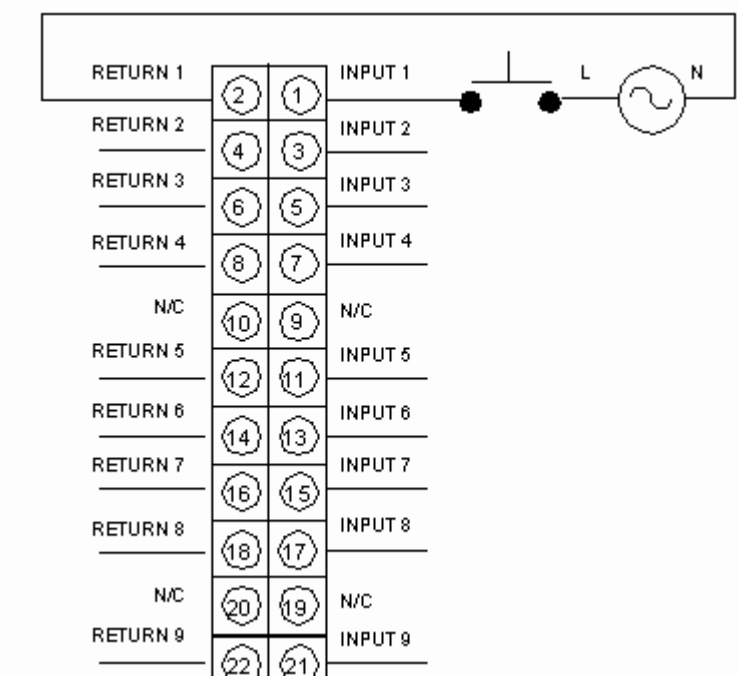


Figura 2.6.8 Diagrama de conexión de la tarjeta de entradas discretas 140 DAI 540 00

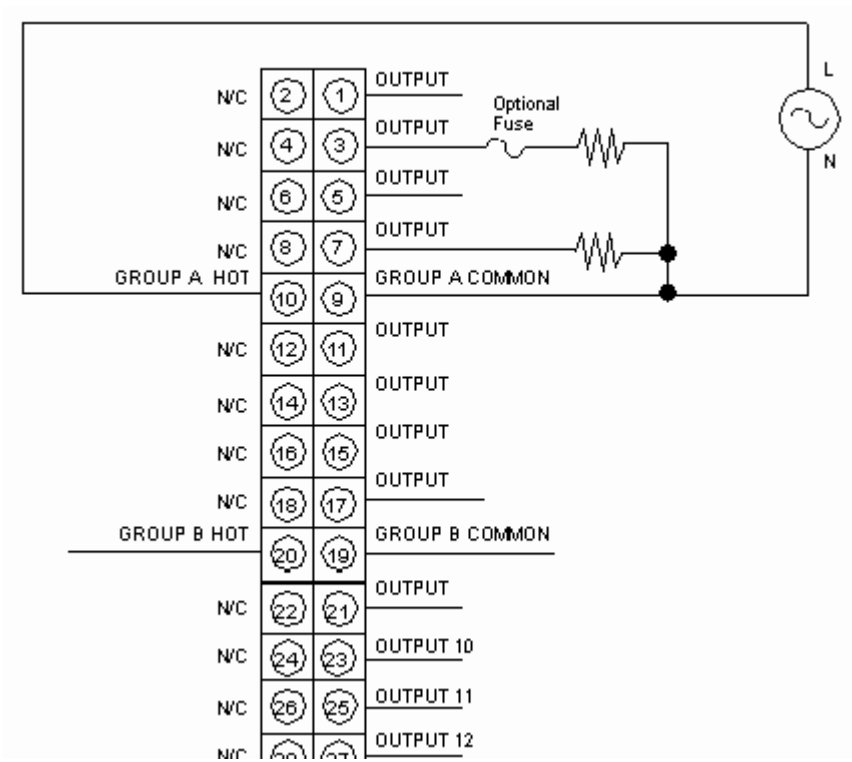


Figura 2.6.9 Diagrama de conexión de la tarjeta de salidas discretas 140 DAO 842 10

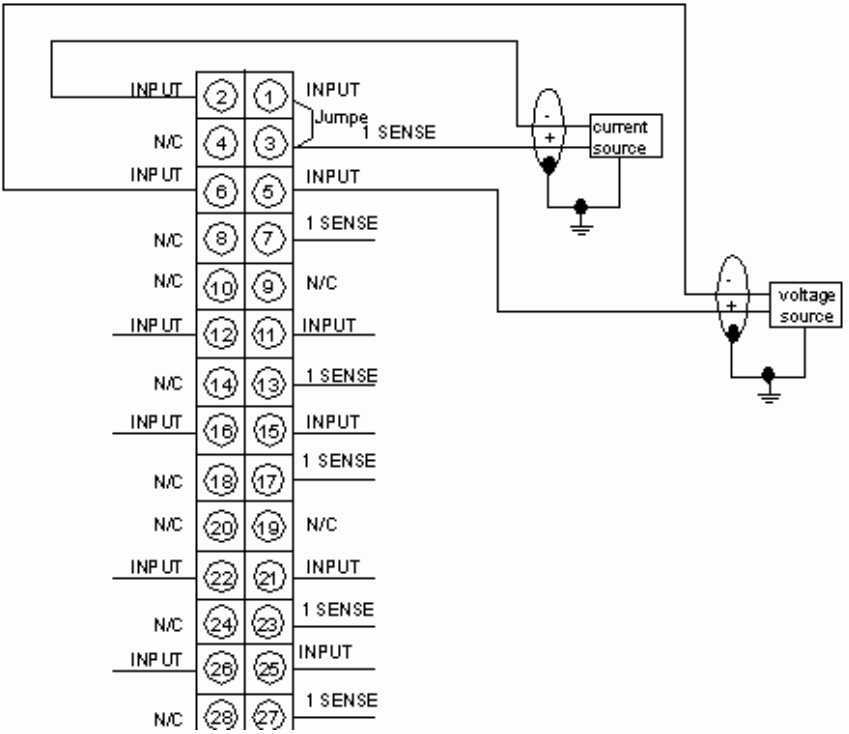


Figura 2.6.10 Diagrama de conexión tarjeta de entradas analógicas 140 AVI 030 00

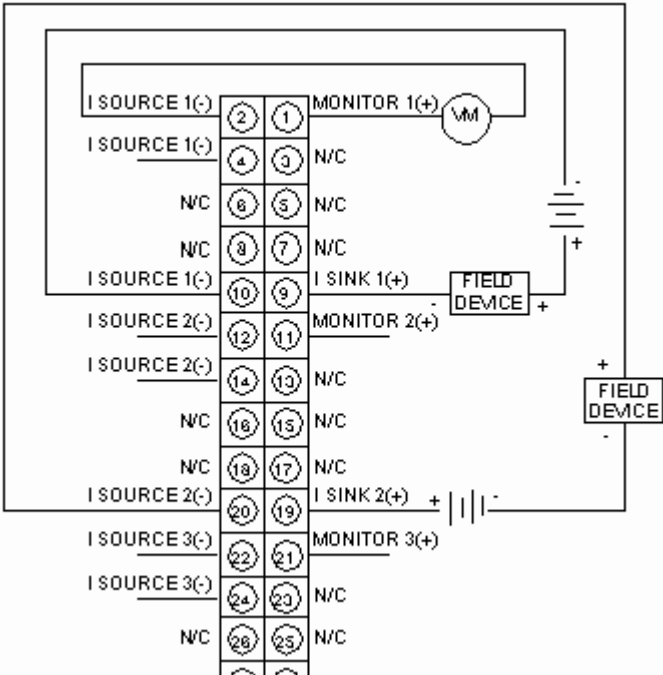


Figura 2.6.11 Diagrama de conexión tarjeta de salidas analógicas 140 ACO 020 00

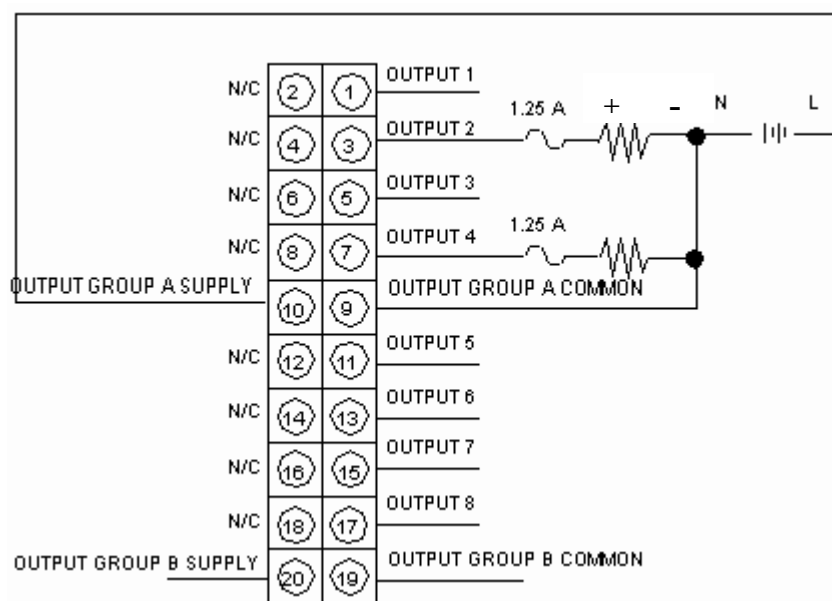


Figura 2.6.12 Diagrama de conexión de la tarjeta de entradas/salidas discretas mixtas 140 DDM 390 00 (parte correspondiente a las salidas)

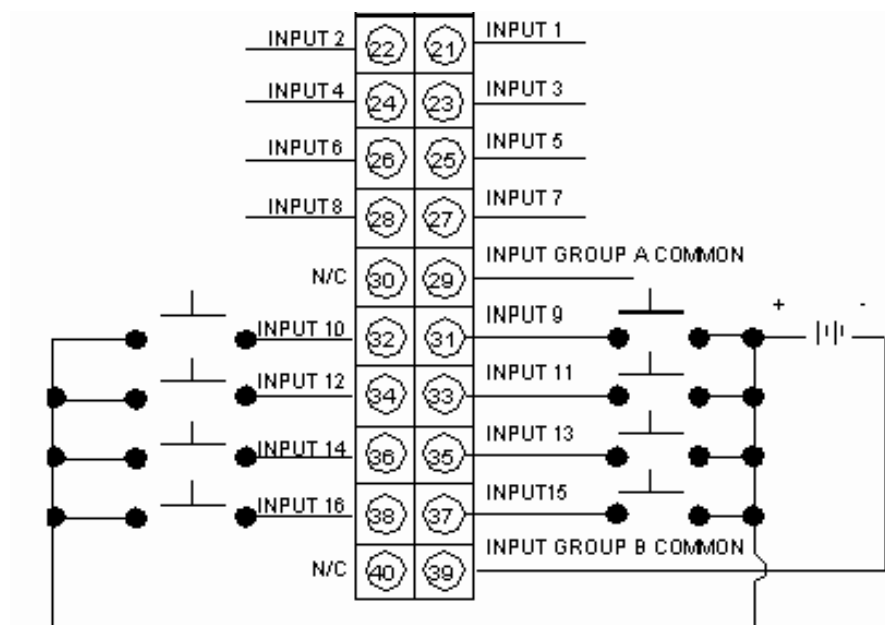


Figura 2.6.13 Diagrama de conexión de la tarjeta de entradas/salidas discretas mixtas 140 DDM 390 00 (parte correspondiente a las entradas)

2.6.2.4.3 Códigos de color de los módulos

Todos los módulos Quantum llevan en la parte superior, además de la identificación, una barra de color que identifica el tipo de módulo.

La tabla 2.6.10 muestra los códigos de color de los diferentes módulos Quantum. Se observa en general lo siguiente:

- a) Color amarillo: módulos funcionales (fuentes, CPU, comunicaciones, etc.) y salidas a relé.
- b) Colores claros: entradas.
- c) Colores oscuros: salidas.

Tipo de Módulo		Código de Color de la banda	
Módulos Funcionales: - Fuentes - CPU - CRP/CRA - Módulos de Comunicación - CHS (Hot Standby) - Módulos Inteligentes - Salidas a Relé		Amarillo	
ENTRADAS	Entradas Discretas en AC (DAI)	Rosado	
	Entradas Discretas en DC (DDI)	Azul Claro	
	Entradas Analógicas (AxI)	Verde Claro	
SALIDAS	Salidas Discretas en AC (DAO)	Rosado	
	Salidas Discretas en DC (DDO)	Azul oscuro	
	Salidas Analógicas (AxO)	Verde Oscuro	

Tabla 2.6.10 Códigos de color que identifican los diferentes grupos de módulos Quantum

2.6.2.5. Arquitectura Remota (RIO)

La arquitectura **RIO** consiste en poder expandir la capacidad de procesamiento de entradas/salidas del CPU Quantum a través de Drops conectados en bus abierto, y provistos cada uno de ellos de una tarjeta de comunicación apropiada.

La figura 2.6.14 ilustra un ejemplo de arquitectura RIO. Sus componentes básicos son:

2.6.2.5.1 Drop Local: Es el Drop donde se encuentra el CPU. Su dirección en la arquitectura RIO **siempre es la 1**. Este Drop Local contiene, además el CPU, la tarjeta de donde nace la arquitectura RIO. Esa tarjeta se coloca en cualquiera de los slots disponibles en el backplane, y ese slot pasa a llamarse el **Head Slot**, pues es la cabeza de la arquitectura RIO.

2.6.2.5.2. Drop Remoto: Los Drops remotos forman el resto de la estructura RIO. Puede haber hasta 31 Drops remotos, con direcciones 2 a 32. La dirección 1 está reservada para el Drop Local. No necesariamente los Drops remotos tienen que ser Quantum. Se permiten Drops remotos de la serie 984 y de otras series, convirtiendo de esta forma la arquitectura RIO en un sistema sumamente flexible.

2.6.2.5.3 Los TAP: Los Tap o derivadores son cajas de paso en el bus RIO de donde salen las conexiones hacia los Drops remotos. Cada Drop remoto debe llevar obligatoriamente un Tap.

2.6.2.5.4 Los Terminales de Línea: Son dispositivos que se colocan en el último tap de la arquitectura RIO para eliminar los efectos de reflexión de la señal.

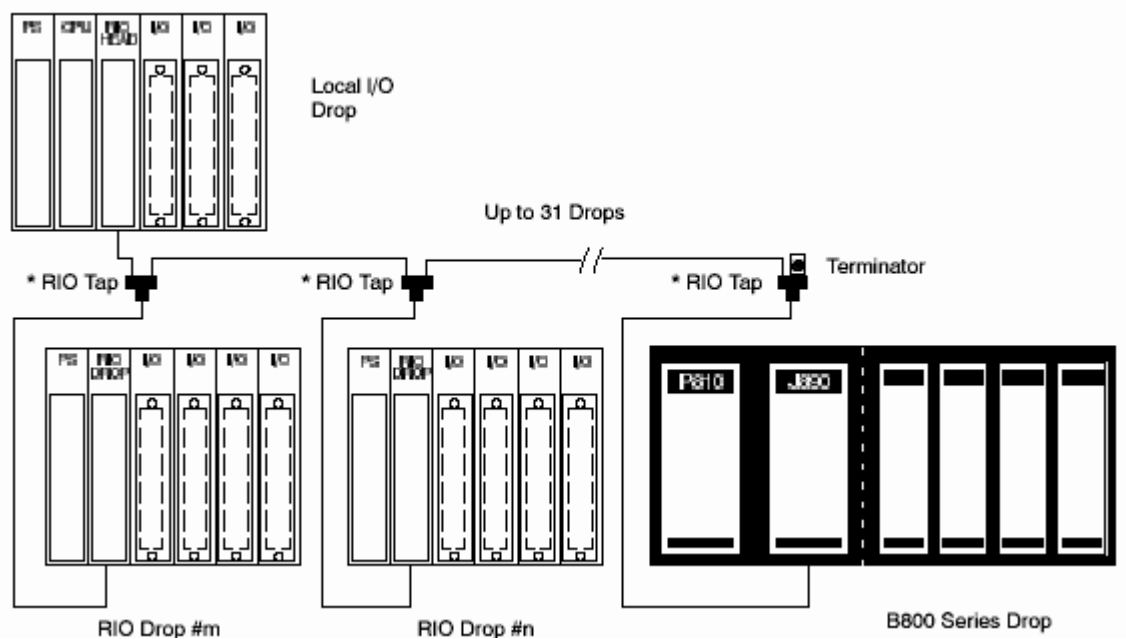


Figura 2.6.14 Ejemplo de una arquitectura mixta RIO con un Drop Local y 3 Drops Remotos.

2.6.2.5.1 Indicadores luminosos

La ventana en la parte superior del módulo CRP contiene indicadores luminosos que suministran información sobre el funcionamiento y estado general del módulo.

La figura 2.6.15 muestra todas las indicaciones posibles en la ventana de un módulo CRP.

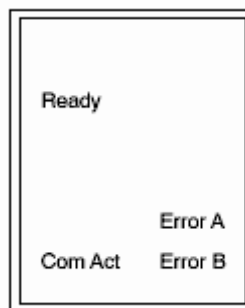


Figura 2.6.15 Indicadores luminosos en un módulo CRP 93X

Indicador	Color	Significado en ON
Ready	Verde	El CRP pasó prueba de diagnóstico al encendido
Com Act	Verde	El módulo se está comunicando en la red RIO
Error A	Rojo	Hay pérdida de comunicación en el canal A con uno o más Drops remotos
Error B	Rojo	Hay pérdida de comunicación en el canal A con uno o más Drops remotos

Tabla 2.6.11 Significado de los indicadores luminosos de la cara frontal del CRP 93X

2.6.2.5.2 Conectores para cable coaxial

La tarjeta CRP puede tener uno ó dos conectores para cable coaxial. La tarjeta con un solo conector es la 140 CRP 931. La tarjeta con dos conectores es la 140 CRP 932. La tarjeta con dos conectores ofrece la posibilidad de instalar una arquitectura RIO redundante.

2.6.2.6 La tarjeta RIO HEAD 140 CRP 93X

La arquitectura RIO nace en un módulo situado en el Head Slot del Drop Local. Ese módulo es el 140 CRP 93X o Procesador Remoto de Comunicación.

La figura 2.6.16 muestra el aspecto de la cara frontal del módulo CRP 93X

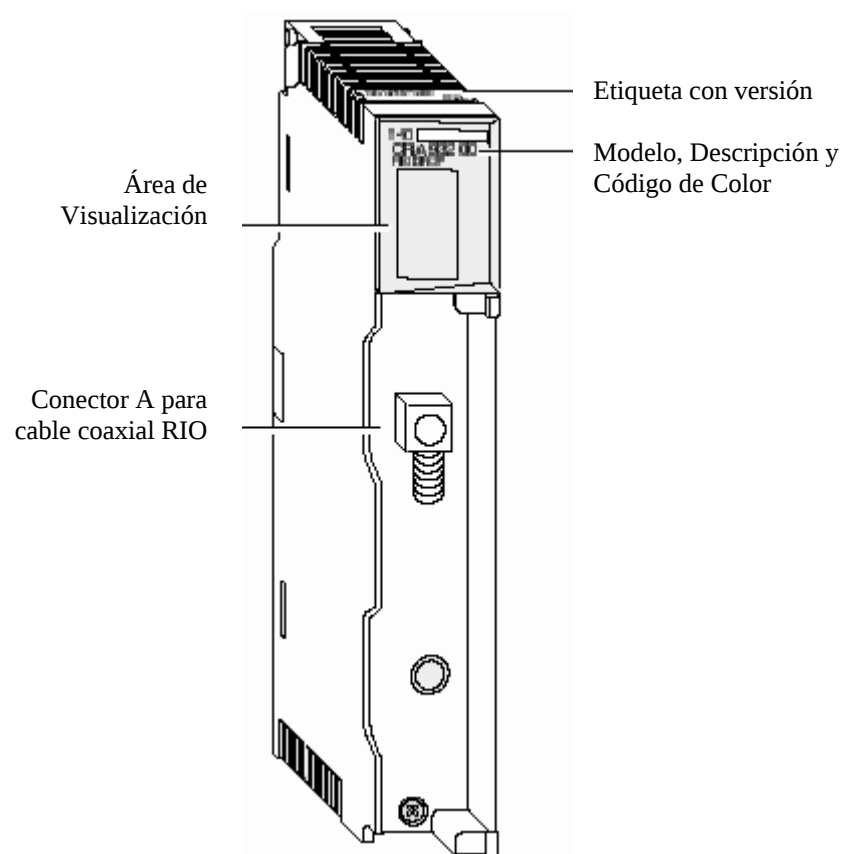


Figura 2.6.16 Aspecto de la cara frontal de la tarjeta RIO tipo CRP 931

El cable coaxial que parte del módulo CRP 93X en el Head Slot del Drop local llega a través de los taps a todos los Drops remotos. En cada Drop remoto tipo Quantum debe haber una tarjeta 140 CRA 931 ó 140 CRA 932 (uno o dos conectores coaxiales,

respectivamente) que reciba la conexión. CRA significa Adaptador Remoto de Comunicación. Si el Drop es de otra serie, deberá estar equipado con su tarjeta correspondiente.

Físicamente la tarjeta CRA luce prácticamente idéntica a la CRP en su cara frontal. Sin embargo, en su parte posterior tiene dos switches rotatorios que permiten fijar la dirección del Drop, un número entre 2 y 32. Recordar que la tarjeta CRP siempre tiene la dirección 1, y por lo tanto no requiere de switches para asignarla.

La figura 2.6.17 ilustra el aspecto de los dos selectores rotatorios en la parte posterior de la tarjeta CRA 93X.



Figura 2.6.17 Switches rotatorios para fijar la dirección del Drop Remoto en la tarjeta CRA 93

2.6.2.7 Resumen de características de la arquitectura RIO

La tabla 2.6.12 resume las características de la arquitectura RIO.

Aplicación	Grupos de señales de I/O concentrados o dispersos en el espacio.
Número de Drops remotos	31
Espacio de direccionamiento por Drop	64 palabras IN / 64 palabras OUT
Protocolo de comunicación	S 908 de Modicon
Velocidad de transmisión	1.544 Mbs
Vínculo Físico	Cable Coaxial
Distancia Máxima	4 800 metros con cable. Ampliable con fibra óptica.
Módulo de procesamiento local	Tarjeta 140 CRP 93X
Módulo de procesamiento remoto	Tarjeta 140 CRA 93X
Redundancia	Si

Tabla 2.6.12 Características de la arquitectura RIO

2.7 Protocolo TCP/IP

Un protocolo es un conjunto de reglas establecidas entre dos dispositivos para permitir la comunicación entre ambos. Se han desarrollado diferentes familias de protocolos para comunicación, el más ampliamente utilizado es el Internet Protocol Suite, comúnmente conocido como TCP/IP. Esta familia de protocolos permitió que Internet sea una red de redes. Nótese aquí que hablamos de familia de protocolos ya que son muchos los protocolos que lo integran.

El protocolo TCP/IP tiene que estar a nivel inferior del tipo de red empleado y funcionar de forma transparente en cualquier tipo de red. Y a un nivel superior de los programas de aplicación como páginas web y/o correo electrónico. Para enviar un mensaje desde un programa de aplicación de una máquina hacia un programa de aplicación en otra máquina, hay que transferir el mensaje hacia abajo a través de capas sucesivas del software del protocolo en la máquina emisora, transferir un mensaje a través de la red, luego, transferir el mensaje hacia arriba, a través de las capas sucesivas del software del protocolo de la máquina receptora.

2.7.1 El protocolo TCP/IP esta formado por:

2.7.1.1 Capa de aplicación: proporciona los distintos servicios de Internet como correo electrónico, páginas WEB, etc.

2.7.1.2 Capa de transporte: proporciona la comunicación entre un programa de aplicación y otro lo que se conoce como comunicación punto a punto, además de regular el flujo de las comunicaciones.

2.7.1.3 Capa de Red: define la forma en que un mensaje se transmite a través de distintos tipos de redes hasta llegar a su destino y proporciona el direccionamiento IP determinando la ruta óptima a través de los encaminadores (routers) que debe seguir un paquete desde el origen al destino.

2.7.1.4 Capa de acceso a la red: determina la manera en que los ordenadores envían y reciben la información a través del soporte físico proporcionado por la capa anterior.

2.7.1.5 Capa física: es el medio físico por el cual se transmite la información, ejemplo cable telefónico, coaxial, etc.

2.7.2 Direcciones IP.

La dirección IP es el identificador de cada host dentro de su red. Cada host conectado a una red tiene una dirección IP asignada, la cual debe ser distinta a todas la demás direcciones que estén vigentes en ese momento en el conjunto de redes visibles por el PC. En el caso de Internet, no puede haber dos ordenadores con direcciones IP (públicas) iguales. Pero si podríamos tener dos ordenadores con la misma dirección IP siempre y cuando pertenezcan a redes independientes entre si.

2.7.3 Las direcciones IP se clasifican en:

2.7.3.1 Direcciones IP públicas: son visibles en todo Internet. Un ordenador con una IP pública es accesible desde cualquier otro ordenador conectado a Internet. Para conectarse a Internet es necesario tener una dirección IP pública.

2.7.3.2 Direcciones IP privadas: son visibles únicamente por otro PC de su propia red o de otras redes privadas conectadas por routers. Se utilizan en las empresas para los puestos de trabajo. Los ordenadores con direcciones IP privadas pueden salir a Internet por medio de un router que tenga una dirección IP pública.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

En toda investigación científica se hace necesario que los hechos estudiados, así como las relaciones que se establecen entre estos, los resultados obtenidos y las evidencias significativas encontradas en relación al problema investigado, reúnan las condiciones de fiabilidad, objetividad y validez interna. Para ello, se requiere delimitar los procedimientos de orden metodológico, a través de los cuales se intenta dar solución al problema objeto de investigación.

En el Marco Metodológico del presente trabajo especial de grado, se desarrollaron importantes aspectos relativos al tipo de estudio y a su diseño de investigación, incorporados en relación a los objetivos establecidos.

3.1 Tipo de Investigación

De acuerdo con el problema planteado, se incorpora el tipo de Investigación denominado PROYECTO FACTIBLE. La misma consiste, “en una proposición sustentada en un Modelo Operativo Factible, orientada a resolver un problema planteado o a satisfacer necesidades en una institución o campo de interés nacional”. Balestrini(1998).

En este trabajo, se propone, diseñar y aplicar un sistema de control y monitoreo remoto, por medio de Internet, que realice las maniobras y permita la visualización por parte de la Empresa encargada de la operación del equipo para obtener el óptimo funcionamiento adecuado de los equipos de aire acondicionado del Edificio del Bingo Caribe para el confort de las personas que lo utilizan

3.2 Diseño de la Investigación

El presente proyecto fue elaborado según las siguientes etapas:

3.2.1 Etapa Documental

En esta primera etapa se recopiló y consultó toda la bibliografía necesaria para el diseño del proyecto, haciendo énfasis en sistemas de refrigeración, sistemas de control, Controladores Lógicos programables y Protocolos de Comunicación. Para esto se recurrió a libros, manuales de los equipos, registros de la empresa y paginas web.

3.2.2 Etapa de Campo

En esta segunda etapa, se realizó la inspección del Edificio e inventario del sistema de aire acondicionado instalado actualmente en el Edificio; se ubicaron los equipos y dispositivos ya instalados, se registraron sus especificaciones técnicas y se propuso la ubicación de los dispositivos de control a instalar además de las rutas de cableado que servirá para establecer la red que conforma el sistema de control.

3.2.3 Etapa de Diseño

En esta etapa final se seleccionó el equipo necesario para el control del sistema el cual incluye el software de programación, los dispositivos necesarios para el control y el protocolo de comunicación.

Para cumplir con los objetivos del proyecto, se definieron todos los parámetros y variables a controlar, tomando como base el inventario realizado de los equipos y los requerimientos del proyecto. Se determinó, que el equipo debe permitir recibir y leer entradas analógicas y digitales, realizar las acciones para controlar el sistema y enviar las señales a los dispositivos finales de control, para que realicen las maniobras que permiten obtener las condiciones requeridas por los operadores del sistema.

Finalmente, para el diseño del sistema de control y selección de los equipos, se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Automatización: Para la automatización del sistema de control, se determino que los PLC's son los equipos más adecuados que cumplen con esta condición ya que por su versatilidad y posibles configuraciones, permiten recibir cualquier tipo de señal que emiten los diferentes dispositivos del sistema.
- ✓ Control: los PLCs permiten controlar cualquier tipo de proceso debido a que poseen un software programable, que puede realizar todas las maniobras necesarias para obtener las condiciones finales que se desean en el sistema.
- ✓ Supervisión. El PLC QUANTUM tiene incorporado en su software, funciones que permiten la comunicación vía Internet, mediante el protocolo TCP/IP a PCs que se encuentren en sitios remotos, desde donde se requiere monitorear el proceso que este controlando el equipo.

3.3 Técnicas e instrumentos de la Investigación

En el transcurso del proyecto, fue necesaria la utilización de varias técnicas, que ayudan a obtener la información necesaria para la realización del proyecto como las señaladas a continuación:

3.3.1 Técnicas de la Observación

Consistió en observar el comportamiento del sistema, parámetros de funcionamiento y capacidad, además, de la ubicación del los equipos que componen el sistema de aire acondicionado.

3.3.2 Técnicas del Formato

Se utilizaron formatos de recopilación de datos; estos permitieron recopilar información que se necesitó para el diseño del proyecto, además de reducir el tiempo de realización del proyecto.

3.3.3 Técnica de la Entrevista

Ésta quizá sea la más enriquecedora de las técnicas, que se aplican a nivel de recopilación de datos para el proyecto, ya que consiste en escuchar las opiniones y los conocimientos, directamente de las personas encargadas de la operación del sistema, para obtener detalladamente los requerimientos del sistema de control a diseñar, lo que trajo como consecuencia obtener el sistema de control más adecuado para optimizar la operación del sistema.

Se realizaron entrevistas a los Ing. Luis Martinez y el Ing. Otilio Aguilar, para recopilar los detalles técnicos de equipos instalados y operación del sistema de Aire Acondicionado, además de definir los requerimientos técnicos que debe poseer el sistema de control a proyectar. En estas entrevistas se estableció, que solo se va a controlar las temperaturas de los ambientes, el disparo de alarmas de falla de las bombas de agua helada, además de realizar la supervisión remota del sistema de control.

CAPÍTULO IV

LA PROPUESTA

4.1 Inventario de Equipos

4.1.1. CHILLER

ENFRIADORES (CHILLER)					
EQUIPOS	MARCA	MODELO	CAPACIDAD	ESTADO ACTUAL	MISCELANEOS
CHILLER No.1	YORK	YCAS200EC	200 TR	OPERATIVO	460/3/60 Refrigerante R-22.

Tabla 4.1 Datos técnicos del CHILLER

4.1.2 Bombas de Agua Helada

BOMBAS DE AGUA HELADA					
EQUIPO	MARCA	MODELO	POTENCIA	ESTADO ACTUAL	MISCELANEOS
BOMBA No.1	WEG	BA61441	22 Hp	OPERATIVA	Volt:440/3/60 Rpm: 1765 rpm
BOMBA No.2	WEG	BA61441	22 Hp	OPERATIVA	Volt:440/3/60 Rpm: 1765 rpm

Tabla 4.2 Datos técnicos de las Bombas

4.1.3 UMAS Y FANCOILS

4.1.3.1 PLANTA BAJA

UMAS							
	UBICACIÓN	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	VENTILADOR	MOTOR DEL VENTILADOR	VÁLVULA	SERPENTIN
Nº 1	ALA ESTE PARTE SUPERIOR RAMPA DE VEHICULOS	25	ALA ESTE DE LA PLANTA BAJA	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 20 10000 pcm	EVERLE 7 ½ Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 2640 pulg² 14 A/pulg
Nº 2	ALA ESTE PARTE SUPERIOR RAMPA DE VEHICULOS	25	ALA ESTE DE LA PLANTA BAJA	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 20 10000 pcm	EVERLE 7 ½ Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 2640 pulg² 14 A/pulg:
Nº 3	ALA OESTE LATERAL AL BAÑO DE DAMAS	25	ALA OESTE DE LA PLANTA BAJA	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 20 10000 pcm	EVERLE 7 ½ Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 2640 pulg² 14 A/pulg
FANCOILS							
	UBICACIÓN	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	MARCA	VOLTAJE	VALVULAS	
Nº 1	BAÑO DAMAS	2	COCINA	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60	
Nº 2	BAÑO CABALLEROS	2	LADO OESTE POR MEDIO DE UMA 3	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60	

Tabla 4.3 Datos técnicos de las UMAS y FANCOILS de la Planta Baja.

4.1.3.2. PISO 1

UMAS							
	UBICACION	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	VENTILADOR	MOTOR DEL VENTILADOR	VALVULA	SERPENTIN
Nº 1	ESQUINA ESTE EDIFICIO PRINCIPAL	25	ALA ESTE DEL PISO 1	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 24 10000 pcm	EVERLE 10 Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 3600 pulg ² 10 A/pulg
Nº 2	ESQUINA OESTE EDIFICIO PRINCIPAL	25	ALA OESTE DEL PISO 1	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 24 10000 pcm	EVERLE 10 Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 3600 pulg ² 10 A/pulg
FANCOILS							
	UBICACION	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	MARCA	VOLTAJE	VALVULAS	
Nº 1	OFICINA DE SEGURIDAD	2	OFICINA DE SEGURIDAD	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60	
Nº 2	COCINA	2	COCINA	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60	

Tabla 4.5 Datos técnicos de las UMAS y FANCOILS del Piso 1.

4.1.3.4. PISO 2 (BINGO)

FANCOILS						
	UBICACION	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	MARCA	VOLTAJE	VALVULAS
Nº 1	OFICINA DE SEGURIDAD	2	OFICINA DE SEGURIDAD	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60
Nº 2	COCINA	2	COCINA	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60

Tabla 4.6 Datos técnicos de los FANCOILS del Piso 2.

4.1.3.5. PISO 3

UMAS							
	UBICACION	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	VENTILADOR	MOTOR DEL VENTILADOR	VALVULA	SERPENTIN
Nº 1	ESQUINA ESTE EDIFICIO PRINCIPAL	25	ALA ESTE DE SALA DE BINGO	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 20 10000 pcm	EVERLE 7 ½ Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 2640 pulg² 14 A/pulg
Nº 2	ESQUINA ESTE EDIFICIO PRINCIPAL	25	ALA ESTE DE SALA DE BINGO	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 20 10000 pcm	EVERLE 7 ½ Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 2640 pulg² 14 A/pulg
Nº 3	ESQUINA ESTE EDIFICIO PRINCIPAL	25	TERRAZA	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 20 10000 pcm	EVERLE 7 ½ Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 2640 pulg² 14 A/pulg

Tabla 4.7 Datos técnicos de las UMAS del Piso 3.

FANCOILS						
	UBICACION	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	MARCA	VOLTAJE	VALVULAS
Nº 1	OFICINA DE SEGURIDAD	2	OFICINA DE SEGURIDAD	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60

Tabla 4.8 Datos técnicos de los FANCOILS del Piso 3.

4.1.3.6. PISO 4

UMAS							
	UBICACION	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	VENTILADOR	MOTOR DEL VENTILADOR	VALVULA	SERPENTIN
Nº 1	ESQUINA OESTE EDIFICIO ANEXO	30	SALA VIP	HORAVI CENTRIFUGO TAMAÑO: 24 12000 pcm	EVERLE 10 Hp 220/3/60 1850 rpm	NO EXISTE	VIKINGO 6 FILAS 3600 pulg ² 10 A/pulg

Tabla 4.7 Datos técnicos de las UMAS del Piso 4.

4.1.3.5. PISO 5

FANCOILS						
	UBICACION	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	MARCA	VOLTAJE	VALVULAS
Nº 1	BAÑO CABALLEROS	5	ALA ESTE DEL EDIFICIO PRINCIPAL	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60
Nº 2	BAÑO DAMAS	5	ALA ESTE DEL EDIFICIO PRINCIPAL	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60
Nº 3	PARED OESTE DEL EDIFICO	7½	SALA DE USOS MULTIPLES	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: 1 PULG. Volt: 220/3/60

Tabla 4.8 Datos técnicos de los FANCOILS del Piso 5.

4.1.3.6. PISO 6

FANCOILS						
	UBICACION	TR	AMBIENTES QUE ACONDICIONA	MARCA	VOLTAJE	VALVULAS
Nº 1	BAÑO HABITACION 1	2	HABITACION 1	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60
Nº 2	BAÑO HABITACION 2	2	HABITACION 2	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60
Nº 3	BAÑO HABITACION 3	1	HABITACION 3	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60
Nº 4	BAÑO HABITACION 4	1	HABITACION 4	TRANSCA	220/3/60	KIELMAN Ø: ½ PULG. Volt: 220/3/60

Tabla 4.9 Datos técnicos de los FANCOILS del Piso 6.

4.2 Descripción del Sistema de Control

Antes de hacer la descripción del PLC QUANTUM primero se describirán los elementos finales de control ya que esto define el tipo de señal que recibirá o enviara el PLC.

4.2.1. Elementos finales de Control

4.2.1.1 Sensores de Temperatura. Para sensar las temperaturas se seleccionaron sensores Honeywell T7412A1018 con elemento sensor PT 1000. (Ver catálogo en Anexos). Estos sensores son compatibles con el PLC ya que se conectan a las tarjetas de entradas analógicas seleccionadas para este tipo de señal.

4.2.1.2 Válvulas modulantes. Para controlar el caudal de agua helada que ingresan a las UMAS se seleccionaron válvulas Invesys de la línea DUREDRIIVE. Estas válvulas proporcionales poseen un modutrol electrónico que recibe una señal de 0-10 volts. (Ver catalogo en Anexos).

4.2.1.3 Válvulas solenoides. Estas válvulas se encuentran instaladas en los Fancoils.

4.2.2 Hardware del PLC

Para la realización de este proyecto se propone la instalación del PLC QUANTUM. Este equipo estará configurado por medio de la arquitectura remota RIO, la cual esta formada por un drop maestro y seis drops remotos. La comunicación entre los drop se hace por medio de la tarjeta 140 CRP 931 y se debe colocar a cada drop remoto los TAP.

4.2.2.1. Maestro(Head Drop): en esta estación nace la arquitectura RIO. Esta estación esta formada por el CPU el cual posee el puerto de salida Ethernet TCP/IP, la tarjeta

de alimentación, la tarjeta de comunicación RIO y las tarjetas de entradas y salidas. Esta estación se ubicara en la oficina de seguridad de la planta baja.

El Drop Maestro el cual esta configurado según la siguiente tabla:

CONFIGURACION DEL PLC QUANTUM		
	MODULOS	MODELO DE SLOT
PLANTA BAJA	BACKPLANE	140_XBP_010_00
	FUENTE DE ALIMENTACION	140_CPS_111_00
	CPU	65150
	TARJETA DE COMUNICACIÓN	140_CRP_931
	TARJETA DE ENT ANA.	140_ARI_030_00
	TARJETA DE SAL ANA.	140_AVI_020_00
	TARJETA DE SAL DIG.	140_DAO_842_10

Tabla 4.10 Módulos del Drop Maestro.

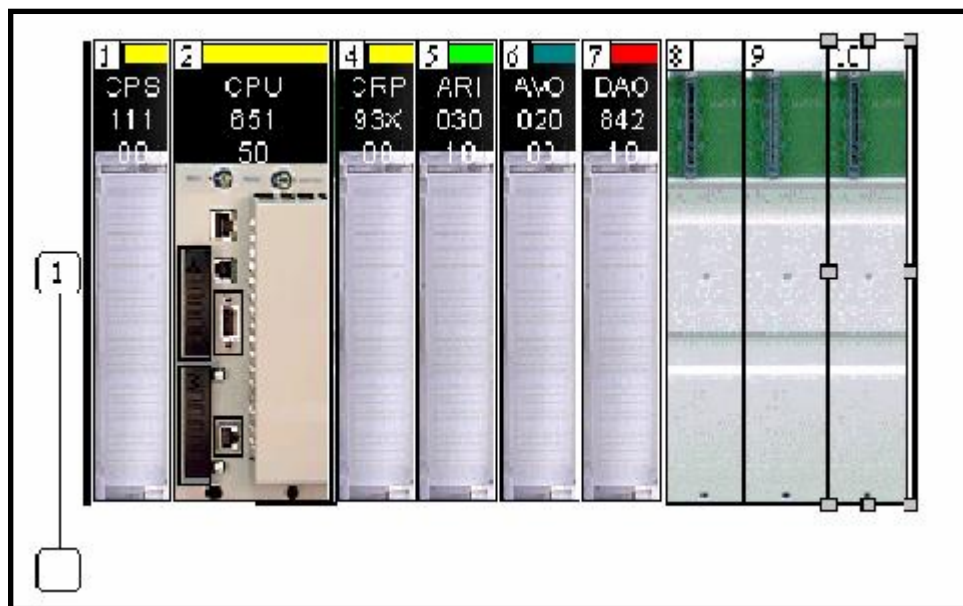


Figura 4.1 Aspecto de físico del Drop Maestro.

4.2.2.2 Esclavos: estas estaciones dependen del Drop Maestro, formando una red de comunicación por medio de la arquitectura remota RIO (remote input output). Estas estaciones serán ubicadas en las oficinas de seguridad de cada piso, exceptuando los pisos 4,5 y 6 en donde los equipos serán colocados en cajas de control metálicas.

A continuación se muestran las estaciones de cada piso.

4.2.2.2.1 PISO 1

CONFIGURACION DEL PLC QUANTUM		
	MODULOS	MODELO DE SLOT
PISO 1	BACKPLANE	140_XBP_006_00
	FUENTE DE ALIMENTACION	140_CPS_111_00
	TARJETA DE COMUNICACIÓN	140_CRP_931
	TARJETA DE ENT ANA.	140_ARI_030_00
	TARJETA DE SAL ANA.	140_AVI_020_00
	TARJETA DE SAL DIG.	140_DAO_842_10

Tabla 4.11 Módulos del Drop Piso 1.

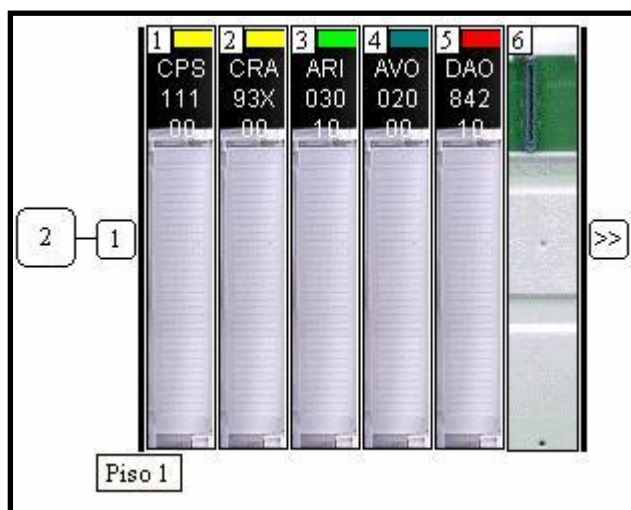


Figura 4.2 Aspecto de físico del Drop Piso 1.

4.2.2.2.2 PISO 2:

CONFIGURACION DEL PLC QUANTUM		
	MODULOS	MODELO DE SLOT
PISO 2	BACKPLANE	140_XBP_004_00
	FUENTE DE ALIMENTACION	140_CPS_111_00
	TARJETA DE COMUNICACIÓN	140_CRP_931
	TARJETA DE ENT ANA.	140_ARI_030_00
	TARJETA DE SAL DIG.	140_DAO_842_10

Tabla 4.12 Módulos del Drop Piso 2.

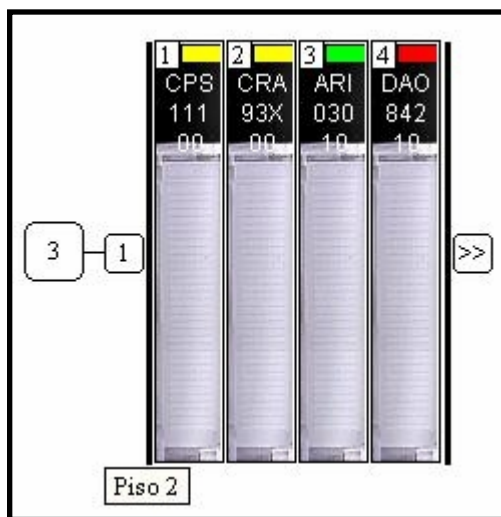


Figura 4.3 Aspecto de físico del Drop Piso 2.

4.2.2.2.3 PISO 3:

CONFIGURACION DEL PLC QUANTUM		
	MODULOS	MODELO DE SLOT
PISO 3	BACKPLANE	140_XBP_006_00
	FUENTE DE ALIMENTACION	140_CPS_111_00
	TARJETA DE COMUNICACIÓN	140_CRP_931
	TARJETA DE ENT ANA.	140_AVI_030_00
	TARJETA DE SAL ANA.	140_AVO_020_00
	TARJETA DE SAL DIG.	140_DAO_842_10

Tabla 4.13 Módulos del Drop Piso 3.

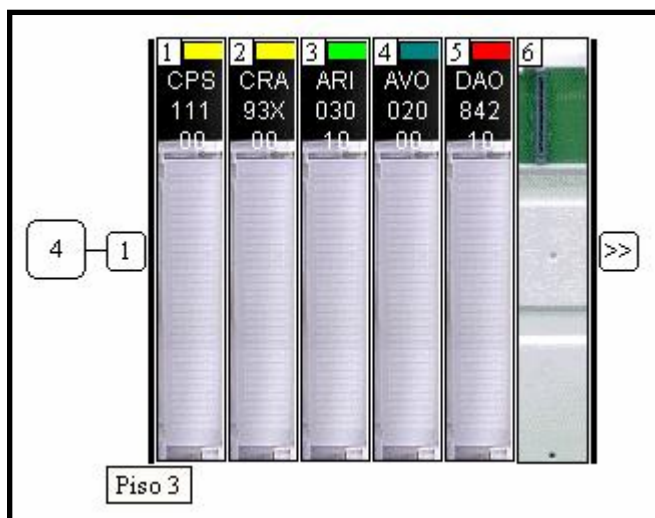


Figura 4.4 Aspecto de físico del Drop Piso 3.

4.2.2.2.4 PISO 4:

CONFIGURACION DEL PLC QUANTUM		
	MODULOS	MODELO DE SLOT
PISO 4	BACKPLANE	140_XBP_004_00
	FUENTE DE ALIMENTACION	140_CPS_111_00
	TARJETA DE COMUNICACIÓN	140_CRP_931
	TARJETA DE SAL ANA.	140_AVO_020_00
	TARJETA DE ENT DIG.	140_DAI_740_00

Tabla 4.14 Módulos del Drop Piso 4.

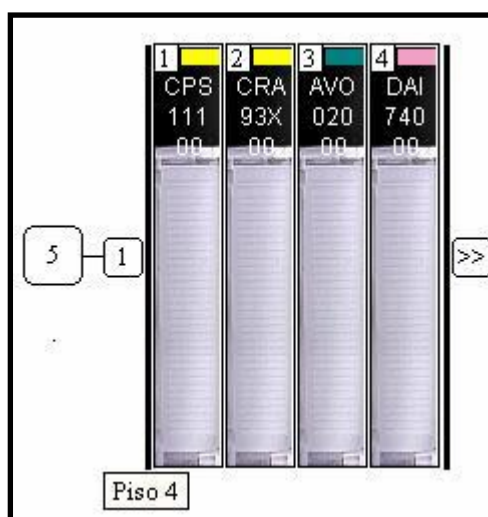


Figura 4.5 Aspecto de físico del Drop Piso 4.

4.2.2.2.5 PISO 5:

CONFIGURACION DEL PLC QUANTUM		
	MODULOS	MODELO DE SLOT
PISO 5	BACKPLANE	140_XBP_004_00
	FUENTE DE ALIMENTACION	140_CPS_111_00
	TARJETA DE COMUNICACIÓN	140_CRP_931
	TARJETA DE ENT ANA.	140_ARI_030_00
	TARJETA DE SAL DIG.	140_DAO_842_10

Tabla 4.15 Módulos del Drop Piso 5.

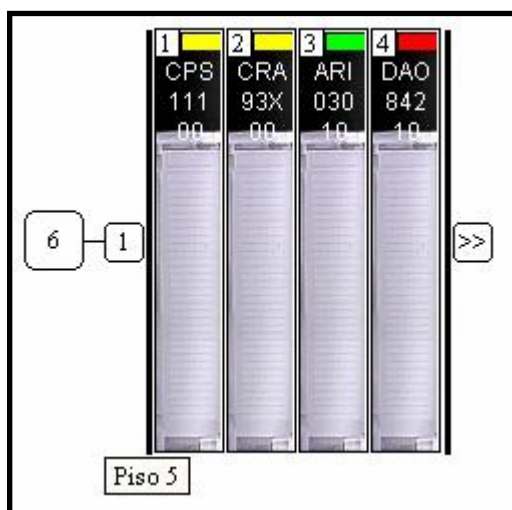


Figura 4.6 Aspecto de físico del Drop Piso 5.

4.2.2.2.6 PISO 6:

CONFIGURACION DEL PLC QUANTUM		
	MODULOS	MODELO DE SLOT
SEXTO PISO	BACKPLANE	140_XBP_006_00
	FUENTE DE ALIMENTACION	140_CPS_111_00
	TARJETA DE COMUNICACIÓN	140_CRP_931
	TARJETA DE ENT ANA.	140_ARI_030_00
	TARJETA DE SAL DIG.	140_DAO_842_10/110 V
	TARJETA DE SAL DIG.	140_DAO_842_10/220 V

Tabla 4.16 Módulos del Drop Piso 6.

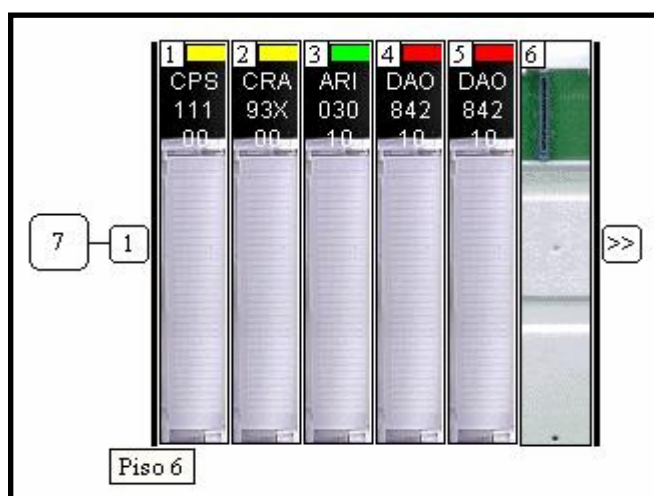


Figura 4.7 Aspecto de físico del Drop Piso 6.

4.2.3 Software

El software utilizado para la programación del PLC es el Unity Pro según norma IEC 61131-3 creado por Schneider y contempla los 5 lenguajes de la norma IEC, la programación se realizó bajo lenguaje FBD o lenguaje de bloques funcionales.

4.2.3.1 Definición de variables

Para la programación del software se definieron un total de 35 entradas analógicas originadas de los sensores de temperatura, 2 entradas digitales originadas de los térmicos de los arrancadores de las bombas, 9 salidas analógicas enviadas a los modutroles de las válvulas proporcionales y 14 salidas digitales enviadas a las válvulas solenoides de los Fancoils.

4.2.3.2 Direccionamiento de las variables

El direccionamiento se realizó de acuerdo con el tipo de dato y ubicación de la señal. La tabla siguiente resume los tipos de direccionamiento utilizado para el Drop Maestro

MAESTRO	ENTRADA/SALIDA/ANALOGICA/DIGITAL	EJEMPLO
	ENTRADA ANALOGICA	%IWX.X.X
	SALIDA ANALOGICA	%QWX.X.
	SALIDA DIGITAL	%QX.X.X

Tabla 4.17 Direcciones topológicas para el Drop Maestro.

La tabla siguiente resume los tipos de direccionamiento utilizado para los Drops esclavos.

ESCLAVO	ENTRADA/SALIDA/ANALOGICA/DIGITAL	EJEMPLO
	ENTRADA ANALOGICA	%IW\X.X\X.X.
	ENTRADA DIGITAL	%IX.X\X.X.X
	SALIDA ANALOGICA	%QW\X.X\X.X.X
	SALIDA DIGITAL	%Q\X.X\X.X.X

Tabla 4.18 Direcciones topológicas para los Drops esclavos

Tabla 4.19 Resumen de variables.

VARIABLES				
	NOMBRE	TIPO	DIRECCION	COMENTARIO
PISO PB	TERM_011	INT	%IW1,5,1	SENSOR ESTE1
	TERM_012	INT	%IW1,5,2	SENSOR ESTE2
	TERM_013	INT	%IW1,5,3	SENSOR OESTE1
	TERM_014	INT	%IW1,5,4	SENSOR OESTE2
	TERM_03	INT	%IW1,5,5	SENSOR COCINA
	TERM_015	INT	%IW1,5,6	SENSOR BAÑO CABALLEROS
	TERM_016	INT	%IW1,5,7	SENSOR BAÑO DAMAS
	MOD_01	INT	%QW1,6,1	MODUTROL UMA ESTE NORTE
	MOD_02	INT	%QW1,6,2	MODUTROL UMA ESTE SUR
	MOD_03	INT	%QW1,6,3	MODUTROL UMA OESTE
	FANCOIL_01	EBOLL	%Q1,7,1	FANCOIL BAÑO CABALLEROS
	FANCOIL_02	EBOLL	%Q1,7,2	FANCOIL BAÑO DAMAS
PISO1	TERM_111	INT	%IW\2,2\1,3,1	SENSOR ESTE1
	TERM_112	INT	%IW\2,2\1,3,2	SENSOR ESTE2
	TERM_123	INT	%IW\2,2\1,3,3	SENSOR OESTE1
	TERM_124	INT	%IW\2,2\1,3,4	SENSOR OESTE2
	TERM_13	INT	%IW\2,2\1,3,5	SENSOR COCINA
	TERM_14	INT	%IW\2,2\1,3,6	SENSOR SEGURIDAD
	MOD_11	INT	%QW\2,2\1,4,1	MODUTROL UMA ESTE
	MOD_12	INT	%QW\2,2\1,4,2	MODUTROL UMA OESTE
	FANCOIL_11	EBOLL	%Q\2,2\1,5,1	FANCOIL COCINA
	FANCOIL_12	EBOLL	%Q\2,2\1,5,2	FANCOIL SEGURIDAD
PISO2	TERM_231	INT	%IW\2,3\1,3,1	SENSOR ESTE1
	TERM_232	INT	%IW\2,3\1,3,2	SENSOR ESTE2
	TERM_243	INT	%IW\2,3\1,3,3	SENSOR OESTE1
	TERM_244	INT	%IW\2,3\1,3,4	SENSOR OESTE2
	TERM_25	INT	%IW\2,3\1,3,5	SENSOR SEGURIDAD
	TERM_26	INT	%IW\2,3\1,3,6	SENSOR COCINA
	FANCOIL_21	EBOLL	%Q\2,3\1,4,1	FANCOIL SEGURIDAD
	FANCOIL_22	EBOLL	%Q\2,3\1,4,2	FANCOIL COCINA

VARIABLES				
	NOMBRE	TIPO	DIRECCION	COMENTARIO
PISO3	TERM_311	INT	%IW\2,4\1,3,1	SENSOR ESTE1
	TERM_312	INT	%IW\2,4\1,3,2	SENSOR ESTE2
	TERM_313	INT	%IW\2,4\1,3,3	SENSOR OESTE
	TERM_331	INT	%IW\2,4\1,3,4	SENSOR VIP1
	TERM_332	INT	%IW\2,4\1,3,5	SENSOR VIP2
	TERM_32	INT	%IW\2,4\1,3,6	SENSOR SEGURIDAD
	MOD_23	INT	%QW\2,4\1,4,1	MODUTROL UMA ESTE BINGO
	MOD_24	INT	%QW\2,4\1,4,2	MODUTROL UMA OESTE BINGO
	MOD_31	INT	%QW\2,4\1,4,3	MODUTROL UMA TERRAZA
	FANCOIL_31	BOLL	%Q\2,4\1,5,1	FANCOIL SEGURIDAD
PISO4	MOD_41	INT	%QW\2,5\1,3,1	MODUTROL UMA VIP
	BOMBA_1	EBOLL	%I\2,5\1,4,1	TERMICO BOMBA1
	BOMBA_2	EBOLL	%I\2,5\1,4,2	TERMICO BOMBA2
PISO5	TERM_511	INT	%IW\2,6\1,3,1	SENSOR FANCOIL SUR1
	TERM_512	INT	%IW\2,6\1,3,2	SENSOR FANCOIL SUR2
	TERM_521	INT	%IW\2,6\1,3,3	SENSOR FANCOIL NORTE1
	TERM_522	INT	%IW\2,6\1,3,4	SENSOR FANCOIL NORTE2
	TERM_523	INT	%IW\2,6\1,3,5	SENSOR FANCOIL OESTE1
	TERM_524	INT	%IW\2,6\1,3,6	SENSOR FANCOIL OESTE2
	FANCOIL_51	EBOLL	%Q\2,6\1,4,1	FANCOIL BAÑO NORTE
	FANCOIL_52	EBOLL	%Q\2,6\1,4,2	FANCOIL BAÑO SUR
	FANCOIL_53	EBOLL	%Q\2,6\1,4,3	FANCOIL PARED OESTE
PISO6	TERM_61	INT	%IW\2,7\1,3,1	SENSOR HAB 1
	TERM_62	INT	%IW\2,7\1,3,2	SENSOR HAB 2
	TERM_63	INT	%IW\2,7\1,3,3	SENSOR HAB 3
	TERM_64	INT	%IW\2,7\1,3,4	SENSOR HAB 4
	FANCOIL_61	EBOLL	%Q\2,7\1,4,1	FANCOIL HAB 1
	FANCOIL_62	EBOLL	%Q\2,7\1,4,2	FANCOIL HAB 2
	FANCOIL_63	EBOLL	%Q\2,7\1,5,1	FANCOIL HAB 3
	FANCOIL_64	EBOLL	%Q\2,7\1,5,2	FANCOIL HAB 4

4.2.3.3 Programa

Luego de definidas las variables se realizó el programa donde se utilizaron los siguientes bloques funcionales disponibles en la amplia librería que posee el UNITY PRO. En el Apéndice B de este proyecto se muestra el programa.

4.2.3.3.1 Bloque de adición de enteros ADD_INT: este bloque permite la suma de dos números enteros, este bloque fue utilizado para sumar los valores de temperatura sensados de un área determinada de las salas para luego sean promediados por otro bloque.

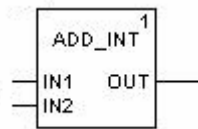


Figura 4.8 Bloque ADD_INT.

4.2.3.3.2 Bloque divisor de enteros DIV_INT: este bloque se utilizo para dividir la suma de los dos valores obtenidos entre 2 y así obtener un promedio de temperatura.

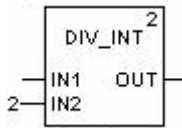


Figura 4.9 Bloque DIV_INT

4.2.3.3.3 Bloque transformador de entero a real INT_TO_REAL: este bloque se utilizó para transformar el valor entero a un valor de número real el cual va a ser introducido como valor de entrada en el bloque PID.

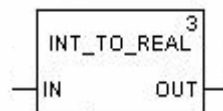


Figura 4.10 Bloque INT_TO_REAL

4.2.3.3.4 Bloque multiplicador MUL_REAL: este bloque se utilizo para incrementar los valores de salida del bloque PID ya que las tarjetas analógicas tiene que recibir valores en 0 y 4095 para transformar a la señal entre 0 y 10 volts.

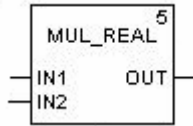


Figura 4.11 Bloque MUL_REAL

4.2.3.3.5 Bloque transformador de real a entero REAL_TO_INT: este bloque transforma el valor de número real a número entero para ser enviado al elemento final de control.

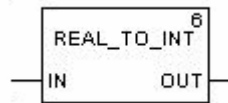


Figura 4.12 Bloque REAL_TO_INT.

4.2.3.3.6 Bloque AND: este bloque compara la señal de entrada discreta con el valor asignado que en este caso es un 1. Este bloque se utilizo para levantar las alarmas de falla de bombas. Esta alarma se producirá cuando el contacto abierto del térmico se cierra al desegernizar la bobina del contactor enviando una señal discreta igual a 1, la cual va ser comparada con el valor asignado en el bloque comparador.

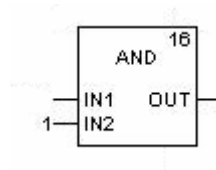


Figura 4.13 Bloque AND.

4.2.3.3.7 Bloque de comparación de enteros GT_INT: este bloque compara el valor de la primera entrada con el valor asignado en la segunda entrada, en el momento

que se iguala y excede el segundo valor activa la salida arrojando un 1. Este bloque se utilizó para activar los Fancoils.

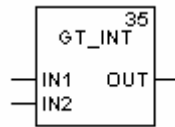


Figura 4.14 Bloque GT_INT.

4.2.3.3.8 Bloque PID: El bloque **PID1** se encarga de regular la salida de una planta (proceso) a través una combinación de acciones correctivas.

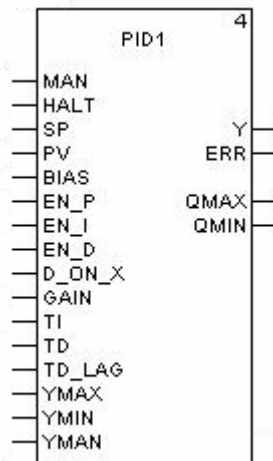


Figura 4.15 Bloque PID.

4.2.3.3.8.1 MAN:(BOOL); "1" = modo manual. La salida Y toma el valor especificado en YMAN.

4.2.3.3.8.2 HALT: (BOOL); "1" = modo HALT. La salida Y mantiene el último valor.

4.2.3.3.8.3 SP : (REAL); Set Point: es el valor de referencia.

4.2.3.3.8.4 PV : (REAL); Es la entrada del controlador o variable de proceso.

4.2.3.3.8.5 BIAS: (REAL); Es el Offset opcional que se sumará a la salida del controlador.

4.2.3.3.8.6 EN_P: (BOOL); "1" = habilita la acción proporcional.

4.2.3.3.8.7 EN_I: (BOOL); "1" = habilita la acción integral.

4.2.3.3.8.8 EN_D: (BOOL); "1" = habilita la acción derivativa.

4.2.3.3.8.9 D_ON_X: (BOOL); "1" = la acción derivativa se toma sobre la variable de proceso.

4.2.3.3.8.10 "0" = la acción derivativa se toma sobre el error.

4.2.3.3.8.11 GAIN: (REAL); Constante de ganancia proporcional.

4.2.3.3.8.12 TI: (TIME); Tiempo de acción integral.

4.2.3.3.8.13 TD: (TIME); Tiempo de acción derivativa.

4.2.3.3.8.14 TD_LAG: (TIME); Tiempo de demora en la acción derivativa.

4.2.3.3.8.15 YMAX: (REAL); Límite superior de la salida del controlador.

4.2.3.3.8.16 YMIN: (REAL); Límite inferior de la salida del controlador.

4.2.3.3.8.17 YMAN: (REAL); Valor de salida del controlador cuando se coloca en modo manual.

4.2.3.3.8.18 Y: (REAL); Variable de salida del controlador.

4.2.3.3.8.19 ERR: (REAL); $\text{Error} = \text{SP} - \text{PV}$.

4.2.3.3.8.20 QMAX: (BOOL); "1" = la salida del controlador (Y) ha alcanzado el límite superior YMAX.

4.2.3.3.8.21 QMIN: (BOOL); "1" = la salida del controlador (Y) ha alcanzado el límite inferior YMIN.

4.2.3.3.9 Calibración de los Bloques. PID.

La calibración de los bloques PID se realizó por medio de un programa, sólo para este fin, a través de este programa se consiguieron los valores de las constantes proporcionales y integrales.

Una vez realizado el programa se siguió el método de *Ziegler Nichols* de ajuste empírico el cual tiene como procedimiento:

- a. Aplicar al proceso sólo el control proporcional con ganancia pequeña.
- b. Aumentar el valor de la ganancia hasta que el lazo comience a oscilar. La oscilación debe ser lineal y debe detectarse en la salida del controlador.
- c. Registrar la ganancia crítica igual a la ganancia y el período de oscilación a la salida del controlador.

4.2.3.3.9.1 Procedimiento para la calibración de los Bloques PID.

2.3.9.1.1 Se habilitó por pantalla las acciones proporcional e integral.

2.3.9.1.2 Se introdujo el valor de setpoint.

2.3.3.9.1.3 Se introdujeron por medio de la pantalla de operador diferentes valores de ganancia, en donde se determinó que el bloque es de efecto inverso, por esto se colocaron valores negativos hasta obtener valores de salida deseados.

2.3.3.9.1.4 Se introdujeron los valores de tiempo integral.

Este procedimiento se realizó, para diferentes valores hasta obtener una respuesta estable del bloque PID.

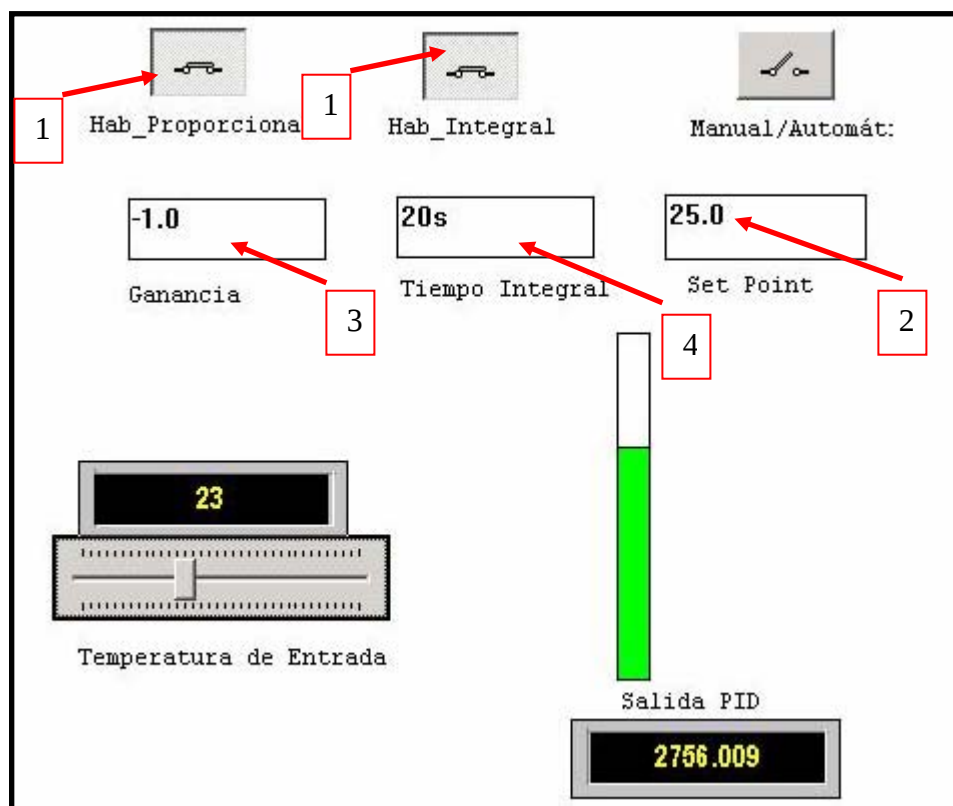


Figura 4.16 Ventana del operador que permite ingresar diferentes valores para la calibración del bloque PID.

4.2.3.3.10 Programa para la calibración del PID.

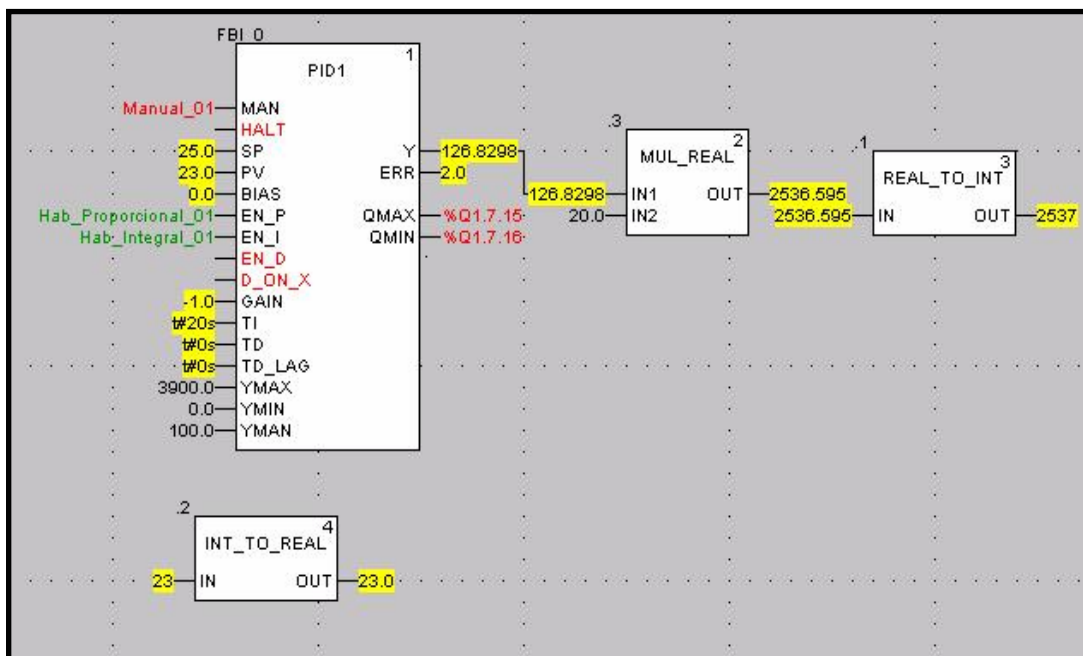


Figura 4.17 Vista del programa de calibración del Bloque PID.

4.2.3.4 Configuración de la Red Ethernet TCP/IP.

La configuración de esta red se hace a través de la carpeta de comunicación en el explorador de proyectos. En esta carpeta se le da la dirección IP, la dirección de Sub mascara de red y la dirección del Routers al PLC que permitirá el monitoreo por Internet. Se habilita el puerto ETHERNET del CPU. Para la comunicación remota desde donde se desea hacer la conexión que debe tener el Software UNITY PRO. Se introduce la dirección IP del PLC y se debe programar el Router o Switch al cual esta conectado el PLC para permitir la conexión.

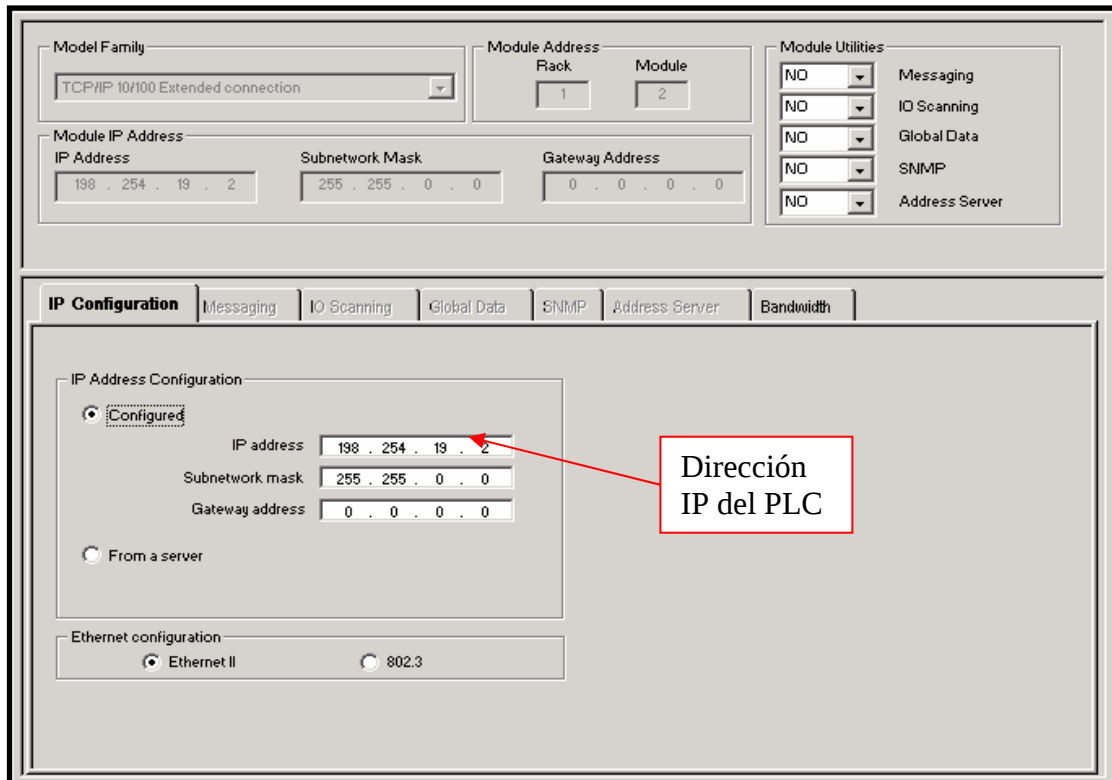


Figura 4.18 Ventana para la configuración de la dirección IP del PLC.

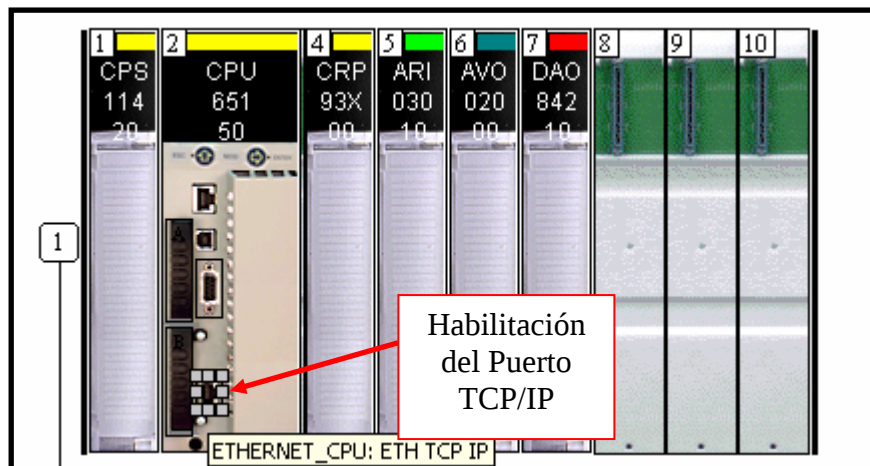


Figura 4.19 Puerto TCP/IP del CPU.

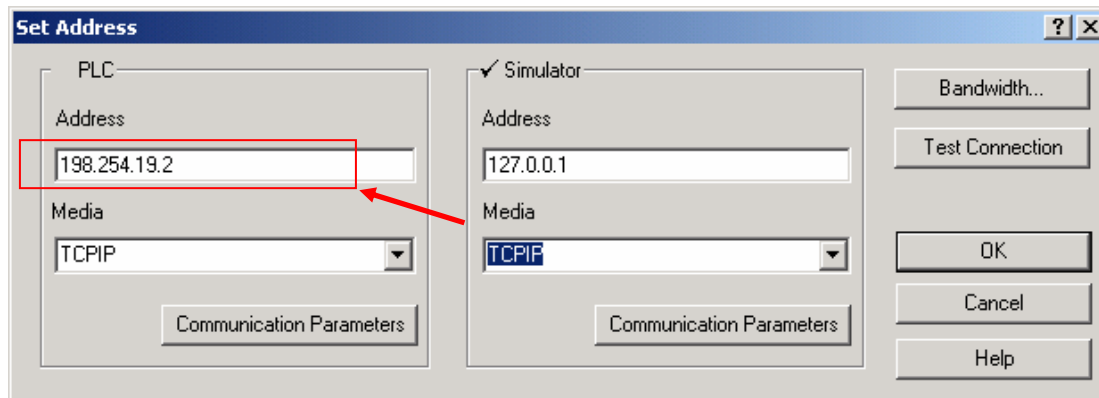


Figura 4.20 Ventana para la selección de la dirección IP del PLC con el cual se realizará la conexión

4.2.3.5 Monitoreo y Operación.

La ventana de usuario o ventana de operador es una herramienta que permite visualizar el proceso en tiempo real bien sea de manera local o a distancia. Esta ventana es una especie de mini SCADA. La creación y el acceso a las ventanas tienen lugar a través del explorador de proyectos.

Para este proyecto se generaron 7 pantallas, en donde se observarán por medio de planos de plantas las temperaturas de los ambientes, la apertura de las válvulas y el estado de las bombas.

Estas pantallas permitirán el monitoreo y operación en tiempo real bien sea desde el edificio o desde la sede de Empresa encargada de la operación del sistema de aire acondicionado. En el Apéndice C de este proyecto se presentan todas las pantallas de monitoreo.

CONCLUSIONES

- ✓ Gracias a la instalación del sistema de control, propuesto en este trabajo se logrará la automatización del sistema de aire acondicionado del edificio Bingo Caribe.
- ✓ La instalación del sistema de control propuesto en este trabajo, tendrá como finalidad principal proporcionar el confort a las personas que transitan por las instalaciones del Bingo Caribe.
- ✓ El ahorro de energía eléctrica y aumento de la vida útil de los equipos, serán otros objetivos de la instalación del sistema de control propuesto, ya que opera de manera automática los dispositivos de control optimizando la operación de los equipos que conforman el sistema de aire acondicionado.
- ✓ La pantalla de visualización que posee el software del PLC QUANTUM permitirá al personal de mantenimiento del edificio, monitorear en todo momento las condiciones de temperatura y operación del sistema de aire acondicionado.
- ✓ El monitoreo remoto también permitirá a la empresa encargada de la operación y mantenimiento del sistema de aire acondicionado, visualizar en tiempo real, las condiciones de operación del sistema de aire acondicionado.
- ✓ La versatilidad del PLC QUANTUM permitirá que cualquier ampliación del sistema de aire acondicionado sea de fácil inclusión en el sistema de control ya que dependiendo del tipo de equipo que se incluya sólo se adicionará en el programa, o en el caso mas critico, se agregarán slots en los drops ubicados en los diferentes pisos.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar la instalación del sistema propuesto en este proyecto lo más rápido posible ya que permitirá un retorno de la inversión para los propietarios del edificio por ahorro de energía, mantenimiento de equipos y a largo plazo aumentar la vida útil de los equipos.
- ✓ Colocar una pantalla de visualización en el edificio, donde se pueda maniobrar y monitorear el sistema. Esta pantalla puede ser mucho más amigable que el Pc, además de evitar tener acceso al programa del PLC.
- ✓ Verificar que la instalación y manipulación de los equipos, se haga por personal especializado, además de impartir entrenamiento a las personas encargadas del mantenimiento del Edificio Bingo Caribe, sobre el manejo de los equipos en caso de que estos tengan que realizar alguna maniobra de los equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ TRANE. Air Conditioning Manual. McGill Graphics Arts. Minesota, USA. 1974, págs variadas.
- ❖ CARRIER. Manual de aire acondicionado. 1970. Mc Graw-Hill. Estados Unidos. 6ta Edición.
- ❖ CARRIER. Handbook of air conditioning system design. Mc Graw-Hill. México.
- ❖ American Socirty of Heating refrigerating and air conditioning Engineers. ASHRAE HANDBOOK. 1992.
- ❖ DOSSAT, ROY. Principios de refrigeración. Editorial Continental, S.A. México.1980.
- ❖ GRIMM, NILS; ROSALER, ROBERT. Manual de Diseño de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado. Mc Graw Hill. Madrid, España. 1996, pág 52.1.
- ❖ PORRAS, ALEJANDRO. ANTONIO MONTANERO. Autómatas Programables. MaGraw- Hill. Madrid, España. 1991, pág variadas.
- ❖ COHEN, MIGUEL, Apuntes de Aire Acondicionado. Décima Edición. 1999.
- ❖ HANS GARCIA. Manual de curso básico UNITY PRO. Caracas. 2006.
- ❖ ANDRE SIMON. Autómatas Programables. Editorial Paraninfo. Madrid, España. 1991, págs variadas.
- ❖ HANS GARCIA. Manual de curso básico. QUANTUM/CONCEPT. Caracas. 2006.
- ❖ MESA CENTENO PABLO. Implementación de un PLC en un sistema de regulación PID para el control de procesos de nivel, temperatura y presión. Caracas, Venezuela. Trabajo especial de Grado de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UCV.
- ❖ http://csd.newcastle.edu.au/SpanishPages/clase_slides_download/C07.pdf.
- ❖ <http://www.automatas.org/ibercomp/plc.htm>.
- ❖ <http://www.york.com/>
- ❖ <http://www.psa.cl/axima/ewk.jpg>.
- ❖ <http://www.frioconfort.com>.
- ❖ <http://www.invensysibs.com/InvensysBuildingSystems/en/ProductsServices/ProductsByType/Actuators/ValveActuators/Direct+Coupled>.
- ❖ <http://www.danfoss.com>.
- ❖ http://www.automatas.org/hardware/teoria_pid.h