



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

T E S I S

**CONTROL DE TEMPERATURA EN INSTALACIONES DE
DISTRIBUCIÓN INTERMEDIA (IDF) DE EDIFICIOS
INTELIGENTES.**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

PRESENTA:

ENRIQUE MALDONADO SILVESTRE

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. EDGAR BALDEMAR AGUADO CRUZ

CIUDAD UNIVERSITARIA MÉXICO, OCTUBRE 2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





AGRADECIMIENTOS

Con todo mi cariño para mi Padre Calixto y mi Madre Juana que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por alentarme a superarme a través del estudio y la dedicación, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi agradecimiento y amor.

A mis hermanas Beatriz y Edith quienes me brindaron parte de su tiempo animándome a seguir adelante, estando conmigo en momentos difíciles y en especial por su cariño y completa confianza puesta en mi.

A mis amigos de la Facultad de Ingeniería con quienes compartí inolvidables momentos dentro y fuera del salón de clases; a quienes aprecio no solo por ser excelentes personas, también por ser un gran apoyo y por brindarme todo su cariño y amistad.

A la UNAM y en especial a la Facultad de Ingeniería, por la formación académica que me otorgó y cuyo emblema siempre me identificará como Universitario en cualquier lugar que me encuentre.

Maldonado Silvestre Enrique



ÍNDICE

Objetivo	II
Resumen	II
Alcances	II
Capítulo 1.- Marco Teórico	1
1.1.- Nociones del Control.....	1
1.2.- Introducción a los Protocolos de Comunicación	8
1.2.- Introducción a los Sensores	15
1.2.- Nociones de Relevadores	22
Capítulo 2.- Antecedentes	27
2.1 Introducción a la Automatización	27
2.2 Historia de la Automatización en Edificios Inteligentes	33
2.3 Antecedentes del Control de la Temperatura	38
Capítulo 3.- Planteamiento del Problema	42
3.1 Introducción	43
3.2 Tendencias Actuales	47
Capítulo 4.- Desarrollo del Control	50
4.1 Diseño del Sistema	50
4.2 Propuesta de Equipos	58
4.3 Procedimientos	67
4.4 Modelo Final, Pruebas y Mantenimiento	75
Conclusiones	86
Glosario	88
Bibliografía	90
Anexo 1	93
Anexo 2	126



OBJETIVO

Controlar la temperatura de los cuartos de IDF's para su correcto funcionamiento haciendo uso de un sistema automatizado y gestionado por software de aplicación.

RESUMEN

El aumento excesivo de la temperatura en un cuarto de Instalaciones de Distribución Intermedia (IDF) puede repercutir en un mal funcionamiento de los dispositivos electrónicos y de comunicaciones, además de que reduce el tiempo de vida para el cual fue diseñado el equipo. En la actualidad los edificios inteligentes cuentan con múltiples controladores, sensores y equipo electrónico sensible que requiere de una rigurosa regulación del medio en el que están alojados. La necesidad de otorgar un mayor tiempo de vida a los equipos involucrados en los cuartos de IDF repercute en proporcionar un sistema de control de la temperatura de estos equipos para reducir costos a mediano y largo plazo.

ALCANCES

El alcance de la propuesta involucra la automatización de la temperatura para el correcto funcionamiento de los equipos de comunicaciones haciendo uso de sensores, controladores y un sistema de gestión operativo que mantenga en las condiciones necesarias a los equipos sensibles del cuarto de IDF, esto nos da como resultado un mayor aprovechamiento de los equipos y una optimización gradual en el sistema de comunicaciones.



CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO

Los sistemas de control tienen sus orígenes en el siglo XVIII con la creación de un regulador de velocidad centrífugo por James Watt para una máquina de vapor, la creación de este sistema automatizado es el parte aguas del estudio e implementación de los sistemas de control que en la actualidad se han vuelto necesarios para el hombre gracias a la optimización de los tiempos de producción de las industrias y demás áreas de manufactura donde los procesos son monótonos. Este campo de la ingeniería se ha basado en generar una mayor calidad de vida al hombre por medio de la automatización de máquinas.

1.1.- Nociones del Control

Un Sistema de Control es el conjunto de componentes interconectados de modo que puedan ser comandados, dirigidos o regulados por si mismos o por otro sistema para lograr que las variables controladas mantengan la condición deseada.

Los modos de Control más significativos son los siguientes:

- Control de Dos Posiciones (encendido o apagado)
- Control Lazo Abierto
- Control Lazo Cerrado
- Control Proporcional
- Control Proporcional Derivativo (PD)
- Control Proporcional Integral (PI)
- Control Proporcional Integral-Derivativo (PID)



A continuación definimos cada uno de los Modos de Control.

Control de Dos Posiciones (encendido o apagado)

Este modelo de control es el más simple, como su nombre lo indica la variable controlada solo puede permanecer en dos estados “encendido” o “apagado”, por su simplicidad y economía resulta ser uno de los modelos más utilizados en la industria.

De acuerdo a las ecuaciones 1.1 y 1.2 tenemos que $u(t)$ es la señal de salida del controlador, la cual va a ser positiva o negativa dependiendo de la señal de error $e(t)$ como se muestra en las siguientes formulas, U_1 y U_2 son constantes y generalmente U_2 es igual a cero o igual a $-U_1$.

$$u(t)=U_1 \text{ para } e(t)>0 \text{ecuación 1.1}$$

$$u(t)=U_2 \text{ para } e(t)<0 \text{ecuación 1.2}$$

Este tipo de controladores suelen ser dispositivos eléctricos, y el modo de operación es una válvula o interruptor que es accionado por un solenoide.

Control Lazo Abierto

Un sistema de Control de Lazo Abierto tiene como característica principal que la salida no afecta la acción del controlador, por lo que no contamos con realimentación para ser comparada con la entrada de referencia. Este sistema depende de la correcta calibración del sistema. Fig. 1.1.1

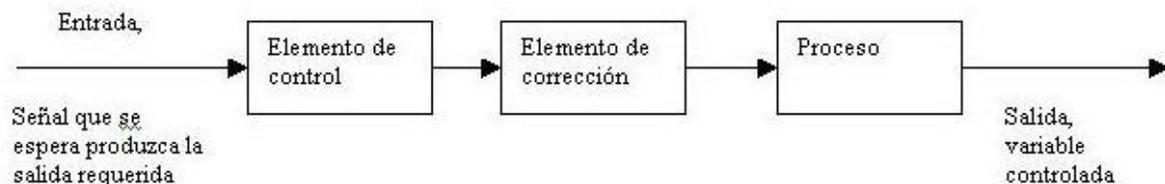


Fig. 1.1.1 Diagrama de Control de Lazo Abierto



Un ejemplo del Control de Lazo Abierto según el esquema 1.1.1 es un horno de microondas, la entrada es una sopa instantánea, los tiempos de preparación ya están definidos dependiendo el manual del horno, después de introducir la sopa al horno y dejarla por los minutos que el manual de operación recomienda se saca la sopa instantánea normalmente ya lista, en este ejemplo notamos que el horno nunca detecta que la sopa ya estaba bien cocida o no, está basado en patrones de preparación.

Este tipo de sistema de control es recomendado cuando tenemos la relación de la entrada con la salida y no se tienen perturbaciones internas o externas, ya que con perturbaciones el sistema de control de lazo abierto no tendrá un resultado exitoso.

Control Lazo Cerrado

Los sistemas de Control de Lazo Cerrado también son denominados sistemas Realimentados, este modo de control alimenta al controlador con la señal de error de actuación, que es la diferencia de la señal de entrada y la señal de retroalimentación, esta última puede ser una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales, esto tiene como finalidad reducir el error y contar con una salida del sistema lo más óptima posible.

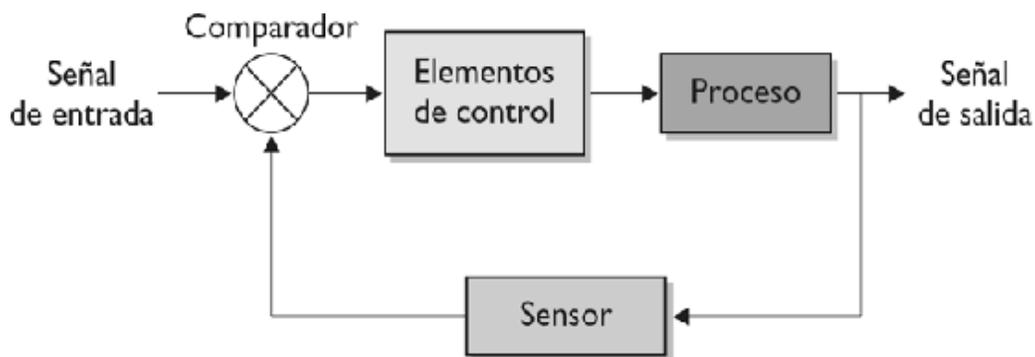


Fig. 1.1.2 Diagrama de Control de Lazo Cerrado



Un ejemplo sería el control del nivel de agua de un estanque con un flotador de agua, en donde la señal de entrada sería el nivel de agua requerido, el comparador sería nuestro controlador, el elemento de control sería la válvula neumática, el proceso se daría en el estanque de agua, la Señal de Salida sería el nivel real de agua y nuestro transductor sería el flotador; la Fig. 1.1.3 representa el Sistema antes mencionado.

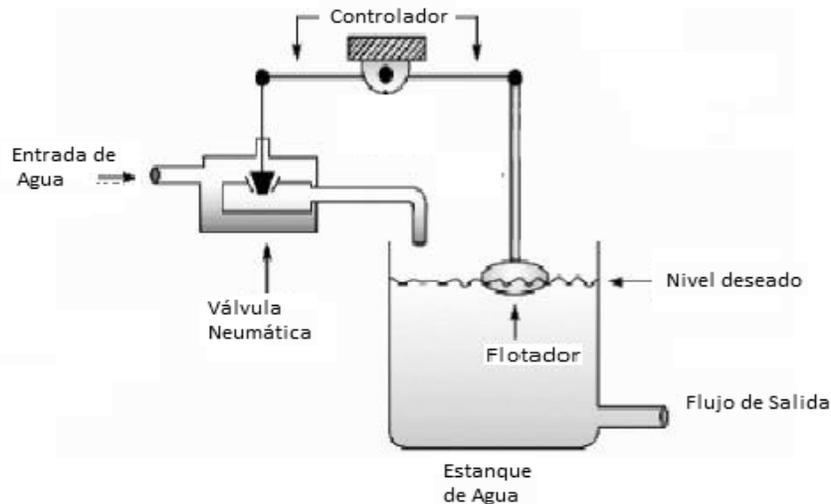


Fig. 1.1.3 Control de Nivel de un Estanque de Agua

Control Proporcional

El Control Proporcional en esencia es un amplificador con ganancia ajustable, en donde la relación entre la salida del controlador $u(t)$ y la señal de error $e(t)$ es:

$$u(t) = K_p e(t)$$

En donde K_p es la ganancia proporcional, en diagrama de bloques se muestra en la Fig. 1.1.4

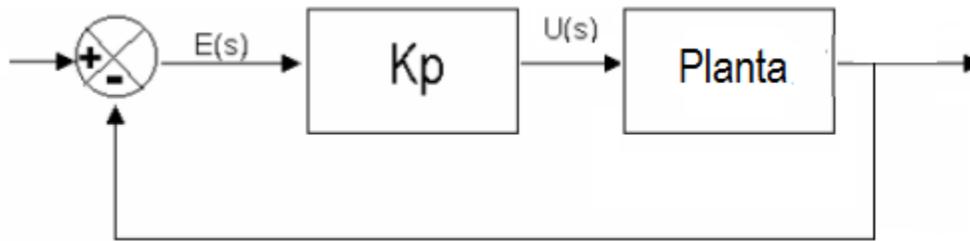


Fig. 1.1.4 Diagrama de Bloques del Control Proporcional

Controlador Proporcional Integral (PI)

La función del Control Proporcional Integral está definida por la siguiente ecuación:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

Quedando la función de transferencia de la siguiente forma

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i s} \right]$$

De acuerdo a estas ecuaciones tenemos que K_p es la ganancia proporcional y T_i es el tiempo integral, K_p y T_i son ganancias ajustables. El Tiempo integral T_i ajusta la acción de control integral, mientras que un cambio en el valor de K_p afecta las partes tanto proporcional e integral de la acción de control. El inverso de T_i se denomina velocidad de reajuste, esta velocidad es la cantidad de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción del control.

El diagrama Bloques se muestra en la Fig. 1.1.5.

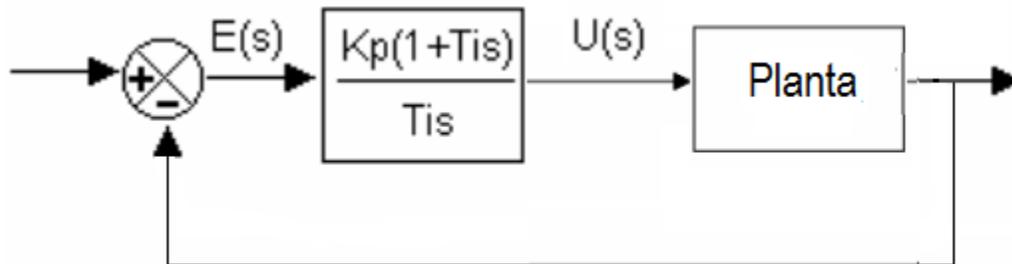


Fig. 1.1.5 Diagrama de Bloques del Control Proporcional Integral

Controlador Proporcional Derivativo (PD)

La función del Control Proporcional Derivativo está definida por la siguiente ecuación:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Quedando la función de transferencia de la siguiente forma

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p [1 + T_d s]$$

En donde K_p es la ganancia proporcional y T_d es una constante denominada tiempo derivativo. Tanto K_p como T_d son ajustables. El Tiempo derivativo T_d es el intervalo de tiempo durante el cual la acción de la velocidad hace avanzar el efecto de la acción de control proporcional. La acción de Control derivativa también es nominada como control de velocidad y ocurre cuando la magnitud de la salida del controlador es proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error.

El diagrama Bloques se muestra en la Fig. 1.1.6.

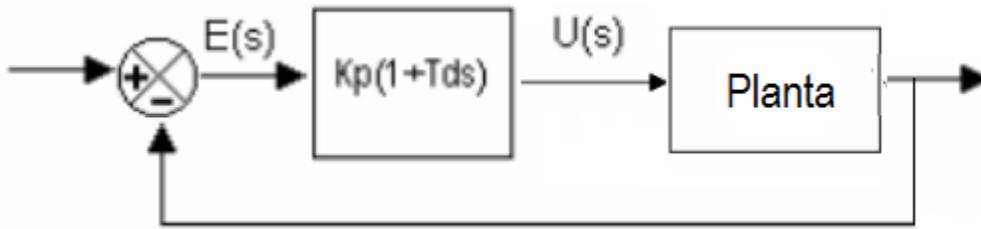


Fig. 1.1.6 Diagrama de Bloques del Control Proporcional Derivativo

Control Proporcional Integral-Derivativo (PID)

Este modelo de Control cuenta con todas las ventajas de cada uno de los tres Modelos de Control anteriores, la ecuación de control PID queda definida por la siguiente ecuación:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Quedando la función de transferencia de la siguiente manera:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right]$$

Donde K_p es la ganancia proporcional, T_i es el tiempo integral, y T_d es el tiempo derivativo. El diagrama de bloques del Control PID se muestra en la figura 1.7.

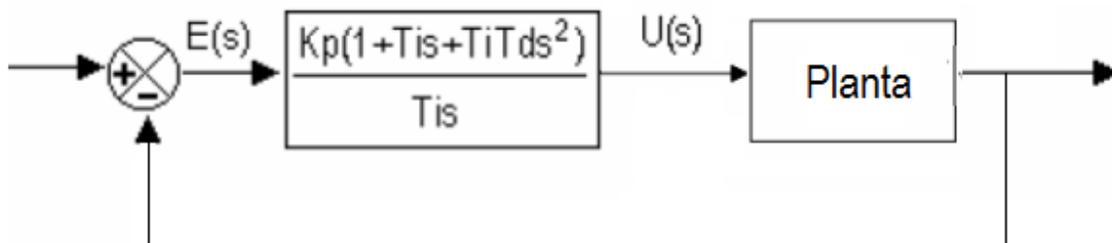


Fig. 1.1.7 Diagrama de Bloques del Control Proporcional Integral-Derivativo



1.2.- Introducción a los Protocolos de Comunicación

Los Protocolos de Comunicaciones son un conjunto de normas que hacen posible el intercambio de información entre dos o más equipos, aún sin ser de la misma marca o fabricante, siempre y cuando utilicen el mismo protocolo de comunicaciones.

La irrupción de los controladores en la industria ha hecho posible su integración a redes de comunicación con importantes ventajas, entre las cuales figuran:

- Mayor precisión debido al uso de tecnología digital en las mediciones.
- Mayor y mejor disponibilidad de información de los dispositivos de campo.
- Diagnóstico remoto de componentes.

Para la integración de islas automatizadas, suele hacerse dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados. Esto da lugar a una estructura de redes Industriales, las cuales es posible agrupar en dos categorías:

Redes LAN-WAN y Buses de Campo, para el propósito de este trabajo nos basaremos en Buses de campo ya que es la categoría que se utilizará en el proyecto.

- Redes LAN-WAN

Dentro de las Redes LAN-WAN el Protocolo de Comunicaciones más usado en el mercado es TCP / IP, el cual se puede traducir como Protocolo de Control de Transmisión (TCP), las siglas IP se traducen como Protocolo de Internet. Ambos dan como resultado la transmisión y recepción de datos de los dispositivos que acceden a esa red.



- Buses de Campo

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica bastante la instalación de dispositivos que utilizan el mismo protocolo de comunicaciones, el objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4-20mA o 0 a 10V DC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLC's, Controladores, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión. La comunicación de un Bus de Campo se da por medio de un lenguaje o Protocolo de comunicación, cuando hablamos de controladores para la administración de equipos de aire acondicionado, control de iluminación o múltiples equipos electromecánicos debemos contemplar un protocolo de comunicaciones para interconectar estos equipos, de lo contrario sería muy costoso incluir en redes independientes cada equipo que no sea igual o de la misma marca.

En la industria podemos encontrar dos tipos de Protocolos de Comunicaciones:

- **Cerrados (Propietarios)**
- **Abiertos (Estándar)**

Dependiendo la arquitectura de nuestro proyecto determinamos el Protocolo más conveniente entre costo y funcionalidad.

Protocolo de Comunicaciones Cerrado (Propietarios)

Cuando a un Protocolo de Comunicaciones se le denomina cerrado es porque es específico de alguna marca y solo equipos de la misma marca son compatibles entre sí, en ocasiones pueden ser variantes de Protocolos estándar. Al ser cerrado el protocolo normalmente el fabricante es el único que puede realizar mejoras o crear equipos que hablen el mismo lenguaje.



Esto limita a un solo fabricante la evolución de sus equipos e idioma en el que se comunican, además de tener como desventaja que si el fabricante desaparece, ya no se tendrían equipos de recambio ni habría soporte a los equipos instalados, por lo que la vida útil de un sistema que utiliza equipos con un protocolo cerrado puede llegar a ser incierta a largo plazo y a su vez riesgosa económicamente hablando.

Protocolo de Comunicaciones Abierto (Estándar)

Los Protocolos Estándar no cuentan con una patente o marca en específico, de manera que cualquier fabricante puede desarrollar aplicaciones y productos que utilicen algún protocolo de comunicaciones abierto.

En la industria el protocolo Abierto suele ser más utilizado por la ventaja de contar con múltiples fabricantes que utilizan el mismo protocolo abierto, por lo que si algún fabricante ya no es capaz de proporcionar soporte o recambio de equipos por daño o garantía, el usuario puede encontrar otras opciones que sean compatibles con el protocolo de comunicaciones Abierto que haya utilizado.

Algunos ejemplos de protocolos de comunicaciones Abiertos más comunes utilizados en la industria para el control de Aire Acondicionado e Iluminación y Automatización como PLC serían los siguientes:

- X10
- Bac Net
- Modbus
- Lon Talk
- Profinet

Estos protocolos de comunicaciones son muy utilizados por los fabricantes de controladores de automatización por su desempeño óptimo en el mercado.



Protocolo de Comunicaciones X10

El Protocolo de Comunicaciones X10 es uno de los pioneros en el control de equipos eléctricos en el hogar, es uno de los protocolos abiertos más usados por su facilidad de instalación y bajo costo. Su modo de operación es a través de la línea eléctrica de 110 [V] o 220 [V], por medio de ráfagas de pulsos de RF de 120KHz que representan información digital, estos pulsos se sincronizan en el cruce por cero de la señal de la línea eléctrica a 60 Hz.

Para su recepción de datos en cada dispositivo utiliza módulos receptores X10 los cuales requieren de una dirección o ID para su configuración, al contar cada dispositivo con un ID único, es posible enviarle a cada dispositivo ordenes básicas como (ON, OFF, All Lights ON, All OFF, DIM, BRIGHT) a través de una PC.

Una de las ventajas con las que cuenta es el bajo costo de instalación ya que al ser un protocolo de comunicación de fácil instalación, no requiere de personal experto en el protocolo. El usuario final puede ser capaz de configurar los equipos interconectados.

La gran desventaja que tiene este protocolo es la interferencia que pueda existir en la línea, esto puede ocasionar que la señal no llegue a su destino o generar señales aleatorias, en su momento se recomendó el uso de filtros en la línea para minimizar el problema, actualmente la solución para estos casos es desarrollar nuevos sistemas inalámbricos de RF compatibles con X10 los cuales envían y repiten en múltiples ocasiones para asegurar que esta llegue correctamente a su destino.



Protocolo de Comunicaciones BacNet

(Building Automation and Control Networks)

Es un protocolo de comunicación de datos para redes de control y automatización de edificios como aire acondicionado, calefactores, alarmas, etc. Originalmente diseñado por la ASHRAE actualmente es también un estándar de la ISO y ANSI.

Permite el control desde una central de todos los dispositivos de un edificio de grandes dimensiones. Puede usarse en distintos tipos de red LAN y WAN para transmitir la información y cualquier tipo de conexión (incluyendo la simple de dos hilos) de Ethernet y TCP/IP está disponible. Este sistema es pionero en las comunicaciones de datos en sistemas de control

El protocolo BACnet incluye los servicios Who-Is, I-am, Who-Has y I-Have, utilizados para la detección de Objetos y Dispositivos. Otros servicios como Read-Property y Write-Property son usados para la lectura o escritura de datos.

Protocolo de Comunicaciones Modbus

Es un protocolo de comunicación serial basado en el modelo maestro/esclavo, es público, muy seguro, no requiere licencias y su implementación es relativamente fácil en dispositivos electrónicos. Usa líneas seriales, por lo que comúnmente se implementa sobre redes de comunicación RS-485, pero también sobre redes que usan la comunicación serial RS-232, incluso se puede implementar vía TCP/IP sobre una red Ethernet.

Cuenta con dos principales modos de transmisión:

- MODBUS RTU(Remote Terminl Unit)

La comunicación entre dispositivos se realiza por medio de datos binarios. Esta es la opción más usada del protocolo.



- MODBUS ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

La comunicación entre dispositivos se hace por medio de caracteres ASCII.

Protocolo de Comunicaciones LonTalk

Es un Protocolo de comunicaciones estándar que puede ser implementado por cualquier fabricante de circuitos integrados. El chip que se utiliza es denominado Neuron, fabricado por Cypress, Toshiba y Motorola

Ha sido creado dentro del marco del control industrial por lo que se enfoca a funciones de monitorización y control de dispositivos. Dentro de este marco se han potenciado una serie de características:

- **Fiabilidad:** El protocolo soporta las múltiples muestras de confirmación cuando se recibe un dato extremo a extremo con reintentos automáticos.
- **Variedad de medios de comunicación:** tanto cableado como radio. Entre los que están soportados: Par trenzado, red eléctrica, radio frecuencia, cable coaxial y fibra óptica.
- **Tiempo de Respuesta:** Se utiliza un algoritmo propietario para predicción de colisiones que consigue evitar la degradación en la comunicación que se produce por tener un medio de acceso compartido.
- **Bajo costo de los productos:** Muchos de los nodos LON son simples dispositivos como interruptores o sensores. El protocolo ha sido diseñado para poder ser implementado en un único chip de bajo costo.

Para simplificar el enrutamiento de mensajes, el protocolo define una jerarquía de direccionamiento que incluye dirección de dominio, subred y nodo. Cada nodo está conectado físicamente a un canal. Un dominio es una colección lógica de nodos que pertenecen a uno o más canales.



Una subred es una colección lógica de hasta 127 nodos dentro de un dominio. Se pueden definir hasta 255 subredes dentro de un único dominio. Todos los nodos de una subred deben pertenecer al mismo canal, o los canales tienen que estar conectados por puentes (bridges). Cada nodo tiene un identificador de 48-bits único, asignado durante la fabricación, que se usa como dirección de red durante la instalación y configuración.

Protocolo de Comunicaciones Profinet

Es un Protocolo que se basa en una comunicación de red estándar con la norma IEC 61158-5 y IEC 61158-6, es compatible con la tecnología de Ethernet (IEEE 802.3), aprobada por la asociación PI - PROFIBUS y PROFINET International. Se utiliza principalmente en aplicaciones de automatización industrial.

Desarrollado con un enfoque en la comunicación industrial, adoptando virtudes del estándar Ethernet y aumentar el alcance de los modelos de comunicación, PROFINET permite la comunicación en tiempo real, la gestión, administración y la integración con la web y sistemas SCADA.

Este protocolo de comunicaciones tiene como prioridad ser el enlace de los controladores lógicos programables (PLC) y los sistemas SCADA , con los dispositivos de campo (motores, válvulas, inversores, sensores, etc) para atender la demanda de las aplicaciones de automatización industrial.



1.3.- Introducción a los Sensores

Un sensor se define como un dispositivo diseñado para recibir o captar información con magnitudes físicas o químicas para transformarla en magnitudes eléctricas (generalmente) y así poder cuantificarla o manipularla.

Los sensores normalmente están hechos con componentes pasivos los cuales cambian de estado al ser perturbados por alguna variable.

Algunas de las variables que se pueden medir son la Temperatura, Presencia, Intensidad Luminosa, Movimiento, Presión, Fuerza, Desplazamiento, Distancia, Velocidad, Aceleración, etc.

Dentro de la industria contamos con múltiples tipos de sensores como por ejemplo:

Magnitud	Transductor	Característica
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
	LVDT	Analógica
Velocidad lineal y angular	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica



	Giróscopo	
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Servo-accelerómetros	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógico
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
	Manómetros Digitales	Digital
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	[Bimetal - Termostato]	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica
Sensor de luz	fotodiodo	Analógica
	Fotorresistencia	Analógica
	Fototransistor	Analógica
	Célula fotoeléctrica	Analógica



En nuestro caso particular nos basaremos en los sensores de temperatura ya que es el medio con el cual mediremos y controlaremos los cuartos de Instalaciones de Distribución Intermedia (IDF).

SENSORES DE TEMPERATURA

La temperatura tiene una gran importancia en los sistemas, ésta incluso puede reducir el tiempo de vida útil de un equipo. Un sensor de temperatura puede proporcionar una salida continua en función de la temperatura real del sistema.

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman cambios de temperatura en señales eléctricas. De acuerdo a los tipos de sensores más usados en la industria tenemos la siguiente tabla de temperaturas:

SISTEMA	RANGO EN °C
Termocuplas	-200 a 2800
Sistemas de dilatación (capilares o bimetálicos)	-195 a 760
Termorresistencias	-250 a 850
Termistores	-195 a 450
Pirómetros de radiación	-40 a 4000

¹

Tabla 1.2.1 Rangos de Temperatura de los Métodos de Medición más Comunes en la Industria

De acuerdo a la tabla 1.2.1 definimos cada uno de los modelos de Sensores de Temperatura más comunes en la industria.

¹ Tabla 1.2.1 Referida a <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf> (02 de Junio del 2014)



- **Termopares (También llamado Termocupla)**

El termopar está formado por la unión de dos metales, genera una tensión que está en función de la temperatura que se le aplica al sensor, generando un voltaje en el orden de milivolts, estos tienen un amplio rango de medida, son económicos, su inconveniente es la precisión. El termopar es el tipo de sensor de temperatura eléctrico más usado en la industria



Fig. 1.2.2 Esquema de un termopar común

Usualmente van encapsulados para protegerlos de las condiciones extremas de los procesos industriales, se clasifican de acuerdo a material con que se construyen, tolerancia o desviación, en la siguiente tabla podemos observarlo.

Tipo	Denominación	Composición y símbolo	Rango de temperaturas (1)	Diámetro del alambre apropiado (2)	F.e.m en mV (3)
B	Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%	PtRh 30% - PtRh 6%	0 ... 1.500 (1.800)	0,35 y 0,5 mm	0...10,094 (13,585)
R	Platino-rodio 13% vs. platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0.16,035 (20,215)
S	Platino-rodio 10% vs. platino	PtRh 10% - Pt	0...1300(1.600)	0,35 y 0,5 mm	0...13,155 (15,576)
J	Hierro vs. constatan	Fe - CuNi	-200 ... 700 (900) -200 ... 600 (800)	3 mm 1mm	-7.89 ... 39,130 (51,875) -7.89 ... 33,096 (45,498)
K	Niquel-cromo vs. níquel (Chromel vs. Alumel)	NiCr - Ni	0...1000(1.300) 0 ... 900 (1.200)	3 ó 2 mm 1,38 mm	0...41,269 (52,398) 0...37,325 (48,828)
T	Cobre vs. constatan	Cu - CuNi	-200 ... 700 (900)	0,5 mm	-5,60 ... 14,86 (20,86)
E	Niquel-cromo vs. constatan (Chromel vs. constatan)	NiCr - CuNi	-200 ... 600 (800)	3 mm	-9,83 ... 53,11 (68,78) -8,83 ... 45,08 (61,02)

2

Tabla 1.2.3 Clasificación de Termopares

² Tabla 1.2.3 Referida a <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf> (02 de Junio del 2014)



- **Termistor**

Se basa en el comportamiento de una resistencia de los semiconductores variables en función de la temperatura. El Coeficiente de Temperatura Negativo (NTC) disminuye la resistencia al aumentar la temperatura y el Coeficiente de Temperatura Positivo (PTC) aumenta la resistencia al aumentar la temperatura.

El termistor no es lineal por lo que se deben aplicar formulas complejas para determinar la temperatura según la corriente que circula además de ser difíciles de calibrar.

El termistor es un semiconductor que se comporta como resistor térmico, en algunos casos la resistencia a la temperatura ambiente puede disminuir hasta en 6% por cada 1°C de aumento de temperatura.

Los termistores sirven para la medición tanto en gases como en líquidos o sólidos, normalmente se encuentran montados en sondas o alojamientos que se diseñan para proteger de cualquiera que sea el medio en que se encuentren.

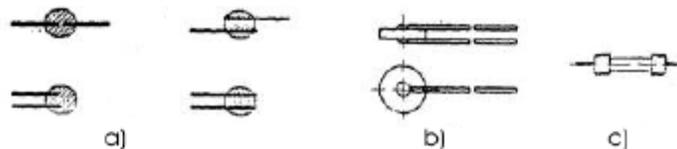


Fig. 1.2.4 Formas Constructivas de Termistores NTC

- Tipo Glóbulo con diferentes tipos de terminales
- Tipo Disco
- Tipo Barra

Los termistores no sirven para medir rangos de temperatura amplios ya que sus variaciones de resistencia son muy grandes y no se pueden medir de manera adecuada con un solo instrumento, resultan particularmente útiles para medir alcances reducidos de temperatura justamente a causa de sus grandes variaciones de resistencia.



- **Termorresistencia (RTD)**

Es un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura, los metales comúnmente usados son platino, cobre, níquel y molibdeno. Estos son sensores con mejor linealidad, más rapidez y mayor margen de temperatura.

La ecuación característica de la termorresistencia es la siguiente:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Donde:

- R_0 es la resistencia a la temperatura de referencia T_0
- ΔT es la desviación de temperatura respecto a T_0 ($\Delta T = T - T_0$)
- α es el coeficiente de temperatura del conductor especificado a 0°C , interesa que sea de gran valor y constante con la temperatura

Las termorresistencias pueden ser fabricadas en tres tipos de configuración de sus alambres de conexión:

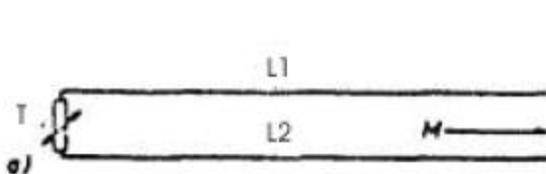


Fig 1.2.5 Configuración Bifilar

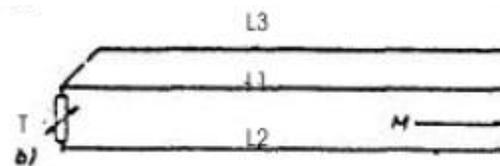


Fig 1.2.6 Configuración Trifilar

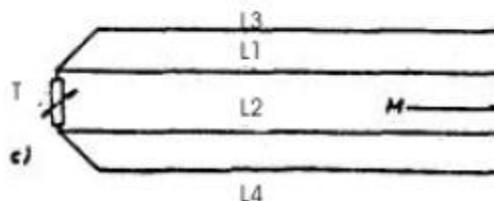


Fig 1.2.7 Configuración Cuadrifilar



Los dispositivos RTD mas comunes en el mercado también son llamados PRTD los cuales se componen de una resistencia de Platino por su mayor estabilidad y exactitud. Podemos observar en la Tabla 1.4 que el Platino soporta un mayor rango de temperaturas para lo cual lo hace el elemento de mayor capacidad para los dispositivos RTD.

MATERIAL	Rango de Temperatura (°C)	Variación Coef (% / °C a 25 °C)
Platino	de -200 a +850	0.39
Níquel	de -80 a 320	0.67
Cobre	de -200 a +260	0.38
Níquel-Acero	de -200 a +260	0.46

Tabla 1.2.8 Rango de Temperaturas de Termorresistencias

Al observar las características de estos tres tipos de sensores de temperatura podemos concluir que el Termistor en comparación con el Termopar y las Termorresistencias ofrece ventajas de exactitud de salida y estabilidad, siendo la ventaja más importante la elevada sensibilidad del termistor a variaciones de temperatura.

	mV/°C		
Sensor	-178°C	10°C	37,8°C
Termistor en circuito puente	4680	72000	3870
Termorresistencia de Pt en circuito puente	18	36	54
Termocuplas:			
Cobre/Constantán	36	40	44
Hierro/Constantán	48	50	52
Chromel/Alumel	38	40	42
Pt/Pt - 10% Rh	6	6	6

Tabla 1.2.9 Sensibilidades Relativas de un Termistor, Termopar y Termoresistencia

³ Tabla 1.2.9 Referida a <http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/LSED/2003-04/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf> (02 de Junio del 2014)



1.4.- Nociones de Relevadores.

Un Relevador es un dispositivo electromecánico inventado por Joseph Henry en 1835, con el cual podemos realizar funciones lógicas de control y de protección para los circuitos eléctricos, podemos decir que los relevadores desempeñan el papel de un interruptor compuesto de una bobina que es excitada por un electroimán, método por el cual cambian de estado (abren o cierran) el o los contactos con los que cuenta el Relevador. Es así como podemos controlar circuitos independientes dentro del mismo Sistema.

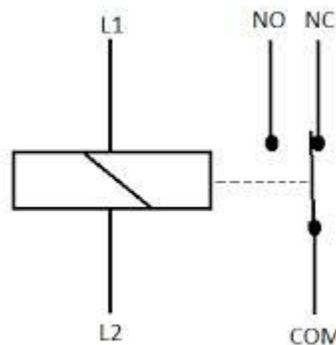


Fig 1.4.1 Símbolo convencional de un Relevador

Los contactos de un Relevador pueden estar en dos estados,

- **NO:** Normalmente Abiertos, por sus siglas en ingles Normally Open
- **NC:** Normalmente Cerrados, por sus siglas en ingles Normally Closed

En la Fig 1.4.2 podemos observar que los contactores del Relevador son accionados dependiendo si la bobina es excitada o no, de ahí que se puedan utilizar como normalmente abiertos o cerrados dependiendo la configuración deseada. No necesariamente la bobina tiene que ser excitada por el mismo Voltaje que circule por los contactores, en la mayoría de las ocasiones el voltaje o



amperaje que se utiliza para que la bobina sea excitada es mayor de lo que circula por los contactores.

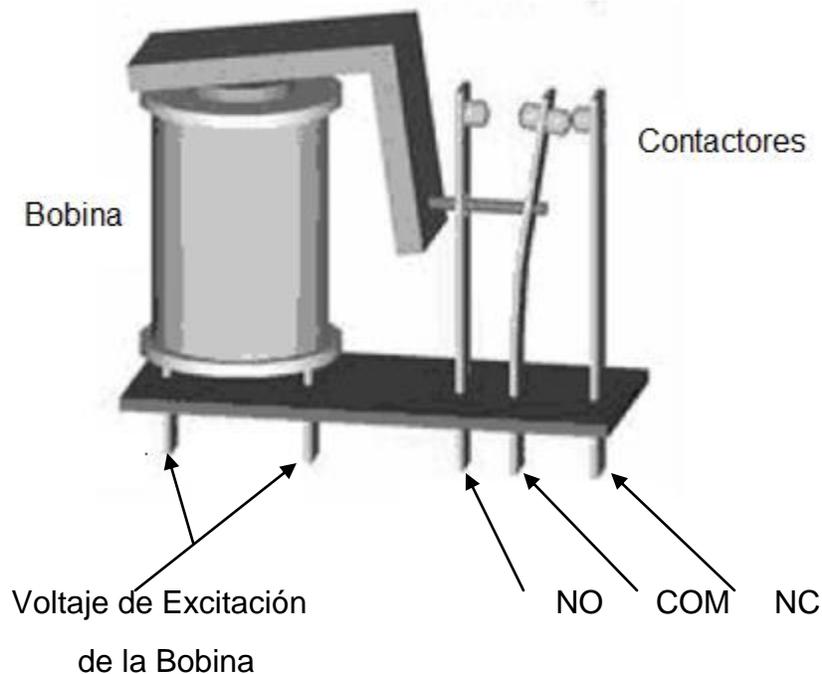


Fig 1.4.2 Relevador

TIPOS DE RELEVADORES

Existen varios tipos de Relevadores dependiendo el propósito para el que quiera utilizarse y son los siguientes:

- Relevadores Electromecánicos

Son los más comunes de los tipos de relevadores, cuentan con una bobina y un conjunto de contactores los cuales se accionan al ser energizada la bobina.

Los contactores que pueden ser NO o NC pueden conmutar Corriente Alterna o Corriente Directa.



Este tipo de Relevador puede ser de tipo Armadura, de Núcleo móvil, de Lengüeta y Polarizados.

- Relevadores Temporizadores

Se le denomina a un relevador como temporizador cuando “retarda” la conmutación de sus contactores al ser energizado por una cantidad de tiempo determinada, en este caso se denomina como *Timer ON* o temporizador de conexión, también existe la contraparte que sería el temporizador de desconexión o *Timer Off*, el cual retarda el cambio de estado de sus contactores cuando deja de ser energizado el dispositivo.

Este tipo de relevadores también cuenta con contactores NO y NC los cuales cambia de estado después del retardo programado en el relevador.

- Relevadores de Protección

Los relevadores también son ampliamente utilizados para la protección de sistemas eléctricos, una de las funciones primordiales es la de proteger a los equipos de sobrecargas, alto o bajo voltaje de alimentación, pérdida de fases o inversión de fases, variación de la frecuencia de operación e inversión de la polaridad cuando se trabaja con maquinas de corriente directa.

Los Relevadores de protección dependiendo de cuál es la función que pretendan realizar pueden ser de los siguientes tipos:

- Relevador Contra sobre Carga:

Actúa cuando las corrientes exceden el límite nominal, disparando el relevador para proteger de un sobrecalentamiento que dañe el equipo.



- Relevador de Protección de Sobrecarga Térmicos:

Actúa cuando las Corrientes que pasan por el conductor provocan un sobre calentamiento el cual acciona el elemento térmico con el que cuenta el relevador.

- Relevador de Protección contra Inversión e Interrupción de Fases:

Actúa cuando alguna de las fases se pierde o se invierte, provocando que por inducción magnética el sentido de giro del disco metálico del relevador se dispare y proteja el equipo.

- Relevador de Protección Diferencial:

Actúa con variaciones de corriente muy finas de ahí su nombre de diferencial, normalmente la detección de estas variaciones la puede hacer con un transformador toroidal o con un relevador que actúe con un disco de inducción magnética el cual dispara un relevador electromecánico para la protección del equipo.

- Relevadores de Estado Sólido

Este tipo de Relevador cuenta con la capacidad de realizar la misma función de un relevador electromecánico, pero está basado en un circuito electrónico el cual activa la compuerta de un semiconductor (tiristor o un transistor) para que mande a realizar la conmutación de su salida.

Utiliza un Optoacoplador que posee un led en la entrada acoplado al circuito de disparo para activar un foto-transistor o foto-triac.



Su modo de funcionamiento puede ser:

- Paso por cero
- Disparo aleatorio para control de Fase

El relevador de estado sólido tiene la ventaja sobre el relevador electromecánico de manejar grandes voltajes y corrientes, mientras que con el otro relevador te apegas al voltaje específico que requiere la bobina para trabajar. También puede manejar grandes potencias en tamaños reducidos, no cuenta con partes mecánicas lo que ocasiona que su vida útil sea mucho mayor, una de sus desventajas es que los encuentras como contactos Normalmente Abiertos (NO).



Fig. 1.4.3 Relevador de Estado Sólido

Los podemos encontrar para circuito impreso o para montaje en panel, con disparos de CA o CD y contactos de CD y CA.



CAPÍTULO 2.- ANTECEDENTES

A lo largo de la historia se han intentado construir máquinas que puedan hacer trabajos como los que realiza un ser humano, esto con la finalidad de hacerle la vida más fácil al hombre. Al observar el hombre que automatizando máquinas no sólo hacía la vida más fácil si no podía mejorar la producción en el ámbito industrial, se comenzó a explorar en el campo de la automatización con mayor énfasis, al grado que en nuestros tiempos es uno de los campos de la ingeniería el cual tiene un desarrollo sumamente avanzado y que día con día se promueven más y mejores tecnologías con los mismos objetivos que se tenía al principio de los tiempos, que es reducir el trabajo del hombre y producir mayores ganancias en la industria.

2.1.- Introducción a la automatización.

La automatización tuvo sus orígenes con los antiguos egipcios que creaban brazos mecánicos para colocarlos en las estatuas que les hacían a sus dioses, dando pie a lo que se le denomina Autómata, que es una máquina que imita a seres animados por medio de mecanismos movidos por alguna fuente de energía. Este concepto es fundamental en la historia de la automatización, puesto que podemos observar que a lo largo del tiempo culturas como los griegos y romanos también aportaron al desarrollo Autómata, una de las más reconocidas fue por medio de mecanismos hidráulicos.

En los siglos XVII y XVIII se realizaron modelos Autómatas sumamente ingeniosos con características complejas en cuanto a sus mecanismos y con resultados muy innovadores para la época en la que se realizaron. Uno de los pioneros creadores de este tipo de muñecos mecánicos fue Jacques de Vaucanson, considerado como el personaje que creó el primer muñeco autómata de tamaño natural que tocaba la flauta y el tambor mecánicamente, con este gran invento Vaucanson ganó fama y prestigio, no obstante tuvo dos grandes proezas mas, una fue el Pato artificial con aparato digestivo, que podía realizar varios movimientos de un pato real ya que contaba con más de cuatrocientas partes móviles, permitiéndole



comer, digerir y defecar grano casi como un pato real; además de ser uno de los precursores en desarrollar un telar completamente automatizado por medio de tarjetas perforadas.

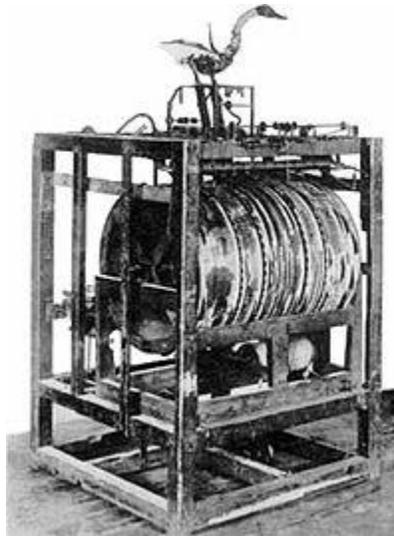


Fig. 2.1.1 Pato Autómata

Una vez que el hombre se dio cuenta que la automatización no solo servía para divertir a la gente sino también para dividir o simplificar el trabajo del hombre por medio de mecanismos movidos por diferentes tipos de energía, fue cuando se dedicó a la innovación de máquinas que le pudieran realizar la producción de una fabrica en un menor tiempo, con menos mano de obra, menores costos y sobre todo mayores ganancias.

- Definición de Automatización

Una vez que nos adentramos al concepto de la automatización la podemos definir como “Un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos que tratan de aplicar sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción”.⁴

⁴ MOPIN, Poblet; “Electrónica y Automática”, Prentice Hall, México. (15 de Junio del 2014)



La automatización tuvo un gran desarrollo valiéndose de diferentes medios mecánicos, hidráulicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos y mas recientemente por medio de microcontroladores, para su avance tecnológico a lo largo de la historia, sin embargo para establecer un sistema de automatización bien definido se requiere incorporar mas parámetros los cuales son necesarios para lograr el propósito requerido.

Podemos definir un modelo estructural de la automatización tomando en cuenta los siguientes puntos:

- Se requiere de una ACCIÓN a realizar, por lo regular son tareas que se repiten un número indefinido de ocasiones, para lo cual una maquina normalmente se vuelve mas apta para realizar este tipo de trabajos.
- Se requiere una parte de mando o CONTROL, la cual será la encargada de decidir que procesos realizar, valiéndose de sensores para mantener una parte operativa dando los resultados requeridos.
- Se debe de contar con una parte OPERATIVA, la cual se encargara de realizar diferentes procesos de fabricación utilizando maquinas o dispositivos o bien subprocesos para su realización
- Algo primordial es la fuente de ENERGÍA con la cual la parte operativa se alimentara para hacer funcionar las diferentes maquinas o dispositivos necesarios.
- Para que la parte operativa tenga una retroalimentación con la cual mida o compare los valores deseados requiere una forma de captación o lo que podemos llamar un SENSOR que puede proporcionar mediciones durante el proceso de la acción.

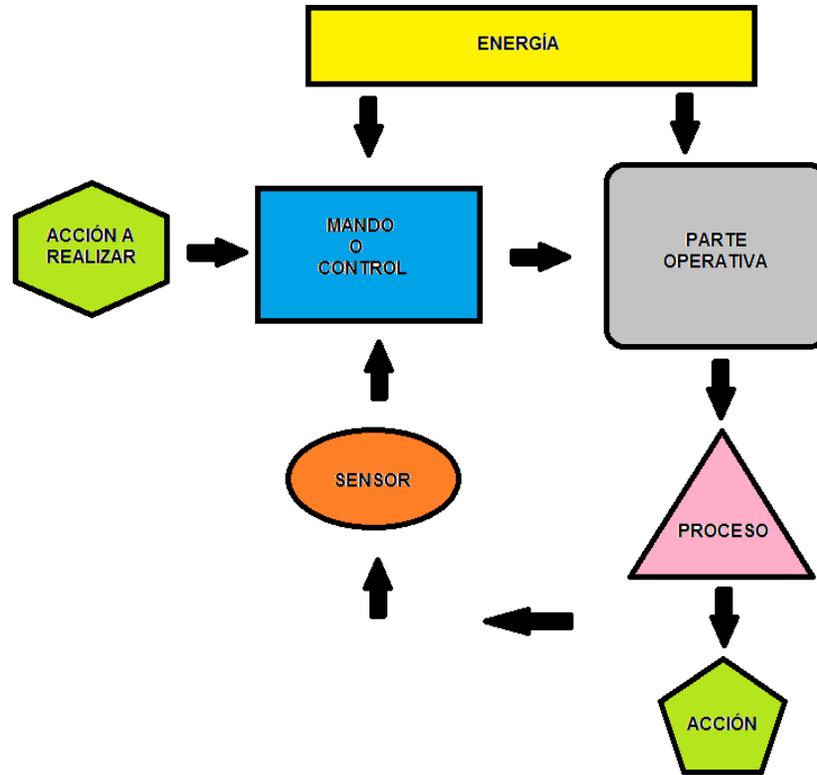


Fig. 2.1.2 Modelo Estructural de la Automatización

Como podemos observar para automatizar un sistema requerimos primordialmente de un Controlador que sea el que organice las acciones valiéndose de sensores que le reporten el estado del proceso y así poder coordinar las maquinas o actuadores que serán los que hagan posible la realización de la acción o específicamente de algún producto.

TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN

De acuerdo a la automatización moderna se clasifica en tres diferentes tipos los cuales se definen a continuación como:



- Automatización Fija

Está basada en sistemas lógicos, deriva mucho su funcionamiento con relevadores y Controles Lógicos Programables, este tipo de automatización se utiliza cuando se requiere un volumen de producción bastante elevado ya que se requiere un alto costo para el proyecto ingenieril del sistema, puesto que se requiere un diseño especializado para la fabricación del producto.

Otra de las desventajas de este tipo de automatización es que los equipos de recambio o refacciones dependen del ciclo de vida que tenga el producto en el mercado, ya que no son tan flexibles a adaptarse a otras tecnologías por lo mismo del diseño muy singular con el que se determinan.

Es por eso que para pensar en utilizar la automatización Fija se debe de tener en cuenta que el producto debe de tener índices de demanda y volumen altísimos para que pueda ser rentable y sobre todo justificable el gasto.



Fig. 2.1.3 Tableros de Control (PLC)

- Automatización Programable

Este tipo de automatización también está basado en un elevado costo de inversión, se emplea cuando se tienen índices bajos de producción y se cuenta con una diversidad del producto a obtener, por ende el diseño ingenieril de la producción debe contar con flexibilidad para adaptarse a los cambios de



configuración del producto. Normalmente la nueva configuración se realiza mediante software, se recomienda cuando la producción es en lotes.

- Automatización Flexible

Es una combinación de las Automatización Fija y la Automatización Programable, se adecua más a un rango de producción mediano.

Este tipo de automatización esta constituido por robots industriales, que también se conocen como Celdas de Manufactura Flexible, estos están interconectados a una red de estaciones de almacenamiento y manipulación de materiales compatibles con diferentes grados de automatización que son operados por una computadora. Esto ayuda a que se tenga una gran flexibilidad a las variaciones del diseño del producto.

Las principales características de la automatización flexible son que se puede realizar alguna modificación a la programación de las maquinas sin perder tiempo de producción, además de que las partes físicas también se acoplan a la nueva programación fácilmente sin necesidad de parar la producción, logrando un mejor desempeño en la industria que posea este tipo de automatización.

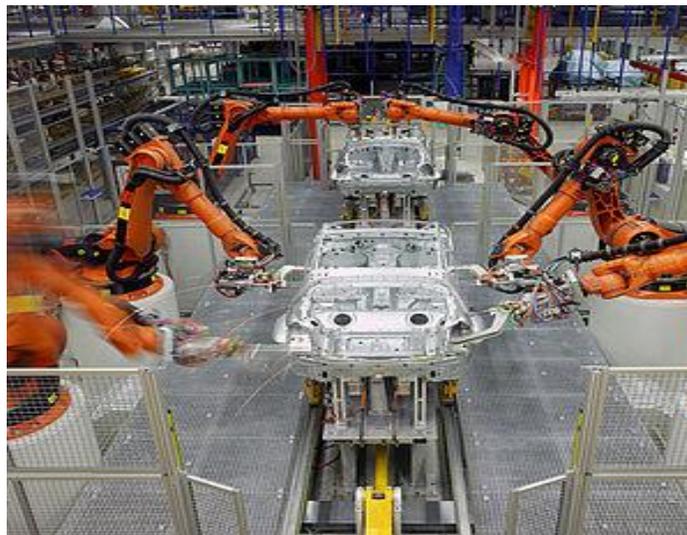


Fig. 2.1.4 Ejemplo de Automatización Flexible



2.2.- Historia de la Automatización en Edificios Inteligentes

Desde hace varias décadas el hombre ha construido edificios los cuales puedan proporcionarle un entorno adecuado para trabajar o vivir, en la década de los sesentas las constructoras de edificios, sobre todo de oficinas empezaron a adoptar el interés por incluir tecnología para administrar el ahorro de energía, fue así como se empezó el interés por la automatización en los Edificios, teniendo como necesidad el ahorro de energía, el cual es muy importante para la rentabilidad de un edificio sobre todo de oficinas.

A principios de los años ochenta en Japón y Estados Unidos se comenzaron a construir los primeros edificios en los cuales se agregó la informática con el fin de mejorar el confort de los trabajadores.

En 1985 se abrió el Teleport, un desarrollo portuario de Nueva York y Nueva Jersey en la Isla de Staten en la Ciudad de Nueva York, el cual fue uno de los primeros edificios en los que se concentró no solo el ahorro de energía si no también se incluyeron las telecomunicaciones al edificio proporcionando mayor comodidad, comunicación más efectiva, seguridad y dando pie a que el edificio pudiera tener un mayor ciclo de vida.

El concepto de Edificio Inteligente tiene diferentes maneras de visualizarse, podemos citar algunos conceptos más importantes de acuerdo a empresas o instituciones reconocidas que llegaron a las siguientes definiciones:

“Un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.”⁵

⁵ Intelligent Building Institute (IBI), Washington, D.C., E.U.



“Se considera como edificio inteligente aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máximo confort.”⁶

Tomando en cuenta estas definiciones podemos decir que un edificio inteligente es aquel que cuenta con características para optimizar la eficiencia del mismo, por medio de una administración basada en tecnologías de la información para una integración más eficaz con los diferentes tipos de instalaciones haciendo uso de redes interiores y exteriores, dando como resultado un mayor ahorro de energía, mayor comodidad, proporcionando sistemas de comunicaciones óptimos, además de un nivel de seguridad muy alto para sus ocupantes los cuales también podrán contar con la ventaja de no ser interrumpidos en la productividad de su trabajo, logrando costos menores para el administrador y un ciclo de vida extendido para el edificio.

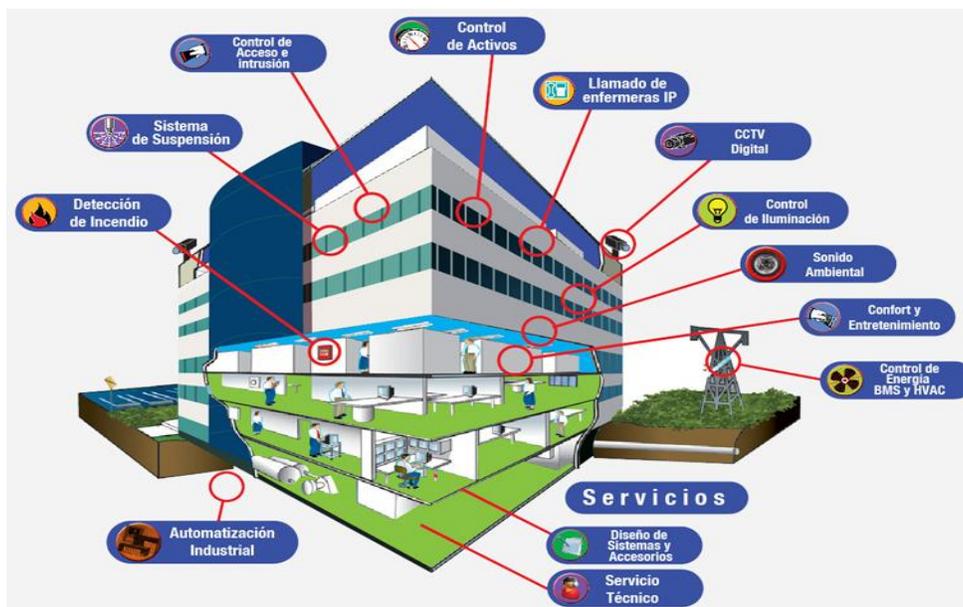


Fig. 2.2.1 Edificio Inteligente

⁶ Compañía Honeywell, S.A. de C. V., México, D.F.

⁷ Figura 2.2.1 referida < <http://ecoopcion.wordpress.com/tag/dubai/>> (junio 2014)



Para que a un edificio se le pueda denominar inteligente debe contar con las siguientes características:

- Sistema de Control de Acceso:
Biométricos, Tarjetas lectoras.

- Sistema de automatización:
Instalaciones Eléctricas, HVAC, Sanitarias, Hidráulicas, Gas.

- Ahorro de Energía:
Ahorro de energía por medio del control de la iluminación, control automático de ascensores y plantas de emergencia.

- Sistema de Detección de Incendios

- Sistema de Seguridad:
Circuito Cerrado de Televisión (CCTV), Voceo, Alarmas Perimetrales, Detector de Movimientos Sísmicos.

Podemos definir el grado de inteligencia de un edificio de acuerdo al porcentaje de automatización y de la tecnología utilizada en el mismo:

Grado 1.- Mínima Inteligencia, se cuenta con una automatización de las instalaciones muy básica y no se cuenta con una integración de los servicios de telecomunicaciones.

Grado 2.- Media Inteligencia, se cuenta con una automatización completa del edificio, los servicios de telecomunicaciones también tiene un porcentaje de integración aunque no total.

Grado 3.- Total Inteligencia, La automatización del edificio es total, además de tener las telecomunicaciones y demás sistemas integrados completamente.



Edificios Inteligentes en México

El primer edificio en México denominado inteligente es la Torre de Pemex construido en la década de los ochentas, en la actualidad el término “Edificio Inteligente” se ha hecho cada vez más frecuente en nuestro país, ya que el avance tecnológico en el mundo día a día va creciendo de forma acelerada, tan solo en la ciudad de México existen aproximadamente 4 millones de metros cuadrados que corresponden a edificios que tienen algún grado de Inteligencia de acuerdo a los parámetros que hemos mencionado antes.

La asociación que se ha encargado de la difusión tecnológica para el desarrollo de los edificios inteligentes en México es el Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (IMEI), el cual otorga cada año el premio Nacional IMEI “Jorge Martínez Anaya” al Edificio Inteligente. Esta institución ha promovido desde 1991 el desarrollo y divulgación de las tecnologías innovadoras en lo concerniente a Edificaciones Inteligentes, por medio de foros, seminarios, conferencias y exposiciones que promueven esta práctica.

Algunos de los parámetros que considera el IMEI son los siguientes:

- Máxima eficiencia en el uso de energéticos y consumibles renovables.
- Adaptabilidad a un bajo costo a los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes y su entorno (Máxima Flexibilidad).
- Capacidad de proveer un entorno ecológico interior y exterior respectivamente habitable y sustentable, altamente seguro que maximice la eficiencia en el trabajo a los niveles óptimos de confort de sus ocupantes según sea el caso (Máxima Seguridad para el entorno, usuario y patrimonial).
- Eficazmente comunicativo en su operación y mantenimiento, (Máxima automatización de la actividad).
- Operando y mantenido bajo estrictos métodos de optimización, (Máxima predicción y prevención, refaccionamiento virtual).



En México uno de los Edificios Inteligentes más conocidos es el World Trade Center Ciudad de México, es considerado el tercer Rascacielos más alto de la Ciudad de México el cual cuenta con sistemas de control de accesos, circuito cerrado de televisión, monitoreo de sistemas eléctrico, hidráulico, aire acondicionado, protección contra incendios, tanques de almacenamiento y elevadores.

Permite el ahorro de energía mediante el control de la iluminación por zonas y horarios, además de esto cuenta con lámparas ahorradoras de energía; en cuanto al aire acondicionado, no solamente se consideraron torres de enfriamiento, sino también una planta de almacenamiento de hielo que operará durante las noches.

Los elevadores cuentan con un detector sísmico que al detectar cualquier movimiento de tierra de manera automática detiene el elevador en la parada más cercana para que los pasajeros puedan bajar. También cuenta con elevadores inteligentes que se encuentran siempre en los pisos de más afluencia de personas.



Fig. 2.2.2. World Trade Center México



2.3.- Antecedentes del Control de la Temperatura.

Desde la antigüedad el hombre ha buscado métodos para poder mantener la Temperatura de un cuarto lo más confortable posible, en sus inicios esto se hacía por comodidad ya que lo que se pretendía era tener una temperatura ambiente en cuartos en donde se era requerido principalmente para uso doméstico.

Uno de los primeros procedimientos para el enfriamiento de un cuarto fue el que utilizaron los Egipcios el cual consistía en dismantelar las paredes del cuarto del Faraón, acarrear las piedras al desierto y dejarlas ahí por la noche, como el clima es muy extremo las piedras se enfriaban considerablemente, antes de amanecer los esclavos volvían con las piedras y las volvían a apilar creando el cuarto frío el cual permanecía así por varias horas para confort del Faraón, se dice que podía llegar a tener una temperatura de hasta 26°C en el cuarto, mientras que afuera llegaba a veces hasta el doble.

En 1842, Lord Kelvin inventó el principio del aire acondicionado. Con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante. Para ello, se basó en 3 principios:

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja, como cuando enfriamos un café introduciendo una cuchara de metal a la taza y ésta absorbe el calor.
- El cambio de estado del líquido a gas absorbe calor. Por ejemplo, si humedecemos la mano en alcohol, sentimos frío en el momento en que éste se evapora, puesto que absorbe el calor de nuestra mano.
- La presión y la temperatura están directamente relacionadas. En un recipiente cerrado, como una olla, necesitamos proporcionar menor cantidad de calor para llegar a la misma temperatura que en uno abierto.



En 1902 Willis Carrier sentó las bases del moderno aire acondicionado y desarrollo el concepto de climatización.

Por esa época, un impresor neoyorquino tenía serias dificultades durante el proceso de impresión, que impedían el comportamiento normal del papel, obteniendo una calidad muy pobre debido a las variaciones de temperatura, calor y humedad, entonces fue cuando Willis Carrier se puso a investigar con tenacidad para resolver el problema. Diseñó una maquina especifica que controlaba la humedad a través de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de climatización de la historia.

Aunque Willis Carrier es reconocido como el “padre del aire acondicionado”, el término “aire acondicionado” fue utilizado por primera vez por el ingeniero Stuart H. Cramer, en la patente de un dispositivo que enviaba vapor de agua al aire en las plantas textiles para acondicionar el hilo.

Los primeros en usar el sistema de aire acondicionado Carrier fueron las industrias textiles del sur de Estados Unidos, un claro ejemplo, fue la fábrica de algodón Chronicle en Belmont. Esta fábrica tenía un gran problema debido a la ausencia de humedad, se creaba un exceso de electricidad estática haciendo que las fibras de algodón se convirtiesen en pelusa.

Gracias a Carrier, el nivel de humedad se estabilizó y la pelusilla quedo eliminada. Claros ejemplos fueron las industrias del tabaco, laboratorios farmacéuticos, máquinas de afeitar y panadería.

En 1921, Willis Haviland Carrier patentó la Máquina de Refrigeración Centrífuga, también conocida como enfriadora centrífuga o refrigerante centrifugado, fue el primer método para acondicionar el aire en grandes espacios.

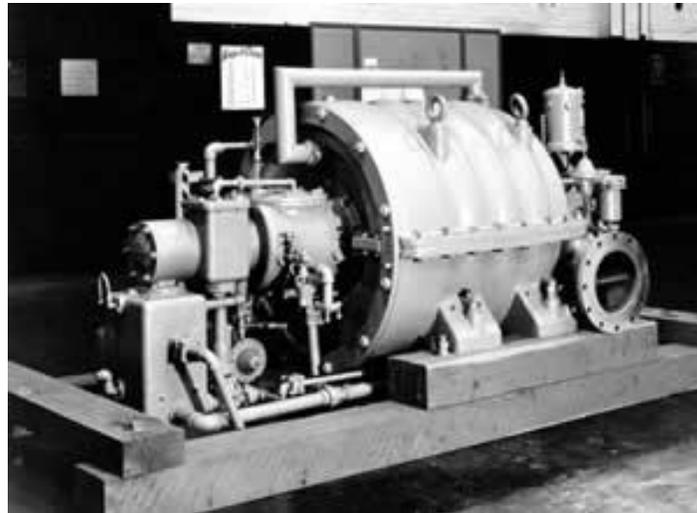


Fig. 2.3.1. Máquina de Refrigeración Centrífuga

En 1928, Willis Haviland Carrier desarrolló el primer equipo que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire para casas y departamentos, pero la Gran Depresión en los Estados Unidos puso punto final al aire acondicionado en los hogares. Las ventas de aparatos para uso residencial no empezaron hasta después de la Segunda Guerra Mundial. A partir de entonces, el confort del aire acondicionado se extendió a todo el mundo.

En 1970, las unidades de aire acondicionado central se habían desarrollado. Estas piezas, más pequeñas en tamaño que las industriales, incorporaban un condensador, bobinas y un ventilador para obtener aire natural, pasarlo a través de las bobinas y por el interior del sistema de ventilación de la vivienda. Hacia 1970, las unidades utilizaban freón fabricado por la DuPont como agente refrigerante. Durante finales de 1980 y principios de 1990, las marcas de Honeywell y Carrier desarrollaron refrigerantes que no dañaban la capa de ozono para sustituir al freón. En estos casos los equipos de aire acondicionados eran regulados a una temperatura en específico pero no eran controlados.

⁸ Figura 2.2.1 referida < http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia_aire_acondicionado.html > (22 Junio del 2014)



Además de la comodidad que disfrutamos con el aire acondicionado en un día cálido y húmedo de verano, actualmente muchos productos y servicios vitales en nuestra sociedad dependen del control del clima interno, como los alimentos, la ropa y la biotecnología para obtener químicos, plásticos, fertilizantes y sistemas electrónicos.



Fig. 2.3.1. Ejemplo de Termostato

Estos sistemas utilizaban termostatos para medir la temperatura que tenía el cuarto en donde se ubicaban los equipos de Aire Acondicionado, los cuales por medio de relevadores activan y desactivan el condensador para proporcionar la temperatura adecuada de acuerdo al setpoint proporcionado.

Sin el control exacto de temperatura y humedad, los microprocesadores, circuitos integrados y la electrónica de alta tecnología no podrían ser producidos. Los sites de comunicaciones y DataCenter's dejarían de funcionar.



CAPÍTULO 3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a lo visto en capítulos anteriores, el avance en la tecnología ha sido clave para el desarrollo de edificios inteligentes, podemos ver que actualmente ya no es un lujo este tipo de edificaciones, más bien ya es una necesidad, tanto para el administrador del edificio como para los habitantes del mismo. La sustentabilidad y ahorro de energía también son factores que han propiciado el crecimiento de esta nueva era en el mundo de la construcción, al contar con un alza en los precios del gas, agua potable, así como de la energía eléctrica, se ha puesto mayor interés en reducir el consumo de estos servicios evitando pagar grandes cantidades de dinero.

Otro de los factores que han ido creciendo aceleradamente en estos últimos años sobre todo en edificios destinados a oficinas, es la dependencia hacia las telecomunicaciones, puesto que en la actualidad un edificio de oficinas no se concibe sin redes de datos, telefonía e internet, además de respaldo de energía eléctrica al utilizar UPS.

Los cuartos destinados a este tipo de instalaciones deben de contar con características especiales sobre todo en cuestión del control de la temperatura, comúnmente son llamados Cuartos de Instalaciones de Distribución Intermedia (sus siglas en ingles IDF), el control en la temperatura en un IDF es sumamente importante ya que normalmente los dispositivos utilizados para las telecomunicaciones son equipos electrónicamente sensibles, que deben de contar con un ambiente propicio para su buen funcionamiento, en dado caso de no contar con un correcto control de la temperatura puede repercutir en la protección de los equipos (por altas temperaturas), produciendo que los equipos tiendan a apagarse o en su defecto a dañarse, esto normalmente se ve reflejado en un mal desempeño en los usuarios al perder información y tiempo.



3.1.- Introducción.

De acuerdo a la necesidad de mantener un cuarto de IDF funcionando correctamente y con la consigna de lograr que los equipos tengan una vida útil considerable, requerimos de un control de la temperatura muy estable para operar un edificio de oficinas de 3 Niveles, el cual dará servicio a un promedio de 110 personas, contando con un cuarto de IDF por cada nivel.

A continuación se enlistan y describen las funciones de los equipos que se pretenden instalar en cada cuarto de IDF:

- **Switch's de 48 y 24 puertos:** Por cada IDF se cuenta con un equipo respectivamente, con los cuales se brindará servicio de telefonía IP, cámaras de circuito cerrado IP, red interna y de Internet, así como para equipos que requieran comunicación TCP/IP como los paneles de control de acceso.
- **CCTV:** Se contará con 10 cámaras que visualizarán los principales accesos
- **Panel de Control de Accesos:** Se controlarán los accesos por medio de Biométricos de huellas dactilares y por medio de reconocimiento facial en algunas zonas más vulnerables del edificio.
- **Panel de detección y Supresión de incendios:** Este panel se encargará de proteger el cuarto de IDF por si llegara a ocurrir algún incendio dando aviso sonoro y accionando un equipo de supresión de incendio de ser necesario.
- **UPS:** Este equipo solo es para respaldo de los equipos, paneles o dispositivos del cuarto de IDF, no abastece nada que este fuera del cuarto como equipos de cómputo o luminarias.
- **Amplificadores de Sistema de Voceo:** Con ellos se podrá vocear por nivel algún mensaje predeterminado, música de relajación o mensajes de emergencia de ser necesario.



- **Tablero Eléctrico:** Es el alimentador del Cuarto de IDF y los equipos de Aire Acondicionado que enfriarán el cuarto
- **Tablero de Control de Aire Acondicionado:** Este tablero será el encargado de medir y mantener la temperatura adecuada del cuarto de IDF.

Estos equipos además de ser electrónicamente sensibles desprenden bastante calor sobre todo equipos como el UPS y los Switches, además de esto los cuartos de IDF destinados para estas instalaciones no cuentan con ventilación exterior, esto para evitar filtraciones de agua y polvo que son sumamente dañinas para estos equipos, es por eso que se vuelven muy susceptibles al sobrecalentamiento por su propio funcionamiento, ya que recordemos que estos equipos deben estar operando las 24 horas del día durante todo el año, apagándose solamente en periodos de mantenimiento planificado o en su defecto por alguna falla mayor .



Fig. 3.1.1. Ejemplo de Cuarto de IDF

⁹ Figura 3.1.1 referida < <http://idtechnology.wordpress.com/2010/11/>> (Julio del 2014)



Para contar con un correcto funcionamiento de los dispositivos de un cuarto de IDF debemos de mantener una temperatura entre los 17°C y 21°C, este rango de temperatura operacional es el indicado por los fabricantes de circuitos integrados para lograr un funcionamiento ideal en rendimiento y durabilidad, devenido de la Ley de Arrhenius o también conocida como la Regla de los 10 grados. Esta regla dice que la vida de un componente o material se reduce a la mitad por cada 10°C de aumento en la temperatura; aplicado inversamente por cada 10°C de disminución de temperatura, la vida útil de un semiconductor se duplicará.

Por otra parte la norma TIA/EIA-942 (Norma para el Diseño y cableado de un centro de datos) recomienda como rango aceptable de temperatura entre 20°C y 25°C.

De acuerdo a lo anterior sabemos que los dispositivos y equipos electrónicos entre mejor se les proporcione un ambiente con la temperatura adecuada obtendremos un mejor funcionamiento, así como un mayor rendimiento y menor desgaste, incluso se podría aumentar los años de vida útil de los equipos, esto definitivamente repercute en la disminución de los costos de mantenimiento a largo plazo.

Por estas razones se le da una gran importancia al control de la temperatura de los cuartos de IDF's del edificio propuesto, la finalidad es diseñar un sistema óptimo de control de la temperatura por medio de controladores los cuales otorguen una alta eficacia para el bien de los equipos además de a largar la vida útil de los equipos que se tengan operando en los cuartos de IDF lo cual repercutiría en reducir los costos de mantenimiento y renovación de equipos.



Otro punto muy importante es contar con una plataforma de gestión gráfica para el personal de mantenimiento en la que pueda interactuar de manera sencilla, además de controlar y observar el comportamiento de la temperatura del cuarto de IDF.

El hecho contar con una plataforma gráfica para la gestión de los equipos del sistema de control nos da la opción de que por medio de una Workstation o PC dedicada se puedan realizar cambios de ajuste de setpoint de temperatura, temporización de eventos, así como arranque y paro de equipos de manera remota, dando mayor versatilidad al sistema, así como una respuesta rápida en caso de algún percance con algún equipo de aire acondicionado.

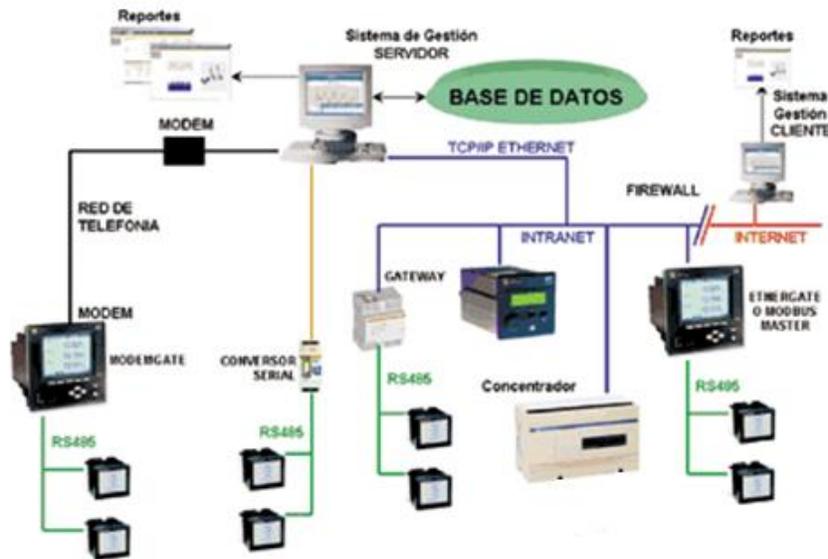


3.2.- Tendencias Actuales.

Como parte de la nueva era de los Edificios inteligentes han ido en aumento las empresas dedicadas a los diferentes tipos de tecnología que se utilizan en estos edificios, un claro ejemplo es que después de observar los grandes beneficios que se obtienen al regular la temperatura de un IDF o un Data center, cada vez se pone más atención en brindar la temperatura deseada a los dispositivos que se encuentran trabajando día y noche en este tipo de cuartos de telecomunicaciones.

Un sistema de Control de temperatura normalmente lo encontramos con la clásica arquitectura basada en comunicación por medio de cableado de par trenzado RS-485 para comunicarse entre controladores utilizando un protocolo de comunicaciones abierto, pasando por una red local Ethernet que haga llegar toda la información a una plataforma para poder programar los dispositivos y manipularlos de manera más fácil y que sirva para poder presentarlos de manera gráfica, ya que normalmente el Operador de Mantenimiento solo se encargará de revisar que no existan alarmas o en su defecto parar algún dispositivo y ponerlo en modo Mantenimiento.

Este tipo de arquitectura se sigue utilizando por brindar una comunicación confiable, además de que los protocolos abiertos utilizados para la interconexión de Controladores se han hecho cada vez más comunes en empresas dedicadas a este tipo de Control y automatización como Honeywell, Schneider Electric, Trend Controls, ABB, Johnson Controls, Allen-Bradley, Omron, Siemens, etc. Ya que al contar con protocolos de comunicación estandarizados, los clientes que adquieren sus productos cuentan con la ventaja de poder sustituir algún equipo más fácilmente.



10

Fig. 3.2.1. Arquitectura Típica de Control de Temperatura

Actualmente los desarrolladores de tecnología están incursionando en la era inalámbrica, podemos encontrar en el mercado sensores de temperatura inalámbricos los cuales envían sus lecturas a un Controlador que también cuenta con un receptor inalámbrico, esto facilita y reduce el tiempo de instalación.



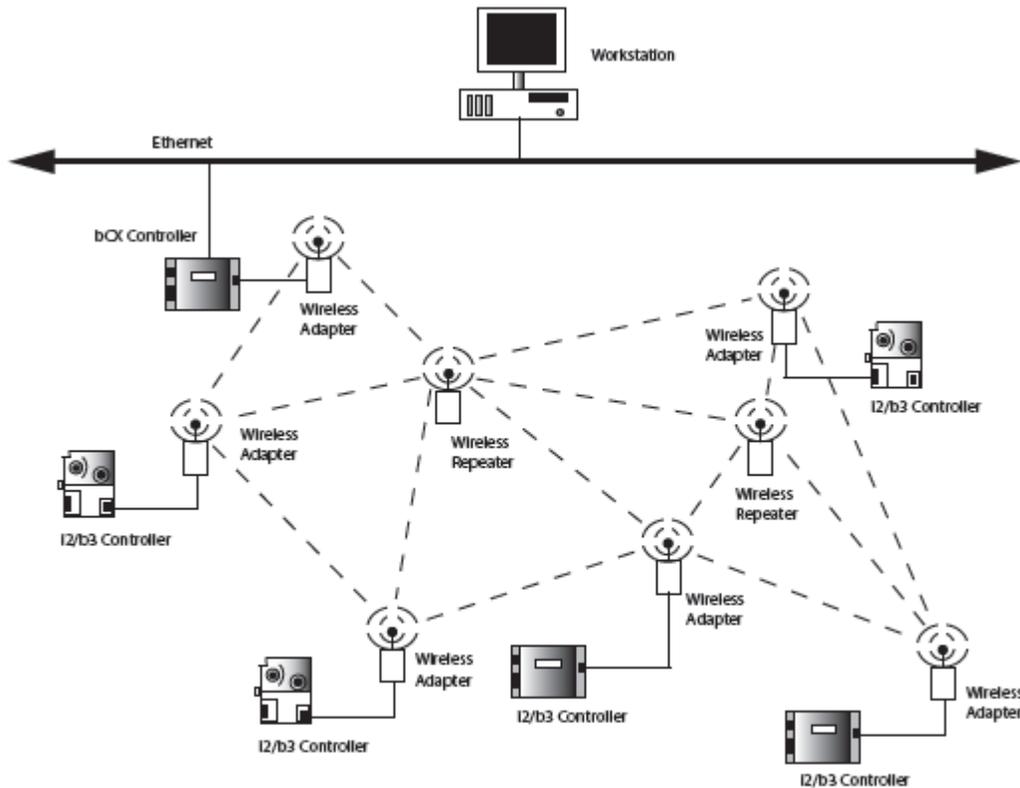
11

Fig. 3.2.2. Sensor de Temperatura y Controlador Inalámbricos

¹⁰ Figura 3.2.1 referida < <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=812&edi=45>>

¹¹ Figura 3.2.2 referida < Catalogo de productos de control, aire acondicionado y refrigeración Johnson Controls >

Además de encontrar dispositivos que envíen datos a sus controladores inalámbricamente, las industrias dedicadas a la innovación y tecnología de Controladores ya cuentan con interfaces Wireless para conectar un Controlador que normalmente se intercomunicaba con otros controladores mediante cableado y enviar la comunicación inalámbricamente



12

Fig. 3.2.3. Arquitectura de Comunicación de Controladores vía Wireless

Una de las desventajas que aún se cuenta en la tecnología inalámbrica es la restricción en la distancia a la cual transmiten y reciben los dispositivos, ya que en espacios cerrados puede llegar a reducirse de 60 a 10 metros como máximo, además de contar con la posibilidad de atenuaciones debido a alguna otra tecnología inalámbrica que provoque interferencia en la frecuencia a la que trabajan estos equipos. Por último una de las mayores desventajas son los precios elevados de estos dispositivos, que al ser los equipos de la gama más alta por ser la innovación tecnológica tienden a ser los más caros.

¹² Figura 3.2.3 referida < Catalogo de productos SDS-C-WIRELESSINFINET por Schneider Electric>



CAPÍTULO 4.- Desarrollo del Control.

Una vez que tenemos identificada la necesidad de contar con un sistema de Control de la Temperatura para tres cuartos de IDF en un Edificio de 3 Niveles contemplaremos las medidas de cada cuarto, los equipos que estarán operando dentro del Cuarto de IDF, la distancia a la cual se encuentra cada cuarto uno del otro, el clima a lo largo del año en el estado de Guanajuato que es donde se localizará el edificio, además de considerar el cuarto de Mantenimiento en donde se pretende este operando el equipo de monitoreo y control de la temperatura de los cuartos de IDF.

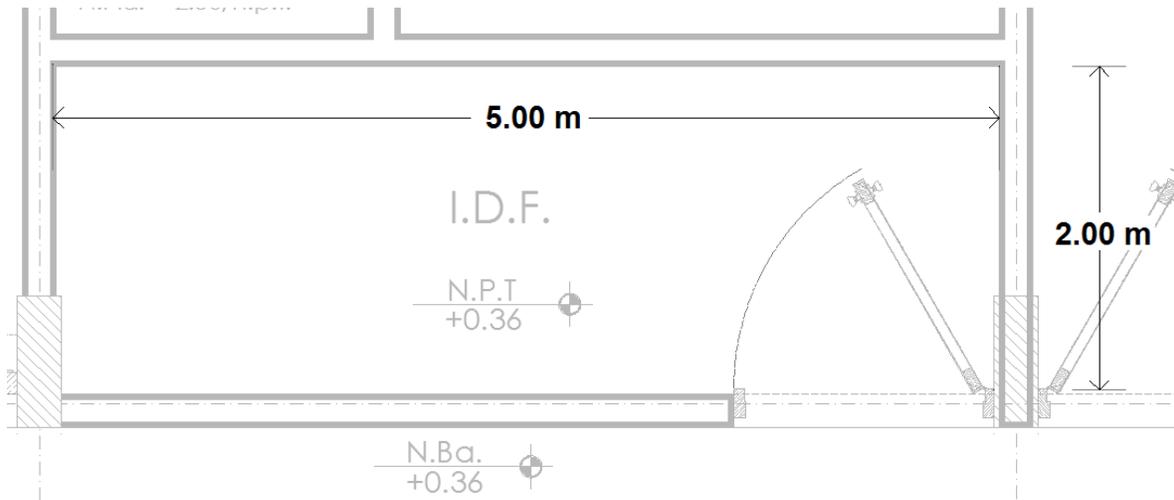
4.1.- Diseño del Sistema

Como ya hemos mencionado una de las consideraciones que debemos tener para el diseño del control de la temperatura es tener muy en cuenta las dimensiones de los cuartos de IDF, en nuestro caso particular los tres cuartos de IDF cuentan con las mismas dimensiones, definiremos uno de ellos asumiendo que los demás son totalmente iguales.

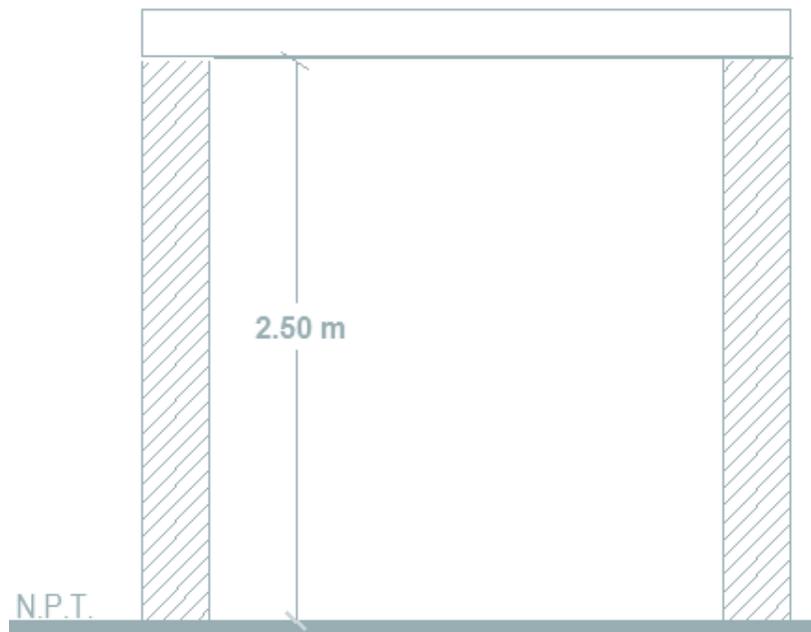
Este cuarto de IDF no cuenta con ventilación al exterior para evitar que el polvo o agua estén en contacto directo con los equipos que estén operando en el cuarto de IDF y dependerá de un correcto control de la temperatura por medio de equipos de Aire Acondicionado para mantener los dispositivos en un estado optimo.

Dimensiones del cuarto de IDF

- Largo y Ancho del Cuarto de IDF



- Altura del Cuarto de IDF



El cuarto de IDF tiene un total de 25 m³, como mencionamos antes los tres cuartos de IDF serán exactamente iguales.



Condiciones climatológicas exteriores.

Uno de los factores importantes es como se comportará el clima a lo largo del año en la región ya que los equipos de Aire Acondicionado se verán forzados a trabajar con mayor continuidad dependiendo el clima exterior, de eso también dependerá el control que se programe en cada controlador de Aire Acondicionado. Puesto que el Edificio se encontrará en el Estado de Guanajuato se obtuvieron los siguientes datos del Servicio Meteorológico Nacional.

Mes	Mínima	Máxima	Días con lluvia	Precipitación
Enero	7°C	22°C	2	15 cm
Febrero	8°C	24°C	2	6 cm
Marzo	10°C	27°C	2	8 cm
Abril	12°C	29°C	3	9 cm
Mayo	14°C	30°C	7	42 cm
Junio	15°C	28°C	12	133 cm
Julio	14°C	26°C	16	179 cm
Agosto	14°C	26°C	13	138 cm
Septiembre	14°C	26°C	10	118 cm
Octubre	12°C	25°C	5	38 cm
Noviembre	9°C	24°C	3	11 cm
Diciembre	8°C	22°C	2	13 cm

13

Tabla. 4.1.1 Clima en Guanajuato a lo largo del año

¹³ Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, México.



Cálculo de Carga Térmica en el cuarto de IDF

Para calcular la carga térmica de cada cuarto de IDF consideraremos la región en la que se ubicará el edificio, el cual estará en una región con un clima templado, además de considerar los 10 m² de área de cada cuarto de IDF, también consideraremos la siguiente tabla que incluye la carga en watts total de los equipos que estarán operando en el cuarto de IDF.

SISTEMA	EQUIPO	WATTS
Sistema de Redes	Switch de 48 ptos	715
	Switch de 24 ptos	495
Sistema de Voceo	Equipo de Comunicación	60
	Equipo de Comunicación	60
	Equipo de Comunicación	60
Panel de Control de Acceso	Control de Acceso	700
Detección y Supresión de Incendios	Panel de Detección de Incendios	110
Soporte a la operación	Controlador BMS	70
Carga adicional de dispositivos	Carga adicional de cámaras	490
TOTAL		2760

Considerando los factores de conversión siguientes tenemos:

- 1 WATT [W] = 0.859845227858985 [kcal/h]
- 1BTU=0.2519958 kcal



Por lo tanto la carga en Watts de los equipos nos da un total de:

$$2760 \text{ [W]} = 2373.15 \text{ KCAL} = 9417.45 \text{ BTU}$$

Agregando los BTU's considerados para 10 m² :

$$10 \text{ m}^2 = 3722 \text{ BTU} \quad *14$$

Como no se cuenta con ventanas y los cuartos no están expuestos al sol, obtenemos lo siguiente:

- Equipos electrónicos----- 9417 [BTU]
- Área----- 3722 [BTU]
- Total----- 13139 [BTU]

Por último consideramos un factor uso del 10% mas:

- TOTAL = 13139 [BTU] + 1313 [BTU]= **14452 [BTU]**

Por lo tanto obtenemos 14452 [BTU] los cuales al convertirlos a Toneladas de refrigeración nos da lo siguiente:

$$14452 \text{ [BTU]} = 1.2 \text{ TR}$$

Comercialmente no existe un equipo de 1.2 TR por lo que escogemos el comercial más cercano superior que sería de 1.5 TR.

*¹⁴ Referido a la tabla 1 del manual Procedimiento de Calculo Aire Acondicionado VentDepot.com [http://www.ventdepot.net/mexico/procedimientoscalculo/Procedimiento%20de%20Calculo%20Aire%20Acondicionado%20VentDepot.pdf] Julio del 2014. Ver Anexo 2



Requerimientos para el diseño del Control de la Temperatura.

Para realizar el diseño del control de la temperatura contemplaremos los siguientes puntos que consideramos necesarios para realizar la arquitectura del sistema:

- 1) Un sensor que será el que recopile los datos de la temperatura que se tenga en el cuarto de IDF.

El sensor de temperatura será de tipo Termostato, de acuerdo a las necesidades del sistema y contemplando que es el tipo de sensor de temperatura convencional para el Aire Acondicionado.

- 2) Requerimos un Dispositivo Controlador que funja como Mando.

Una de las cualidades que debe tener nuestro controlador principal es contar con un puerto de comunicaciones Ethernet, esto con la finalidad de integrarlo a la red LAN del edificio, a su vez esto nos dará la oportunidad de tener el equipo de monitoreo casi en cualquier zona del edificio siempre y cuando cuente con un nodo de datos cercano.

Además del controlador principal requerimos un controlador esclavo para el control de las velocidades del Aire Acondicionado que cuente con relevadores y capacidad para recibir entradas de señales digitales y de temperatura.

- 3) Se requieren equipos de Aire Acondicionado que mantengan la temperatura óptima en el cuarto de IDF los cuales serán manipulados por él Controlador.

Requerimos un equipo de Aire Acondicionado de 1.5 TR que en nuestro caso será de tipo Fan & Coil por ser un equipo más industrial y que soporte trabajar días completos sin parar, además de esto consideraremos un



equipo más por cada cuarto de IDF como redundancia por si llegara a fallar alguno.

- 4) Una fuente de voltaje para alimentar los dispositivos, que en nuestro caso tendrá que ser ininterrumpida para asegurar que el Control no se apague y los equipos de Aire Acondicionado dejen de enfriar los cuartos de IDF.

Los cuartos de IDF contarán con un UPS para alimentar los dispositivos que se encuentren operando incluido el equipo encargado de controlar la temperatura del IDF, además de esto se incluirá una batería de respaldo en cada tablero de control para alimentarlo por lo menos por 10 minutos en el caso de que las baterías del UPS fallen.

- 5) Además de esto contemplaremos un protocolo de comunicaciones abierto para la intercomunicación de los controladores y la comunicación con la plataforma que recibirá los datos y en la cual se visualizarán gráficamente los dispositivos a controlar.

Como parte de la intercomunicación entre controlador maestro y esclavo se propone que el controlador tenga un Protocolo de comunicaciones abierto y que sea compatible con equipos de Aire Acondicionado como es el caso del Protocolo BacNet o LonTalk, esto con la finalidad de que si en un futuro se quiere integrar al sistema de control algún otro sistema de Aire Acondicionado del edificio se pueda realizar sin problema o con los requerimientos mínimos extras.

- 6) Se deberá realizar la programación de los controladores que comandarán a los Aires Acondicionados de acuerdo a algún modo de Control.

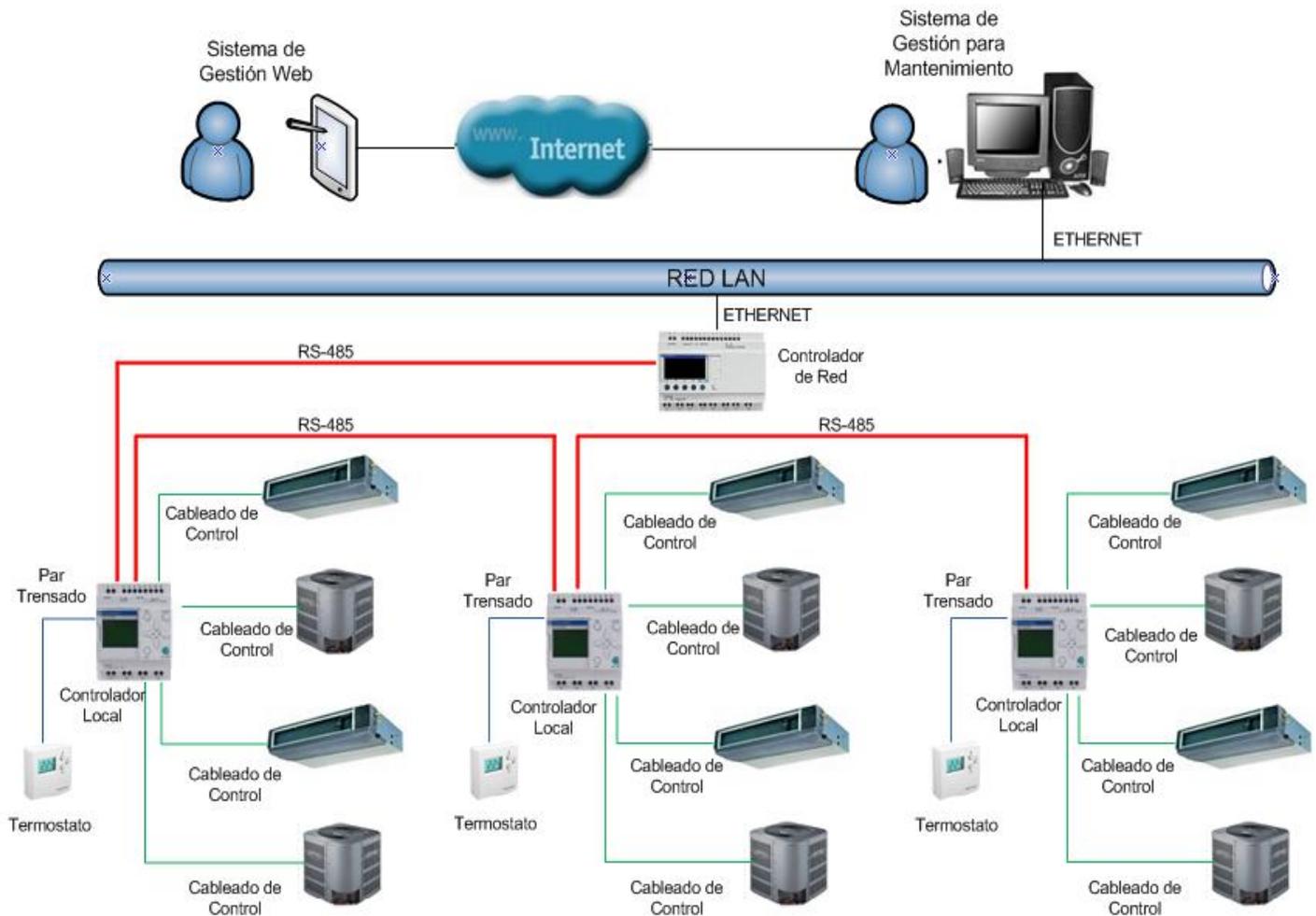
Dicha programación será basada en un control PID para mantener el set point lo más exacto posible y con el menor número de variaciones.

- 7) Se deberá contar con una estación de monitoreo para Mantenimiento.



Una vez definidos los puntos anteriores como el criterio a utilizar para el Sistema de Control, procederemos a realizar el diagrama con la arquitectura del sistema el cual nos servirá para representar como estará organizado nuestro modelo final.

Arquitectura propuesta para un sistema de control de temperatura de un edificio que cuenta con tres cuartos de IDF.



El equipo considerado en la arquitectura es representativo, ahora procederemos a realizar la propuesta de equipos que cumpla con el diseño de esta arquitectura.



4.2.- Propuesta de Equipos.

- **Sistema de Control de Temperatura**

Para el sistema de control de temperatura de los cuartos de IDF se consideraron marcas de controladores como Johnson Controls y Schneider Electric, por contar con varios años en el área de la automatización proporcionando una amplia calidad en sus productos, además de variedad de dispositivos de automatización y sobre todo porque ambas marcas cuentan con equipos de las especificaciones necesarias que se consideraron en la arquitectura del Sistema.

Además de realizar la comparativa de los equipos de ambas marcas en precio, rendimiento y garantía, se consideró la disponibilidad con la que encuentran insumos o refacciones. Como resultado final se optó por los controladores de la marca Schneider Electric los cuales además de contar con las características operativas necesarias cuenta con una amplia gama de dispositivos de control industrial, casas y edificios inteligentes.

- **Sistema de Aire Acondicionado**

Para el enfriamiento de los cuartos de IDF se escogió equipo de Aire Acondicionado marca TREND, por ser de las marcas con mayor renombre y de la cual se tiene garantizada un muy buen rendimiento del equipo y gran disponibilidad de refacciones, otro factor que se consideró es que el proveedor Schneider Electric recomienda equipos de Aire Acondicionado marca TREND por su facilidad de adaptarse a la integración del control con ellos.



Propuesta de equipos de Control

- **Controlador de Red**

Para el controlador de red se escogió un equipo denominado BCX-1 Controller por contar entre sus características con dos protocolos de comunicación abiertos muy comunes en el mercado como lo es el protocolo BacNet MS/TP, que es uno de los protocolos más utilizados en la industria del Aire Acondicionado para comunicar equipos robustos como UMA's y ULA's a una plataforma de Administración grafica, con esto tenemos como posibilidad a largo plazo de agregar a la plataforma de administración los sistemas de aire acondicionado del edificio completo. También cuenta con el Protocolo de Comunicaciones ModBus RTU, el cual es más bien aplicado a integrar equipos del tipo eléctrico como UPS, Tableros Eléctricos Inteligentes, Plantas de Emergencia y cualquier equipo que cuente con tarjeta de comunicaciones ModBus RTU para su posible integración a la Plataforma de Administración.

BACnet
bCX1 Controller/
Router Series



15

¹⁵ Para ver las especificaciones técnicas y de instalación de este dispositivo ver Anexo 1



Características del BCX-1 Controller.

- Disponible como Controlador BACnet-Router y BACnet-Router/Controlador
- Soporta 18 tipos de objetos BACnet incluyendo tendencias, horarios, calendarios, y Loops
- BACnet nativo / IP y comunicaciones MS / TP para la interoperabilidad con los sistemas de otros fabricantes
- Puerto Ethernet entre 10/100
- Soporta Dispositivos BACnet Broadcast Mensaje (BBMD)
- Expandible para E / S y la pantalla local utilizando módulos de expansión xP
- La Memoria flash proporciona máxima fiabilidad en programas de aplicación, sistema operativo y los datos de tiempo de ejecución
- La memoria flash permite que el software realice actualizaciones en línea fácilmente.
- Soporta servidores Web personalizados
- Soporta la 2^a generación de Andover XDrivers Continuum
- Bus BacNet RS-485 de alcance 1220m.
- Puerto de comunicaciones ModBus RTU de 9-pin D-Sub - female-DTE de 12m de alcance con posibilidad de adaptar repetidor para distancias mas largas.



- **Controlador de Aplicación**

Como controlador de aplicación se escogió el controlador B3810 Local Controller, que cuenta con relevadores de estado sólido para poder manipular las velocidades del equipo de aire acondicionado.

Una de las características por las que se escogió este controlador fue por contar con los relevadores de estado sólido necesarios, los cuales son un total de ocho, ya que por cada fan & coil requerimos 4 relevadores, uno para accionar el condensador y tres para las velocidades del evaporador (baja, media y alta), como contaremos con dos equipos de aire acondicionado por IDF nos da un total de 8 relevadores.

Otro de los puntos por los que se escogió este controlador fue porque cuenta con 8 entradas universales además de contar con una entrada específica para un termostato de 0 a 10 V (-34°C to 110°C).

BACnet
b3810 Series
Local Controllers



16

¹⁶ Para ver las especificaciones técnicas y de instalación de este dispositivo ver Anexo 1



Características del B3810 Local Controller.

- Cuenta con el protocolo Nativo BACnet MS / TP para interoperabilidad con otros Sistemas
- Soporta 18 tipos de objetos BACnet, incluyendo tendencias, horarios, calendarios y loops.
- Potente controlador local flexible para la mayoría de las aplicaciones más exigentes.
- Puedes expandir sus I/O de acuerdo a tus necesidades.
- Memoria flash no volátil proporciona máxima fiabilidad tanto para el programa de aplicación y el sistema operativo
- Display opcional / teclado proporciona fácil Interfaz del operador (montado por separado)
- , Almacenamiento local extendido de datos de registro
- Con la pantalla opcional puedes ver y modificar información del smart sensor
- Cuenta con puerto de servicio
- BTL Listado B-AAC Controller con las tendencias locales
- Cuenta con 8 entradas universales: Voltaje (0-10 VDC); Temperatura -30 ° F a 230 ° F (-34 ° C a 110 ° C), además de entradas digital (on / off).
- Cuenta con 8 relevadores de un polo un tiro de 3A, 24VAC/30VDC, $\pm 1500V$ transitorios



- **Sensor de Temperatura**

Se escogió el sensor inteligente TTS-SD de Andover Controls porque combina una pantalla programable y sensor de temperatura para habitaciones, ofreciéndoles a los usuarios una manera económica de ver la información en el controlador.

El Sensor Inteligente consta con el mismo elemento sensor activo, combinado con un teclado programable de 6 botones y la opción de una imagen LED de 2 dígitos o una imagen LED de 4 dígitos

Los dos modelos vienen en un atractivo gabinete plástico con buena ventilación

Infinity

Smart Sensor LED/LCD Display Temperature Sensors



17

Características del Sensor de Temperatura TTS-SD de Andover Controls

- Tipo Termistor Preciso y fiable
 - Cuenta con 2 segmentos LED o 4 segmentos de LED, LCD personalizados
 - 6 Botones programables Teclado
 - Built-In del puerto de servicio para Lap-Top Service Tool Andover
 - Se alimenta directamente desde Andover TCX 866 Controlador VAV Controls.
- **Sensor de Corriente H708**

¹⁷ Para ver las especificaciones técnicas y de instalación de este dispositivo ver Anexo 1



Uno de los dispositivos importantes en nuestro sistema es el sensor de corriente el cual tiene la función de identificar si alguno de nuestros equipos de aire acondicionado tuvo alguna pérdida de energía eléctrica, en nuestro caso se escogió el sensor de corriente de la marca Veris Industries Modelo H708 por ser uno de los sensores compatibles con nuestro modelo de controlador.

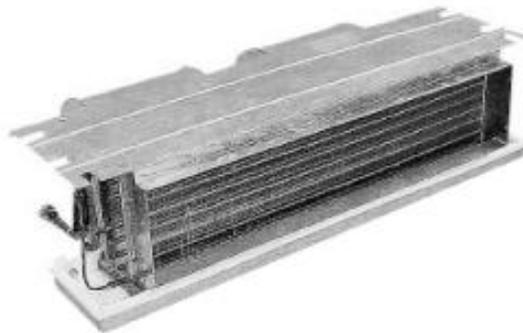


- Dispositivos de alto rendimiento en carcasas divididas y de núcleo sólido
- Punto de disparo ajustable, configuración punto de disparo de la corriente preciso
- Punto de disparo mínimo tan bajo como 0,5 (H608)...elimina la necesidad de múltiples vueltas del conductor a través del sensor incluso en cargas tan pequeñas como 1/5 HP
- LEDs de Estado disponibles para una fácil configuración e indicación local
- Salida de Estado de 1 Amp... mayor flexibilidad de aplicación
- Todos los dispositivos son 100% de estado sólido para una alta fiabilidad e insensible a la polaridad para una instalación sin problemas.
- **Aire Acondicionado (Fan & Coil) Modelo MCD518D**

¹⁸ Para ver las especificaciones técnicas y de instalación de este dispositivo ver Anexo 1



Para nuestro proyecto se escogió un fan & coil como sistema de Aire Acondicionado por ser un equipo más industrializado con mayor tiempo de duración al trabajar de forma diaria y continua, son equipos que están diseñados para este tipo de tareas. El equipo se escogió con asesoría del proveedor de aire acondicionado de acuerdo a las especificaciones obtenidas de los cálculos que se realizaron que en nuestro caso se requirió el modelo MCD518D que es el equipo de 1.5 TR (18000 BTU), de acuerdo a la tabla 4.2.1.



19

Como equipo condensador se escogió el equipo 2TTB0018 también de la marca Trane, este equipo condensador es el recomendado para el equipo evaporador que se escogió.

¹⁹ Para ver las especificaciones técnicas y de instalación de este dispositivo ver Anexo 1



Número Modelo	Capacidad de Enfriamiento (BTUH)	Flujo de Aire (CFM CMH)		Dimensiones Sin Empaque						Peso (lb. kg.)	
				Alto		Ancho		Prof.			
				pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm		
<i>Sin Empaque</i>											
MCD512D	12,000	300	510	10.0	254	37.4	950	18.9	480	44	20
MCD518D	18,000	450	764	10.0	254	37.4	950	18.9	480	44	20
MCD524D	24,000	600	1,019	10.0	254	37.4	950	20.5	520	53	24
MCD530D	30,000	750	1,274	10.0	254	43.3	1,100	20.5	520	57	26
MCD536D	36,000	900	1,529	10.0	254	49.2	1,250	20.5	520	64	29
<i>Con Plenum de Aire de Retorno y Porta-Filtros</i>											
MCD048D	48,000	1,600	2,718	16.1	408	43.6	1,107	29.9	759	107	48.5
MCD060D	60,000	2,000	3,398	16.6	421	49.2	1,250	29.9	759	120	54.5

20

Tabla 4.2.1 Tabla de Unidades Evaporadoras Estándar

Características del fan and coil

- Sus tres niveles proporcionan triple protección contra fugas de condensados. Su inclinación al 5% elimina la posibilidad de estancamiento del agua, lo cual propicia la contaminación.
- Su diseño compacto de solamente 10.0 pulgadas (254 mm) de altura para los modelos sin gabinete, permite a ILLUSION acoplarse a cualquier espacio en aplicaciones de techo ocultas.
- El motor de 3 velocidades (bajo, mediano, alto) ofrece mayor flexibilidad en el flujo de aire, así como variedad en las presiones estáticas externas
- Su transmisión directa, su CFM bajo con capacidad total de enfriamiento, proporcionan una operación muy silenciosa.
- Las unidades de series MCD han sido probadas en conformidad con las Normas ARI, habiéndose encontrado que proporcionan ahorros energéticos y capacidad total de enfriamiento a 300 CFM/ton.

²⁰ Referida al catalogo de productos Trane Ilusión, Acondicionador de Aire Oculto Modelo MCD series D

4.3.- Procedimientos

Como parte de la instalación de los equipos de aire acondicionado y control se diseño el siguiente

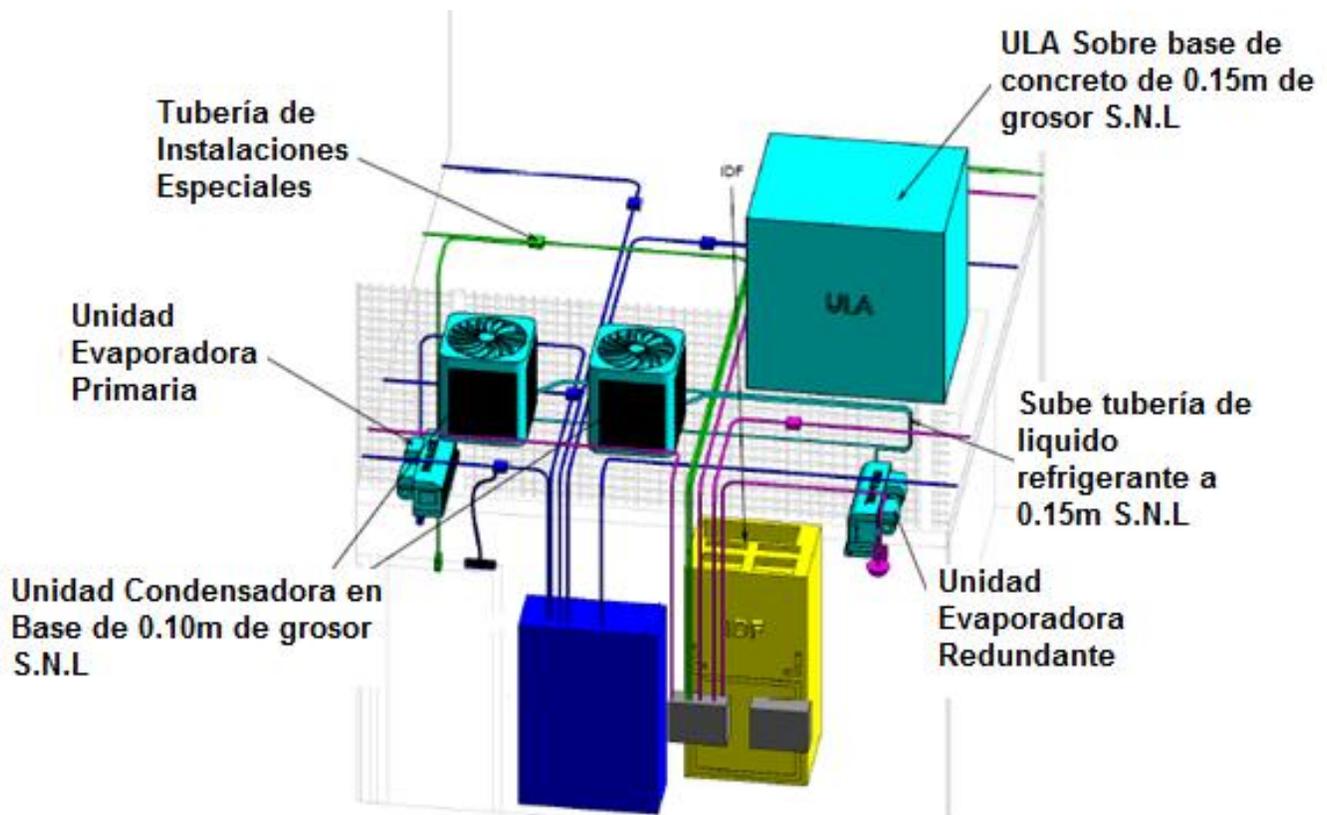
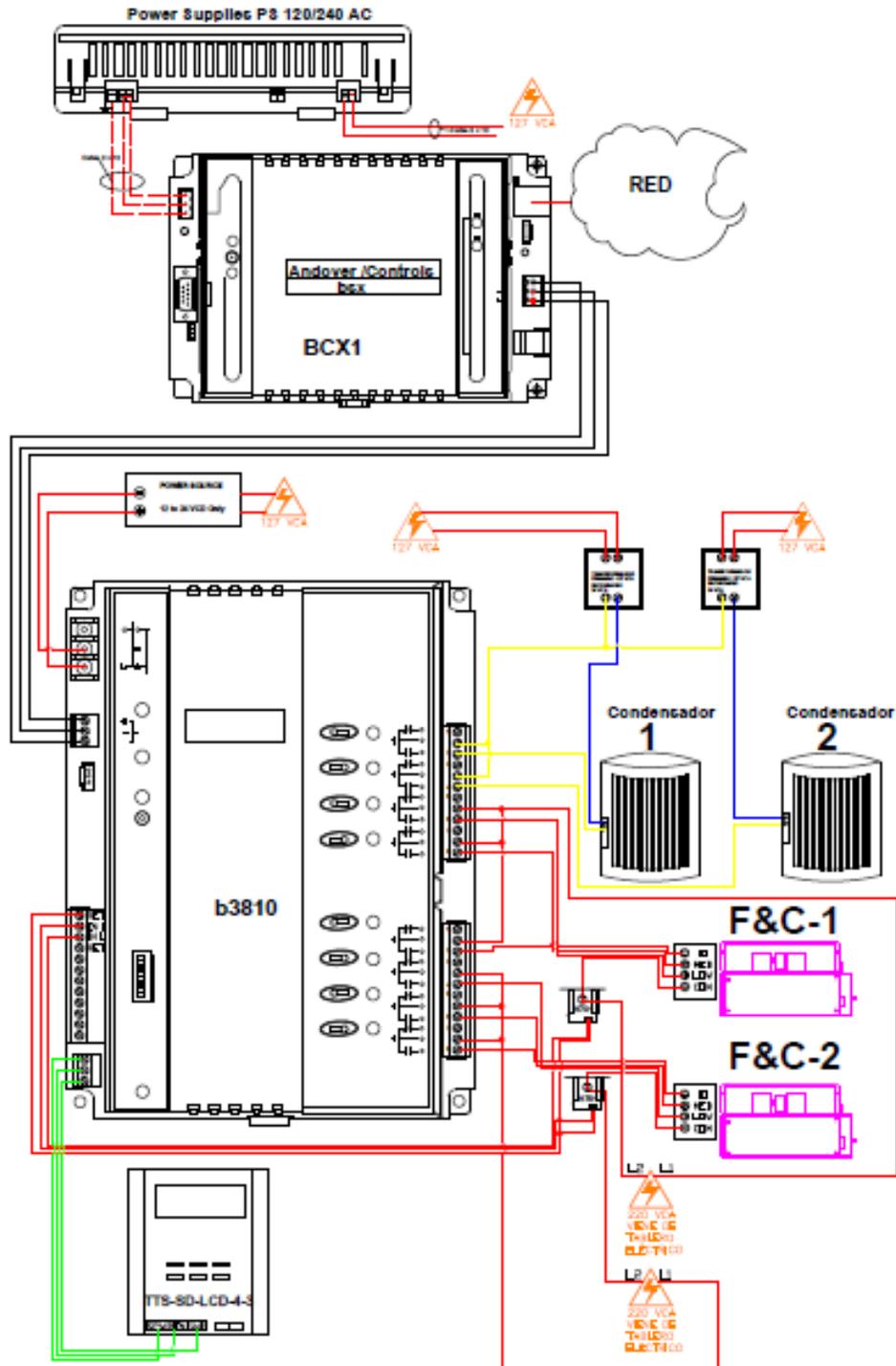


Fig. 4.3.1. Diagrama en 3D del sistema de la Instalación del Control de Temperatura en el cuarto de IDF

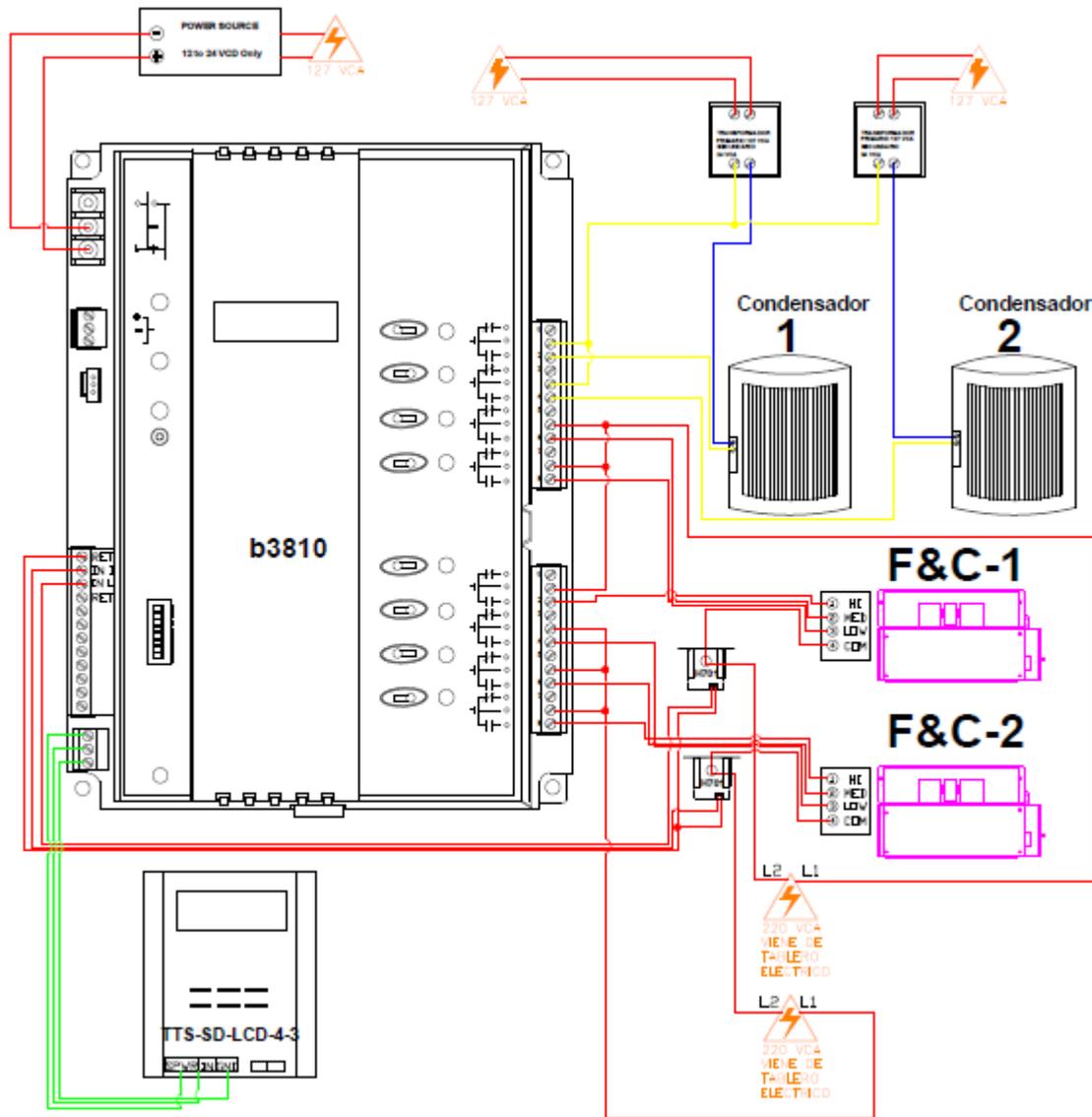
De acuerdo al diseño que se realizó se pudo observar como seria la distribución de equipos para que en el periodo de instalación se tuviera una idea clara por parte de la empresa instaladora.



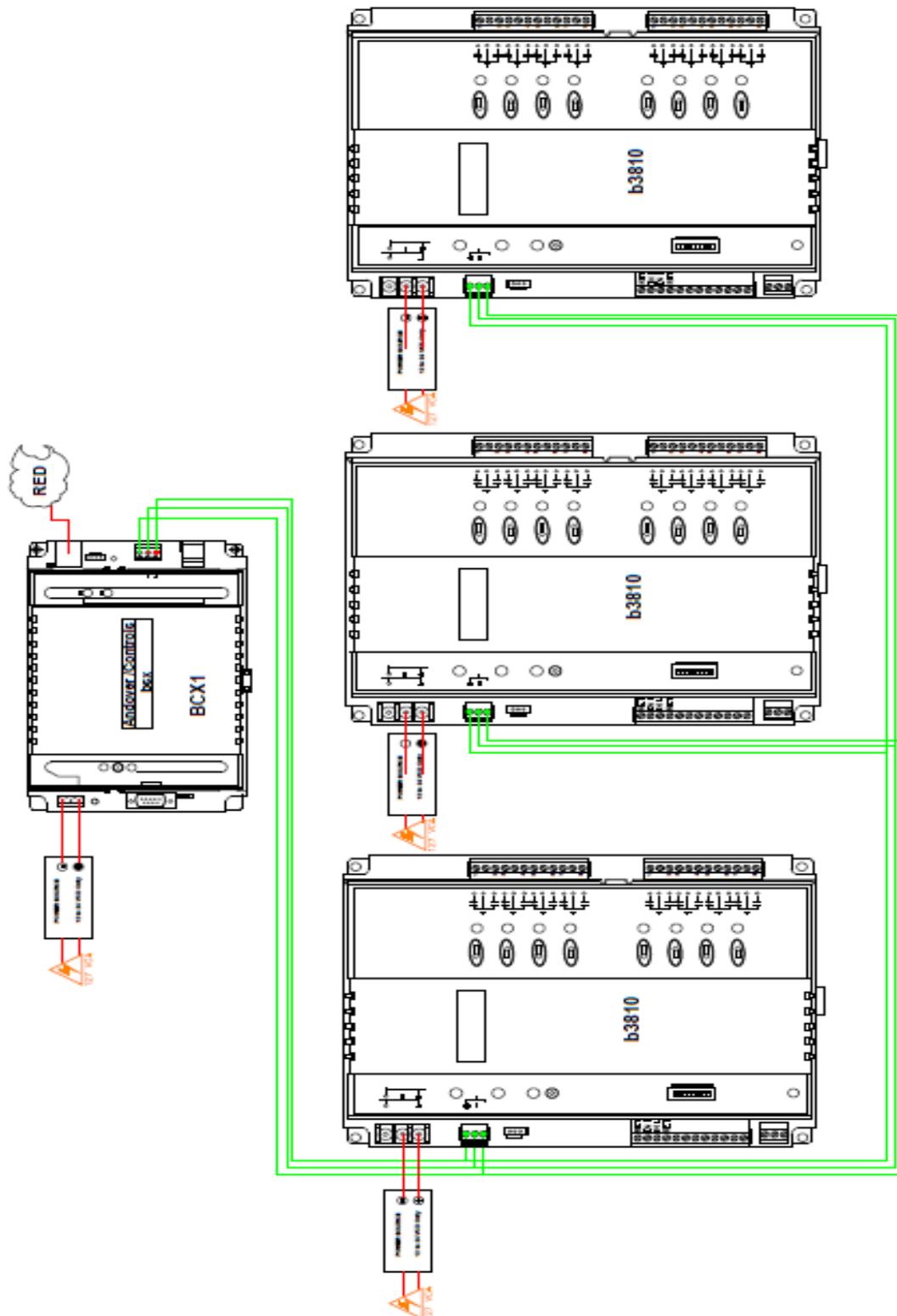
- DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA EN EL CUARTO DE IDF 1 (PRINCIPAL)



- DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL CONTROL DE LA TEMPERATURA EN EL CUARTO DE IDF 2 E IDF 3



- DIAGRAMA DEL BUS DE COMUNICACIONES DEL CONTROLADOR BCX1 CON LOS CONTROLADORES B3810 DE CADA IDF.



- Montado de fan and coil en cuarto de IDF



- Instalación y conexonado de equipos fan and coil terminado.



El equipo de aire acondicionado de cada IDF se interconectó al controlador B3810 para ser comandado desde la plataforma de gestión para mantenimiento, esto con la finalidad de proveer la temperatura adecuada al cuarto de IDF.

Cada cuarto de IDF cuenta con dos equipos de aire acondicionado (primario y redundante), al tener dispositivos electrónicamente sensibles es necesario contar con el equipo redundante listo en caso de que falle el equipo primario.

- Instalación de equipos condensadores



- Conexión del tablero de control



Durante el proceso de instalación los equipos fueron interconectados conforme a las recomendaciones de cada proveedor (Schneider-Elctric y Trane), el proceso de instalación recomendado lo podemos observar en los manuales de instalación de cada equipo que se encuentran en el apartado denominado **ANEXO 1**.

4.4 Modelo Final, Pruebas y Mantenimiento.

Una vez terminada la instalación de los equipos de aire acondicionado se realizó la interconexión con cada tablero de control de cada IDF, quedando de la siguiente manera.



Fig. 4.4.1. Tablero de control de temperatura de un cuarto de IDF



Administración del Sistema por medio de Interfaz Gráfica.

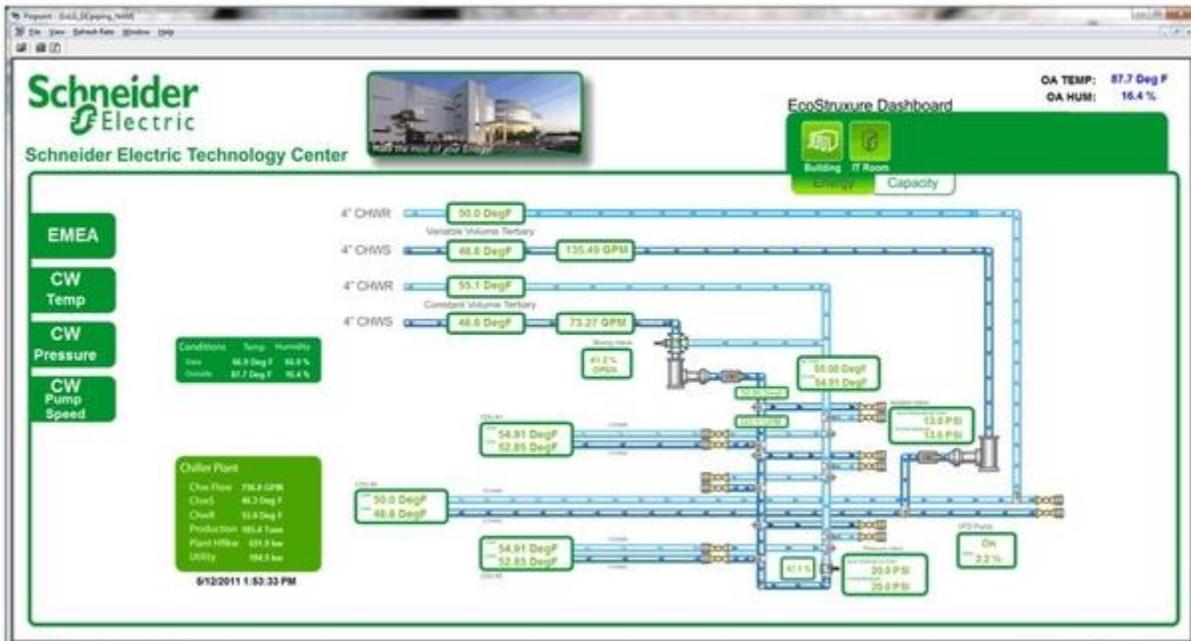
Una de las principales características de la automatización de los equipos de control en la temperatura en este proyecto es poder administrar el sistema de mediante una interfaz gráfica que proporcione un manejo fácil para el personal de mantenimiento.

Como parte del sistema de control se realizó la programación en la plataforma Andover Continuum, tomando las siguientes consideraciones para la programación de cada cuarto de IDF :

- De acuerdo a la necesidad de contar con un control de la temperatura altamente confiable se propone utilizar el modelo de Control Proporcional Integral Derivativo (PID), por su menor tiempo de respuesta en cuanto a la estabilización del sistema.
- En cada cuarto de IDF se tendrá funcionando un equipo a la vez, el segundo equipo se considera como redundante en caso de falla del equipo primario
- Cada semana se rotará el equipo primario para que el desgaste de los dos equipos sea parejo.
- El equipo de aire acondicionado no se apagará en ningún momento, en cuanto la temperatura este en el set point adecuado, el controlador hará que el equipo evaporador trabaje en la velocidad más baja para que no deje de circular el aire en el cuarto de IDF.



La plataforma utilizada cuenta con la posibilidad de visualizar gráficos con movimiento que le da una excelente presentación al sistema.



21

Fig. 4.4.2. Ejemplo de gráficos en la Plataforma Andover Continuum

La plataforma cuenta con una aplicación muy útil que consta de una ventana emergente que te indica si existe una alarma en alguno de tus dispositivos.

	Date/Time	Name	Value	To State	Priority	Type	Message	Event Notification	Alarm Enrollment
ACK	10/21/2004 ...	WS1ZC02_1.01	650	Return To Normal	0	Ando...	High CO2 ...	Critical W/S1	CO2_Hi.900
ACK	10/21/2004 ...	WS1ZC01_1.11	44.6	Return To Normal	0	Ando...	Extra High ...	Critical W/S1	HumExHi.50
ACK	10/21/2004 ...	WS1ZC01_1.11	44.6	Return To Normal	0	Ando...	High Humi...	General W/S1	HumHi.45
ACK	10/21/2004 ...	WS1ZP1.01	-0.01	Alarm	0	Ando...	Critical Pre...	Critical W/S1	PresExHi.Neg0.05
ACK	10/21/2004 ...	WS1ZT1.11	82.3	Alarm	0	Ando...	Extra High...	Critical W/S1	TempExHi.82
ACK	10/21/2004 ...	WS1Dures1.41	On	Alarm	0	Ando...	Duress AL...	Critical W/S1	Duress On.SecOffice

22

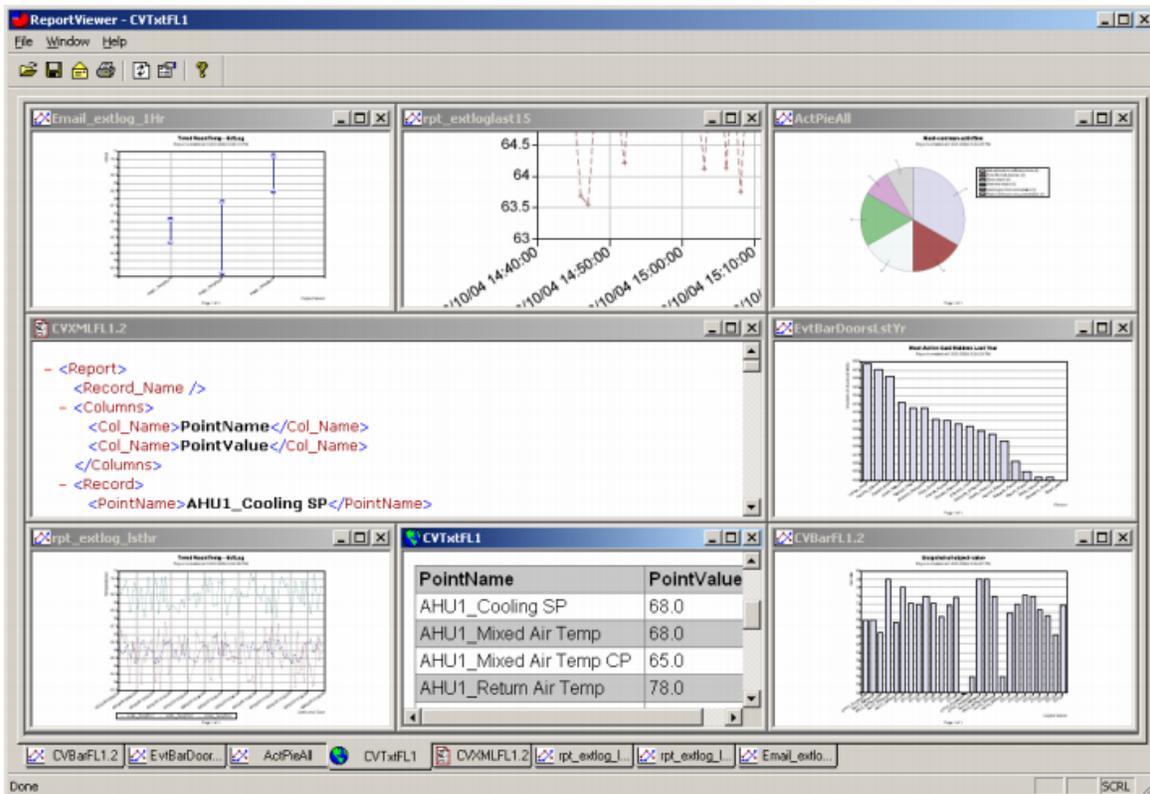
Fig. 4.4.3. Ejemplos de ventana emergente de alarmas

²¹ Referido a la pagina de APC [<http://www.apc.com/struxureware/us/en/products/476/>] Agosto del 2014

²² Referido al manual Andover Continuum CyberStation Configurator's Guide for Version 1.8



Una de las ventajas de la plataforma es que la aplicación puede otorgar gráficas y estadísticas que facilitarán el trabajo del administrador del sistema, además de que podrá observar el comportamiento de los equipos y podrá documentarlo con los distintos tipos de informes que puede obtener de la plataforma.



23

Fig. 4.4.4. Ejemplos de Tipos de Informes

²³ Referido al manual Andover Continuum CyberStation Configurator's Guide for Version 1.8



Verificación del Sistema de Control antes de la puesta en marcha. (Tablero de control, sensores, equipos de Aire Acondicionado e interconexiones)

Como parte de la pre-operación y para evitar posibles fallas o daños en los equipos se realiza la verificación de los siguientes puntos:

- ✓ Verificar visualmente que no existan daños físicos a ningún equipo
- ✓ Inspección visual de los tableros de control, revisando que no exista polvo, rebabas metálicas o cualquier material ajeno a la instalación que pueda causar algún corto circuito.
- ✓ Verificar el apriete de la tornillería en el tablero de control, revisando que no existan cables zafados o que no estén apretados correctamente.
- ✓ Verificar que los sensores de temperatura y donas de corriente estén correctamente conectados de acuerdo al diagrama de instalación que proporciona el fabricante.
- ✓ Verificar que los equipos de aire acondicionado tengan los niveles de gas refrigerante correctos.
- ✓ Verificar que no existan fugas de gas refrigerante.
- ✓ Revisar que las tuberías que desaguan el dren del equipo evaporador no tengan fugas
- ✓ Verificar las conexiones eléctricas y voltajes correctos que alimentan el tablero de control, así como la alimentación eléctrica de los equipos evaporadores y condensadores.



Puesta en Marcha

Una vez que se ha concluido con las verificaciones pertinentes se realiza la puesta en marcha de forma manual del sistema, esto con la finalidad de verificar que los equipos operen correctamente antes de que se aplique el control automático y no dañar un equipo que tenga algún mal funcionamiento.

- Los relevadores de control de nuestro controlador de aplicación (B3810) deben de estar en la posición OFF.
- Encendemos el interruptor general de nuestro cuarto de IDF.
- Encendemos el Interruptor principal de nuestro tablero de control
- Encendemos el interruptor principal de cada uno de los equipos de aire acondicionado.
- Manualmente encendemos el primer equipo evaporador desde su relevador con la velocidad baja, dejando que trabaje por un breve periodo para después cambiar de velocidad y corroborar que las tres velocidades (baja, media y alta) operen correctamente.
- Una vez que se probaron las tres velocidades de cada equipo evaporador procedemos a verificar el funcionamiento del equipo compresor.
- El equipo evaporador deberá estar operando en la velocidad más baja, encendemos el relevador para que el equipo compresor arranque, permitimos que el compresor opere por varios minutos sin apagarlo y comprobamos que enfría correctamente.

Después de que se verifica que los equipos funcionan correctamente de forma manual, procedemos a poner todos los relevadores del controlador de aplicación (B3810) en automático para aplicar el siguiente protocolo de pruebas.



Protocolo de Pruebas para el Sistema de Control de Temperatura de un Cuarto de IDF (Modo Automático).

Una de las actividades más importantes cuando se pone en marcha el sistema es verificar que cumpla con las necesidades para las cuales se realizó el diseño, por lo que se aplicó el siguiente protocolo de pruebas que tiene por objetivo verificar que el sistema funcione de manera correcta.

Parámetros de verificación	Descripción	Cumple (SI/NO)	Observaciones
Monitoreo en tiempo real de la temperatura	Se visualizara en la plataforma de administración del sistema la temperatura del cuarto de IDF en tiempo real, así como en el display del sensor de temperatura que se encontrará en el cuarto de IDF.	SI	NINGUNA
Setpoint modificable por el usuario	El setpoint se podrá modificar por el operador del sistema desde la plataforma.	SI	NINGUNA
Alarma de baja temperatura	La plataforma deberá emerger la pantalla de alarmas automáticamente indicando que se tiene una temperatura más baja del rango que se le proporcione.	SI	NINGUNA
Alarma de alta temperatura	La plataforma deberá emerger la pantalla de alarmas automáticamente indicando que se tiene una temperatura más alta del rango que se le proporcione.	SI	NINGUNA
Cambio de velocidades en equipo evaporador	El equipo evaporador deberá cambiar de velocidades de acuerdo al aumento o disminución de la temperatura automáticamente, sin apagarse.	SI	NINGUNA



Arranque y paro de equipo condensador	El equipo condensador deberá cambiar de arrancar o parar de acuerdo al aumento o disminución de la temperatura automáticamente.	SI	NINGUNA
Alarma de fan & coil apagado	La plataforma deberá emerger la pantalla de alarmas automáticamente indicando que alguno o los dos fan & coil están apagados	SI	NINGUNA
Rotación de equipo primario automáticamente	La plataforma deberá rotar el equipo que funge como primario o líder periódicamente o al instante si es requerido por el operador	SI	NINGUNA
Alarma de override	La plataforma deberá emerger la pantalla de alarmas automáticamente indicando que el controlador de aplicación (B3810) tiene algún o algunos relevadores en estado manual.	SI	NINGUNA
Alarma de gabinete abierto	La plataforma deberá emerger la pantalla de alarmas automáticamente indicando que el gabinete está abierto	SI	NINGUNA
Baterías de respaldo	Cada gabinete de control deberá contar con su alimentación de respaldo de emergencia.	SI	NINGUNA
Alarma de ausencia de voltaje en los controladores	La plataforma deberá emerger la pantalla de alarmas automáticamente indicando que no cuenta con alimentación eléctrica por lo que operara con sus propias baterías de respaldo	SI	NINGUNA

El protocolo de pruebas se realizó satisfactoriamente en los tres cuartos de IDF del edificio, los equipos de aire acondicionado respondieron perfectamente al control programado en la plataforma de gestión gráfica.

Propuesta de Mantenimiento



El mantenimiento de los equipos que constituyen el sistema de control de la temperatura debe realizarse conforme a las fechas estipuladas en un plan de mantenimiento con la finalidad de prevenir fallas, así como para aumentar la vida útil de los equipos, se propone que se realice un mantenimiento preventivo mensual y que se realice un mantenimiento profundo de 2 a 3 veces al año.

Como primer acción se debe contar con los números de serie de todos los dispositivos, así como tener las fechas de término de la garantía con el proveedor, esto con la finalidad de que si se requiere mandar a garantía un dispositivo se realice de manera más rápida.

Rutina de Mantenimiento Periódico (Mensual)

La rutina de mantenimiento periódico mensual propuesta consta de dos partes, el mantenimiento a los dispositivos de control y el mantenimiento a los equipos de aire acondicionado, quedando de la siguiente manera:

- Mantenimiento periódico al sistema de control
 1. Remover el polvo de los dispositivos alojados en el tablero de control con Aire Comprimido.
 2. Verificación de fusibles de alimentación eléctrica principal y baterías de respaldo.
 3. Limpiar con un líquido dieléctrico las superficies (carcasas) de los controladores alojados en el tablero de control, así como el gabinete completo por fuera y por dentro.
 4. Limpiar la superficie de los sensores (sensor de temperatura y dona de corriente) con liquido dieléctrico.



- Mantenimiento periódico al sistema de aire acondicionado
 1. Verificar que los filtros estén en buenas condiciones, limpiarlos o cambiarlos de ser necesario.
 2. Verificación de fusibles de alimentación eléctrica.
 3. Verificar que no exista condensación en el equipo evaporador.
 4. Verificar que no exista oxido en la tornillería y en el relevador de control del equipo condensador.
 5. Remover basura y polvo del equipo evaporador y condensador.

Rutina de Mantenimiento Profundo (Dos a tres veces al año)

La rutina de mantenimiento profundo propuesta también está dividida en dos partes, el mantenimiento a los dispositivos de control y el mantenimiento a los equipos de aire acondicionado, quedando de la siguiente manera:

- Mantenimiento profundo al sistema de control
 1. Apriete de tornillería a los dispositivos del tablero de control y sensores.
 2. Verificar el buen funcionamiento de las baterías de respaldo.
 3. Remover polvo de los sensores (sensor de temperatura y dona de corriente) con aire comprimido.
 4. Verificar conexiones y que el cableado de control este en buen estado.
 5. Verificación de voltajes de entrada y salida en la fuente que alimenta los dispositivos de control.



- Mantenimiento profundo al sistema de aire acondicionado
 1. Inspeccionar y limpiar de ser requerido el serpentín interior del equipo evaporador
 2. Verificar que la charola de desagüe del serpentín no tenga fugas, además de revisar que tampoco existan fugas en la tubería de desagüe.
 3. Revisar que las conexiones y cableado eléctrico se encuentren en buenas condiciones.
 4. Revisión de voltajes de alimentación a equipo evaporador y condensador.
 5. Verificar los niveles de gas refrigerante, de no haber bajado de nivel se tendrá que realizar la búsqueda de la fuga y repararla.
 6. Revisión de los motores tanto del condensador como del equipo evaporador.
 7. Apriete de tornillería al relevador de control del equipo condensador.
 8. Verificar que la bobina del relevador de control y el transformador de control se encuentren en buen estado.



CONCLUSIONES

Hemos visto que los dispositivos electrónicos sensibles como lo es un switch de comunicaciones o una tarjeta controladora de acceso deben de contar con la temperatura adecuada para su correcta operación, el sistema de control diseñado para este proyecto tuvo como objetivo principal proporcionar la temperatura correcta a los equipos que se encuentran operando dentro del cuarto de IDF, con la finalidad de mantener una operación constante y sin problemas para los usuarios a los que se les presta el servicio de Oficinas.

Los equipos de control proporcionarán ininterrumpidamente una temperatura de confort a los equipos del cuarto de IDF, ayudando a aumentar el tiempo de vida útil de estos dispositivos, esto repercute en una reducción de costos tanto en el mantenimiento como en la sustitución de equipos a futuro, ya que al no haber sobrecalentamiento en los equipos electrónicos del cuarto de IDF, habrá menos equipos que tengan que ser sustituidos a corto plazo o que se les tenga que dar un mantenimiento correctivo.

Esta tesis demuestra con este proyecto que si se tiene un correcto diseño del control de la temperatura para equipos de telecomunicaciones se pueden lograr tres beneficios muy importantes que son:

- 1.-Satisfacción a los usuarios que ocupan los diferentes servicios que puede proporcionar un edificio inteligente.
- 2.-Reducción de costos de operación, mantenimiento y sustitución de equipos a futuro.
- 3.-Una administración del sistema de control de la temperatura fácil y confiable para el personal de mantenimiento.



Para finalizar me queda muy claro que la tecnología avanza a paso constante y que así como este sistema de control de temperatura proporciona grandes beneficios y cuenta con tecnología avanzada, no quiere decir que sea inmejorable, ya que cada día se va revolucionando con la mejora de equipos o mejora de software e implementación de nuevas plataformas de integración de dispositivos, el control y automatización industrial o residencial está creciendo día con día, es por eso la vital importancia de que el profesional de ingeniería se mantenga en constante actualización para seguir siendo competitivo dentro de la industria.



GLOSARIO

1.-BMS: Es un Sistema de Gestión de Edificios, (Building Management System). Basado en un software y Hardware de supervisión y control instalado en edificios. Bajo este concepto se define la automatización integral de inmuebles con alta tecnología.

2.-CA: Corriente Alterna

3.-CD: Corriente Directa

4.- Compresor: Son maquinas que tienen por finalidad aportar energía a los fluidos compresibles (gases y vapores) sobre los que operan, para hacerlos fluir aumentando al mismo tiempo su presión.

5.- Condensador: Es un intercambiador de calor, su función es lograr el cambio de fase (gas a liquido) de un fluido.

6.- Data Center: Es un Centro de Procesamiento de datos, era conocido como Main Distribution Frame (MDF), que es el cuarto de instalaciones de distribución principal.

7.-Evaporador: Se conoce por evaporador al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo.

8.-FAN & COIL: Es un sistema de acondicionamiento y climatización de tipo mixto; resulta ventajoso en edificios donde es preciso economizar el máximo de espacio.

9.-IDF: Instalación de Distribución Intermedia

10.-Planta: Es el elemento físico que se desea controlar. La planta puede ser un motor, un horno, un sistema de navegación etc.



11.-SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos, (Supervisory Control and Data Acquisition), es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente.

12.-Setpoint o Referencia: Es el valor deseado de la variable controlada

13.-Señal de salida: Es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, Temperatura.) También se le llama variable controlada.

14.-Sistema: Es la combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado.

15.-Timer: Un temporizador o minuterero es un dispositivo, con frecuencia programable, que permite medir el tiempo

16.-Variable controlada: Es la cantidad o condición que se mide y controla, por lo común la variable controlada es la salida del sistema. Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir la desviación.

17.-Variable manipulada: Es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.

18.-Wireless: Inalámbrico o sin cables, es un término usado para describir las telecomunicaciones en las cuales las ondas electromagnéticas (en vez de cables) llevan la señal sobre parte o toda la trayectoria de la comunicación.



BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Air Conditioning Manual TRANE, THE TRANE COMPANY 1965
- 2.- Catalogo de productos de control, aire acondicionado y refrigeración Johnson Controls.
- 3.- Catalogo de productos Trane Ilusión, Acondicionador de Aire Oculto Modelo MCD series D.
- 4.- Catalogo de productos SDS-C-WIRELESSINFINET por Schneider Electric.
- 5.- Compañía Honeywell, S.A. de C. V., México, D.F.
- 6.- Intelligent Building Institute (IBI), Washington, D.C., E.U.
- 7.- Katsuhiko Ogata. (1998). Ingeniería de Control Moderna. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- 8.- Kenneth Wark Jr. (2001). Termodinámica. España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.
- 9.- Manual Andover Continuum CyberStation Configurator's Guide for Version 1.8
- 10.-MOPIN, Poblet; "Electrónica y Automática", México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- 11.- Muhammad H. Rashid. (1995). Electrónica de Potencia, Circuitos Dispositivos y Aplicaciones. México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- 12.- Timothy J. Maloney. (1983). Electrónica Industrial. Estado de México: Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.
- 13.- Richard C. Dorf. (1989). Sistemas Modernos de Control. Wilmington, Delaware, E.U.A: Adisson-Wesley Iberoamericana, S.A.



PAGINAS WEB

1.- Sensores de Temperatura (Junio 2014).

http://serverdie.alc.upv.es/asignaturas/LSED/200304/0.Sens_Temp/ARCHIVOS/SensoresTemperatura.pdf.

2.- Relevadores (Junio 2014).

<http://www.uv.es/marinjl/electro/reles.html>

3.- Relevadores electromagnéticos (Junio 2014).

<http://erandi.itgo.com/relevador/rele.html>

4.- Automatización (Junio 2014).

<http://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>

5.- Edificio Inteligente (Junio 2014).

<http://ecoopcion.wordpress.com/tag/dubai/>

6.- Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (Julio 2014).

<http://www.imei.org.mx/>

7.- World Trade Center México. (Julio 2014)

<http://www.wtcmexico.mx/>

8.-Control de Edificios (Julio 2014).

<http://www.schneider-electric.com/products/ar/ls/1200-sistemas-de-control-de-edificios/1210-sistemas-de-control-de-edificios-bms/6823-andover-continuum/>

9.- Aire Acondicionado (Junio 2014).

http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia_aire_acondicionado.html



10.- Control de Temperatura (Julio 2014).

<http://www.carrier.es/news/history.html>

11.- Servicio Meteorológico Nacional, México. (Junio 2014).

<http://smn.cna.gob.mx/>

12.- Manual de Procedimiento de Calculo Aire Acondicionado VentDepot.com (Julio 2014).

<http://www.ventdepot.net/mexico/procedimientoscalculo/Procedimiento%20de%20Calculo%20Aire%20Acondicionado%20VentDepot.pdf>.

13.- APC (Agosto 2014).

<http://www.apc.com/struxureware/us/en/products/476/>



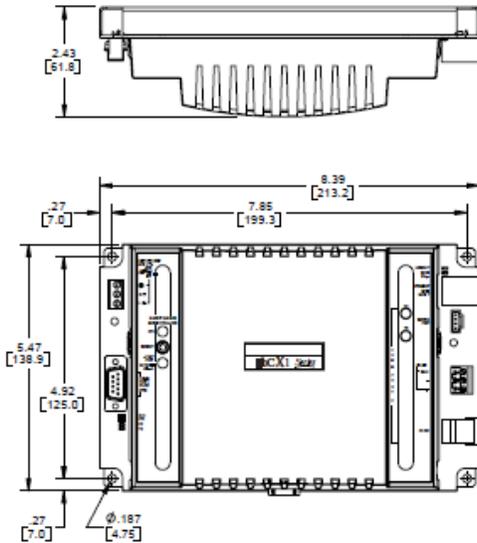
ANEXO 1

MANUALES DE ESPECIFICACIONES E INSTALACIÓN DE EQUIPOS



1. MANUAL DE INSTALACIÓN BCX-1 SERIES. CONTROLADOR DE RED ETHERNET

Mechanical



Schneider Electric
BCX1 Series Installation
 30-3001-886 Rev D

Wiring Rules

This controller is intended for installation within the enclosure of another product.

- For reliable input operation, follow these input wiring guidelines:
- Never lay wires across the surface of a printed circuit board.
 - Wires should never be within 1 in. or 25 mm of any component on a printed circuit board.

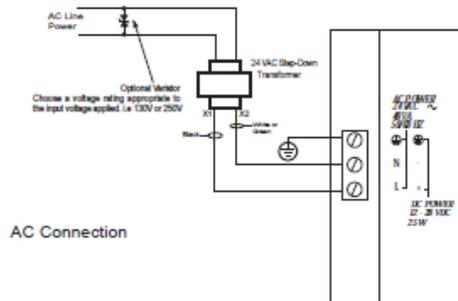
Grounding the Controller

To insure proper operation of the controller, it is imperative that it be connected to a good Earth ground. It is important that this connection be made as close to the module as possible.

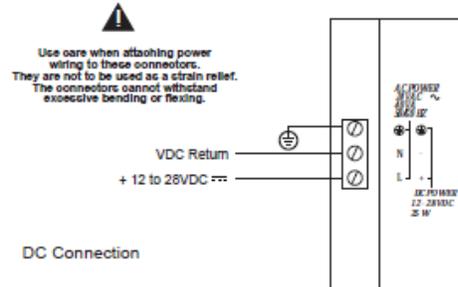
Configuration

1. Disable DHCP, set the IP Address of your PC to 169.254.1.2
2. Connect a crossover cable from the Ethernet port to your PC
3. Run Web Browser, go to url: <http://169.254.1.1>
4. Logon using default Schneider Electric username and password
5. Enter parameters on Web screen
6. After entering parameters, click the Commit Changes/Restart Controller button on the web screen.

DC Power & Battery Backup Connection

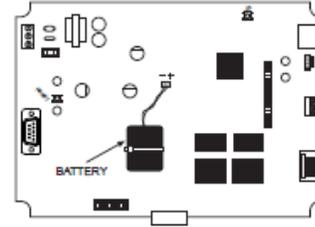


AC Connection



DC Connection

Battery Connection



BATTERY ENABLE

During shipment, the internal battery pack has been disconnected to prevent it from draining prior to installation. To activate the battery, remove the top of the plastic case to access the board, then plug the battery connector into the receptacle shown above.

BATTERY DISPOSAL/REPLACEMENT

Unit must be powered-down before replacing battery

Overcharging, short circuiting, reverse charging, mutilation or incineration of the cells must be avoided to prevent one or more of the following occurrences: release of toxic materials, release of hydrogen and/or oxygen gas, rise in surface temperature.

If a cell has leaked or vented, it should be replaced immediately using protective gloves.

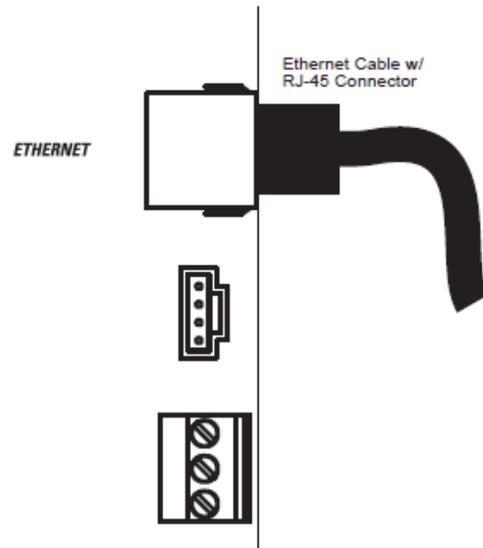
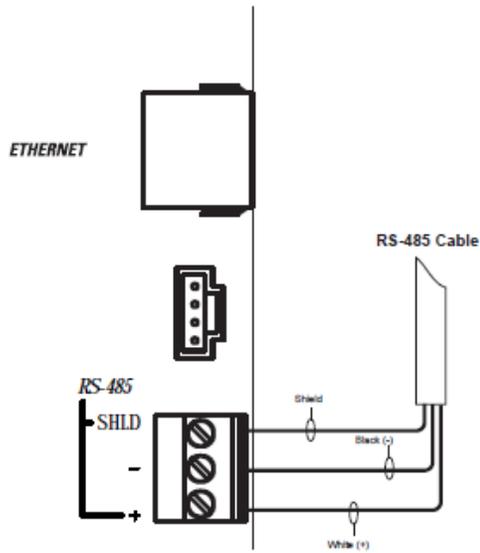
Replace with Schneider Electric Battery Part Number: BCX1-BAT-KIT. A fully discharged battery requires 33 hours to fully charge.

BATTERY VENTILATION

The cabinet in which the controller is mounted must provide adequate ventilation to allow for escape of any accumulation of any released gasses under normal conditions.



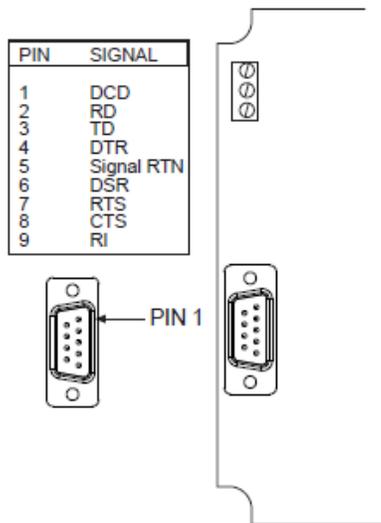
Field Bus Connection **ETHERNET Connection**



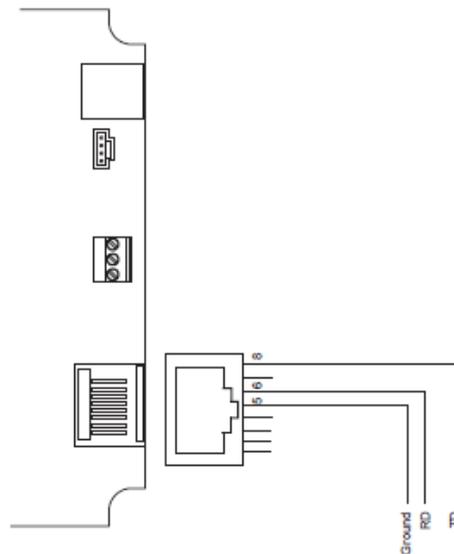
© 2010 Schneider Electric All Rights Reserved.
Schneider Electric - One High Street - North Andover MA USA 01845

RS232 COMM Connections

COMM 1
RS-232 Connector



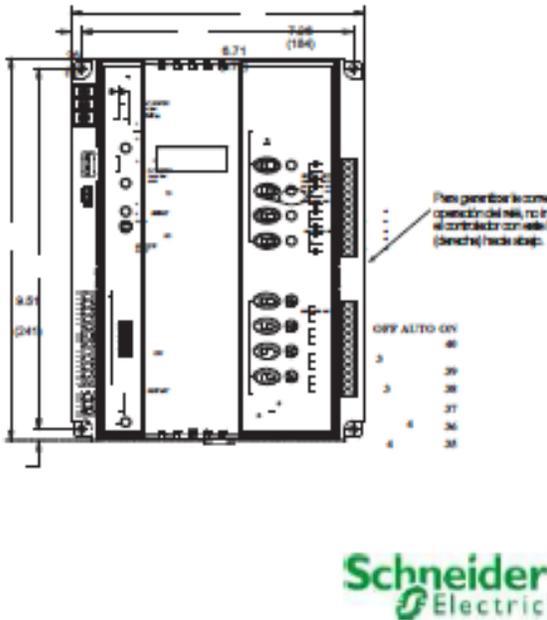
COMM 2
RS-232 Connector





2. MANUAL DE INSTALACIÓN B3810 SERIES. CONTROLADOR DE APLICACIÓN

Mecánico



Reglas de Cableado

Estos módulos están destinados a ser instalados dentro de la caja de otro producto.

Ni remotamente ponga a tierra cualquier parte del cableado del sensor de entrada.

Las tierras remotas conectadas a la terminal de retorno podría hacer que el sistema funcione incorrectamente o dañar el equipo.

El retorno de la señal no es una tierra verdadera. Se trata de un punto de referencia electrónica necesario para interpretar el sensor adecuadamente.

Para una operación de entrada fiable, siga estas pautas de cableado de entrada:

- Nunca coloque cables a través de la superficie de una placa de Circuito impreso.
- Los Alambres nunca deben estar dentro de 1 pulgada o 25 mm De cualquier componente sobre el tablero de circuito impreso.

- Utilice un cable de entrada blindado.
- Termine el blindaje de los cables de entrada en un extremo de sólo tierra (preferiblemente en el Extremo Donde se encuentra el módulo ES).
- Tenga cuidado al pelar cable de no dejar caer pequeños trozos de alambre en el Interior del gabinete.
- No haga funcionar el cableado de entrada en el mismo conducto, con alimentación De CA.
- No haga funcionar el cableado de entrada en el mismo conducto con el cableado De tierra.

Conexión a tierra del controlador

Para asegurar el correcto funcionamiento del controlador, es imperativo que se pueda conectar a una buena tierra. Es importante que esta conexión se haga tan cerca como sea posible del módulo.

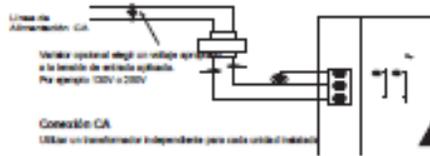
Precaución: la conexión a () tierra debe estar conectada para evitar daños en el módulo.

Instalación Serie 810

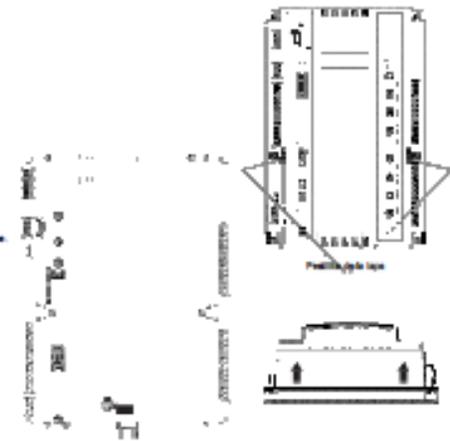
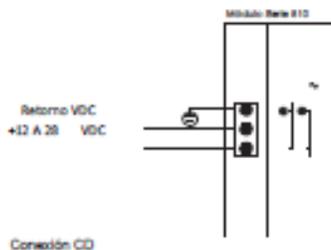


30-3021-48 Rev 0

Conexión de Energía y Batería de Respaldo



Tenga cuidado al conectar los cables de Alimentación a estas conexiones. No están Para usarse como un alfiler de banco. Los conectores no pueden aceptar cables de tierra o baterías.

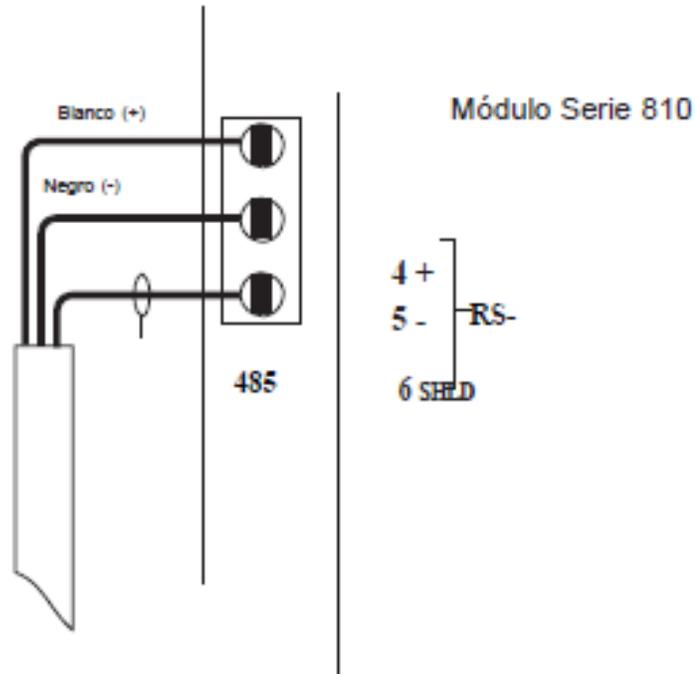


INFORMACIÓN PARA ACTIVAR LA BATERÍA

Durante el envío, una lengüeta de plástico aislante se inserta debajo de la pestaña de la batería para evitar que se agote antes de la instalación. Para activar la batería, esta pestaña debe ser eliminada. Quite la cubierta para acceder al tablero.

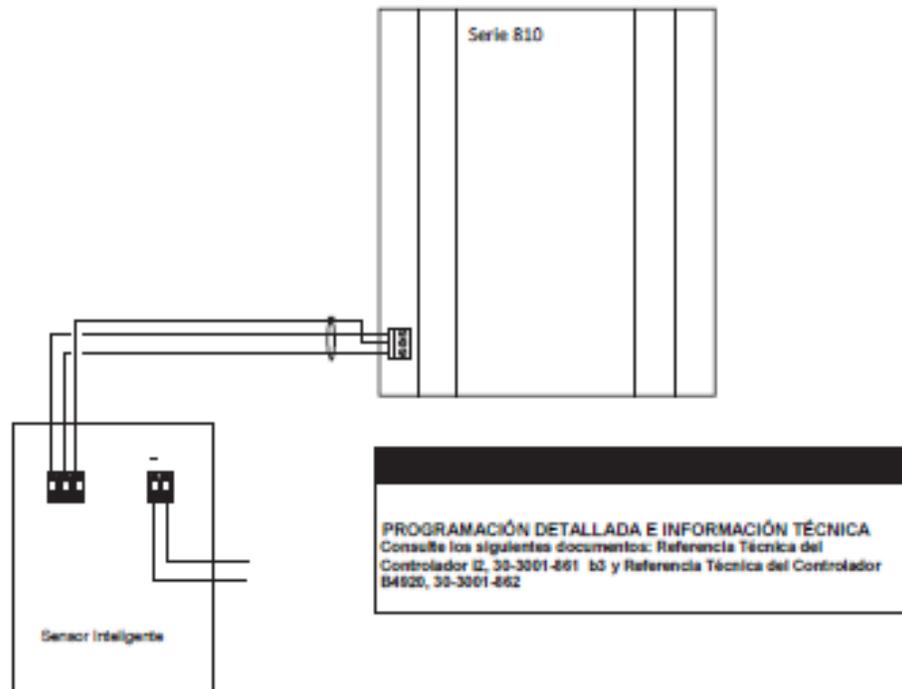


Conexión RS-485



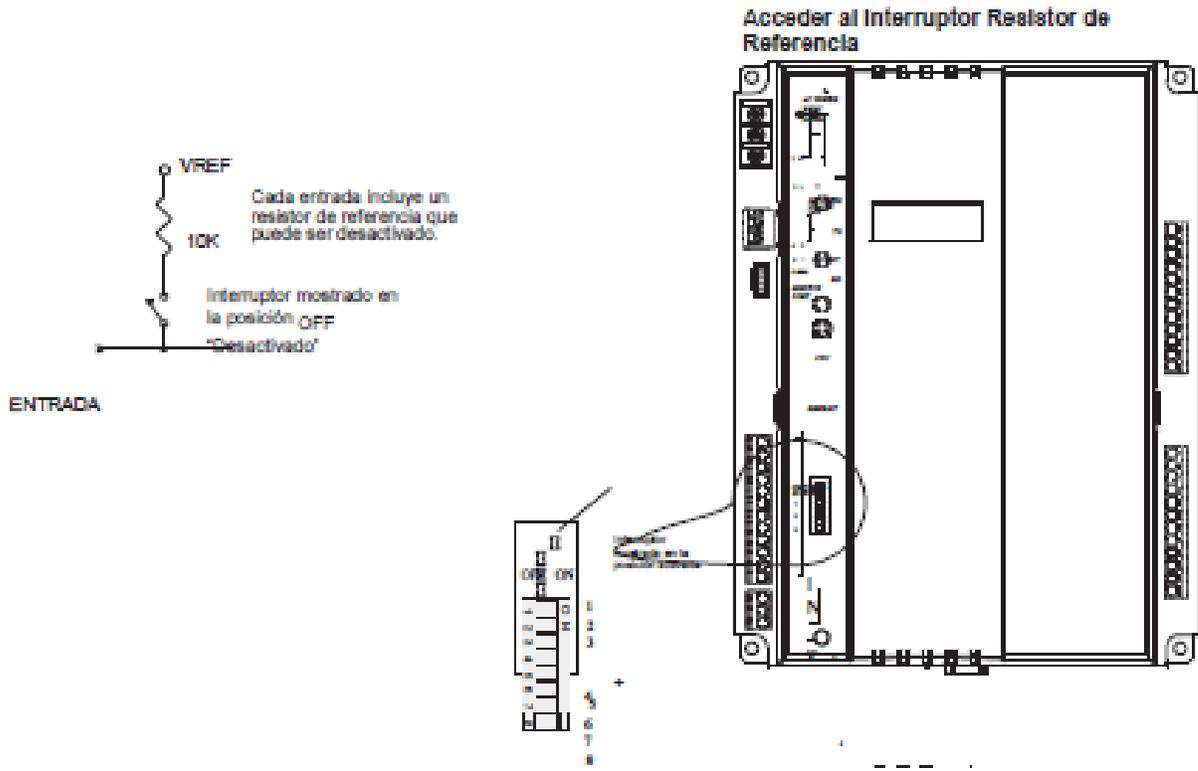
8.96.29(2018)

Interfaz Bus Sensor Inteligente (IN9 & SPWR)





Entradas



Salidas

Salida Relé Digital



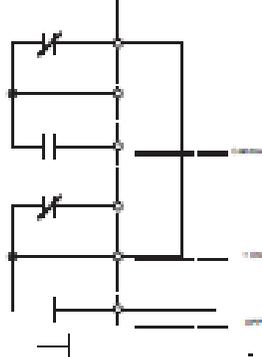
Range de Salida: 24 VCA @ 3 A
30 VCD @ 3 A

Salida Control Neutralizador



- ON** El relé de salida se energiza a un estado "ON" manualmente colocando el interruptor en ON. Los programas no tienen ningún efecto sobre la salida cuando el interruptor está en esta posición.
- AUTO** La acción del relé de salida se determina como un resultado directo de control del programa.
- OFF** El relé de salida está desconectado de energía a un estado manual de "OFF" colocando el interruptor en OFF. Los programas no tienen ningún efecto sobre la salida cuando el interruptor está en esta posición.

Tri-estado de 2 Salidas de Relé



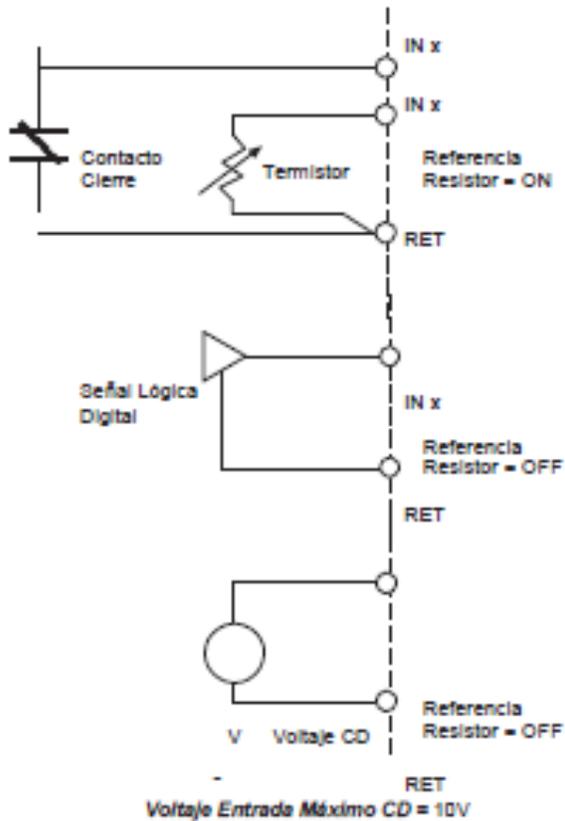
Aunque el controlador contiene ocho relés independientes forma C, los pares adyacentes de éstos se pueden combinar en cualquier momento para formar salidas tri-estado estándar.

814 Posibilidades Tri-Estado 810 posibilidades Tri-Estado

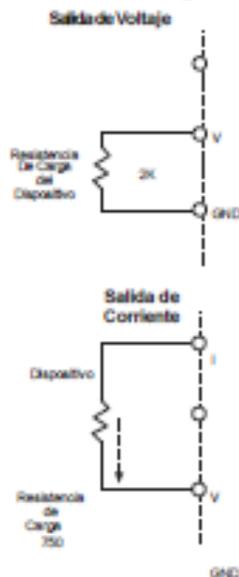
OUT1 y OUT2
OUT2 y OUT3
OUT3 y OUT4
OUT4 y OUT5
OUT5 y OUT6

OUT6 y OUT7
OUT7 y OUT8

Corriente Salida: 0 - 20 mA



Salida Analógica (814 solamente)



Voltaje Salida: 0 - 10VDC

Neutralizador de Salida Analógica



OFF
La salida se pone a cero voltios, a cero mA. Los Programas y los ajustes del potenciómetro no tienen efecto sobre el dispositivo de salida cuando el interruptor está en esta posición.

AUTO
La señal analógica se genera como resultado directo de control del programa. El ajuste en el potenciómetro no tiene ningún efecto sobre el dispositivo de salida cuando el interruptor está en esta posición.

MANUAL
La señal analógica generada por el módulo se controla manualmente mediante el ajuste del potenciómetro. Los programas tienen ningún efecto sobre la salida cuando el interruptor está en esta posición.

Esta es una variable de control que le permite ajustar manualmente la salida de la señal Analógica cuando el interruptor neutralizador está en la posición **MANUAL**. Inserte la punta de un pequeño destornillador para usar este control. Gire a la derecha (sentido manecillas del reloj) para aumentar la salida. Gire a la izquierda (contra sentido manecillas del reloj) para disminuir la salida.

© 2010 Schneider Electric Todos los derechos Reservados.

Schneider Electric - One High Street - North Andover MA USA 01845



3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR INTELIGENTE TTS-SD DE ANDOVER CONTROLS

Andover Controls

Infinity

Smart Sensor LED/LCD Display Temperature Sensors

Andover Controls Smart Sensor combines an attractive display with a room temperature sensor to provide users with a cost effective way to view or modify VAV box operation. It is designed for use with the Andover Controls TCX 866 VAV controller and can also accomplish many local control and monitoring tasks.

The standard Smart Sensor provides a two character LED display and a 6 button programmable keypad that enables operators and occupants to change setpoints, monitor occupancy status and turn equipment on and off. An enhanced version of the Smart Sensor is also available with a 4-digit custom LCD that provides the following icons: PM, %, °, Setpoint, Cool, Heat, CFM, Fan, OA, and SP.

The function keys can be custom programmed to perform a wide variety of functions, including switching a specific zone to occupied mode, signaling an alarm condition, adjusting the amount of override time, arming or disarming a security system, and enforcing password security. Programming the display and function keys is done with Andover Controls' *Plain English*™ programming language.

The Smart Sensor comes in a well-ventilated plastic enclosure. The active sensing element is a highly stable, precision thermistor, accurate to within $\pm 0.36^\circ\text{F}$. The sensor has an operating range of 32°F to 105°F (0°C to 40°C). Both versions of the Smart Sensor provide a connection for the Andover Controls *Infinity* Lap-Top Service Tool.



FEATURES

- Accurate, Reliable Type III Thermistor
- Two 7-Segment LED Display or Four Digit Custom LCD Display
- 6-Button Programmable Keypad
- Built-In Service Port for Andover Lap-Top Service Tool
- Powered Directly from Andover Controls' TCX 866 VAV Controller



SPECIFICATIONS

Sensing Element:	Type III Thermistor, 10,000 ohms @ 77°F (25°C)
Range:	32°F to 105°F (0°C to 40°C)
Accuracy:	Thermistor ± 0.36°F (± 0.2°C)
Stability:	Thermistor will not deviate from accuracy spec for minimum of 5 years
Wire Specifications:	18, 20, 22 or 24 gauge, 3 conductor, unshielded wire An additional single pair twisted shielded is required for Lap-Top Service Tool connection
Maximum Distance to Sensor:	18 gauge wire: 1,200 ft. with less than 0.18°F (-17.67°C) error 20 gauge wire: 790 ft. with less than 0.18°F (-17.67°C) error 22 gauge wire: 500 ft. with less than 0.18°F (-17.67°C) error 24 gauge wire: 300 ft. with less than 0.18°F (-17.67°C) error
Dimensions:	4.50"H x 3.50" W x 0.813"D (11.5 cm H x 8.9 cm W x 2.0 cm D)
Color:	Off-white
Power:	One Smart Sensor is powered directly from Andover Controls' TCX 866

ORDERING INFORMATION

SMART SENSOR

MODEL	DESCRIPTION
TTS	Space Temperature Sensor, Type III Thermistor, 10,000 ohms @ 77°F
SENSOR MODEL	
SD	Smart Sensor w/Display
SENSOR DISPLAY TYPE	
LED	Two, 7-Segment LED Display
LCD	Four Digit Custom LCD Display
PACKAGING	
1	Single Sensor

TTS	-	SD	-	LED	-	1	Example: TTS-SD-LED-1 Smart Sensor w/LED Display
-----	---	----	---	-----	---	---	---



4. MANUAL DE INSTALACIÓN DE LA DONA DE CORRIENTE

Current Switches: Adjustable Trip Point

Detect Belt Loss, Coupling Shear, And Mechanical Failure

Hawkeye™

DESCRIPTION

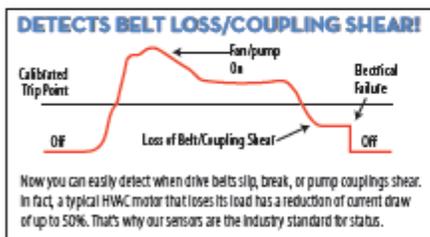
Hx08 Series and H701 adjustable current switches offer high performance, with a wide array of amperage range options. These products can accurately detect belt loss, coupling shear, or other mechanical failure on loads from 1/5 to 100 HP.

APPLICATIONS

- Detecting belt loss, coupling shear, and mechanical failure
- Verifying lighting circuit and other electrical service run times
- Monitoring status of industrial process equipment
- Monitoring status of critical motors (compressor, fuel, etc.)

FEATURES

- High performance devices in split- and solid-core housings
- Adjustable trip point...precise current trip point setting
- Minimum trip point as low as 0.5A (H608)...eliminates the need for multiple wraps of the conductor through the sensor even on loads as small as 1/5 HP
- Small size...fits easily inside small enclosures
- Self-gripping ribs on the split-core housing for easy installation
- Status LEDs available for easy setup and local indication
- Bracket on H908 can be installed in three different configurations...installation flexibility in tight spaces
- 1 Amp status output...increased application flexibility
- All devices are 100% solid state for high reliability and polarity insensitive for trouble-free installation, with a 5-year warranty



SPECIFICATIONS



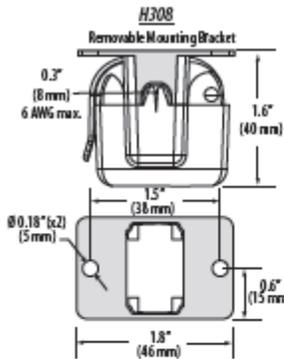
Sensor Power	Induced from monitored conductor
Insulation Class	600VAC RMS (UL), 300VAC RMS (CE)
Frequency Range	50/60 Hz
Temperature Range	-15° to 60°C (5° to 140°F)
Humidity Range	10-90% RH, non-condensing
Hysteresis	10% (typical)
Terminal Block Maximum Wire Size	14 AWG (16 AWG for H308)
Terminal Block Torque (nominal)	4 in-lbs (7 in-lbs for H308)

UL 508 open device listing; CE: EN61010-1:2001-02, CAT III, deg. 2, basic insulation
Do not use the LED status indicators as evidence of applied voltage.

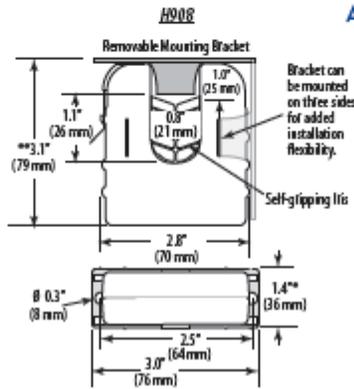
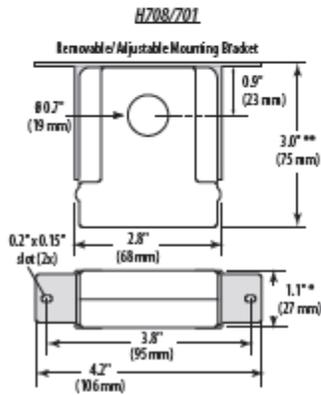
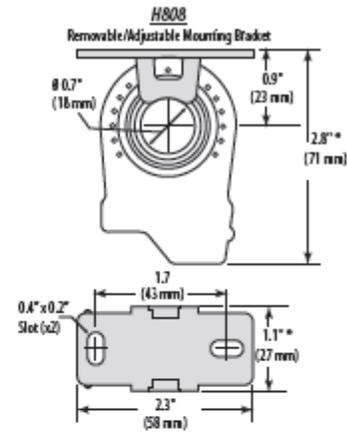
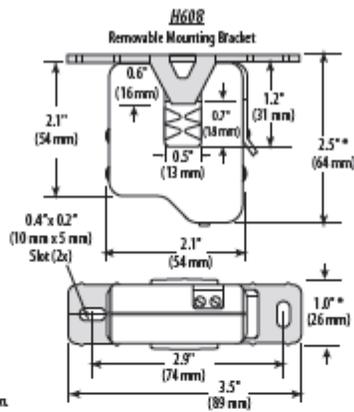


INDUSTRIES ▼

DIMENSIONAL DRAWINGS

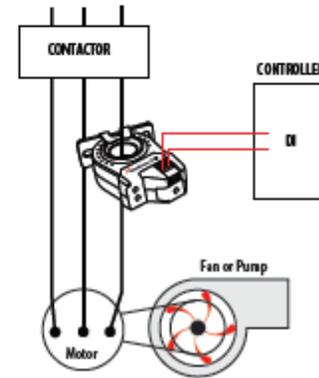


* Terminal block may extend up to 1.8" over the height dimensions shown.



APPLICATION/WIRING DIAGRAM

Monitoring Fan/Pump Motors for Positive Proof of Flow



ORDERING INFORMATION



MODEL	AMPERAGE RANGE	STATUS OUTPUT (max.)	MIN. TRIP POINT	HOUSING	STATUS LED	UL	CE	RoHS
H308	0.75 - 50A	N.O. 1.0A@30WV/DC	0.75A or less	Split-Cote	●	●	● ²	●
H608	0.5 - 125A		0.5A or less	Split-Cote	●	● ¹	●	●
H701	1 - 135A		1.0A or less	Solid-Cote	●	●	●	●
H708	1 - 135A		1.0A or less	Solid-Cote	●	●	●	●
H808	0.75 - 50A		0.75A or less	Solid-Cote	●	●	●	●
H908	2.5 - 135A		2.5A or less	Split-Cote	●	●	●	●

For high voltage outputs, see page 26.

¹ Listed for use on 75 °C insulated conductors.

² Product provides functional insulation only.

ACCESSORIES

DIN Rail Clip Set (AH01, AH27)
DIN Rail (AV01) and DIN Stop Clip (AV02)





5. MANUAL DE INSTALACIÓN DEL FAN AND COIL



Installation Manual

ILLUSION

Split System
Concealed Type
MCD Series 50/60 Hz



Cooling Only/Cooling Heating
50 Hz Models
MCD 512 DB
MCD 518 DB
MCD 524 DB
MCD 530 DB
MCD 536 DB
MCD 048 DB
MCD 060 DB

Cooling Only/Cooling Heating
60 Hz Models
MCD 512 D1
MCD 518 D1
MCD 524 D1
MCD 530 D1
MCD 536 D1
MCD 048 D1
MCD 060 D1

February 2003

MS-SVN004-EN



General Information

Introduction

This Installation Manual is given as a guide to good practice in the installation by the installer of MCD mini-split system. Installation procedures should be performed in the sequence that they appear in this manual.

For installing the unit to operate properly and reliably, it must be installed in accordance with these instructions. Also, the services of a qualified service technician should be employed, through the maintenance contract with a reputable service company.

Read these installation instructions completely before installing the air conditioning system.

About the Unit

These MCD units are assembled, pressure tested, dehydrated, charged and run tested before shipment. The information contained in this manual applies to MCD units are designed to operate in cooling mode only and in cooling or heating modes.

Important

This document is customer property and is to remain with unit. Please place in service information pack upon completion of work.

These instructions do not cover all variations in systems, nor do they provide for every possible contingency to be met in connection with installation.

Should further information be desired or should particular problems arise which are not covered sufficiently in this manual, the matter should be referred to your authorized Trane dealer.

Reception

On arrival, inspect the unit before signing the delivery note. Specify any damage of the unit on the delivery note, and send a registered letter of protest to the last carrier of the goods within 72 hours of delivery. Notify the dealer at the same time.

The unit should be totally inspected within 7 days of delivery. If any concealed damage is discovered, send a registered letter of protest to the carrier within 7 days of delivery and notify the dealer.

Warranty

Warranty is based on the general terms and conditions by country. The warranty is void if the equipment is modified or repaired without the written approval of The Trane Company, if the operating limits are exceeded or if the control system or the electrical wiring is modified.

Damage due to inappropriate installation, lack of knowledge or failure to comply with the manufacturer's instructions, is not covered by the warranty obligation. If the installation does not conform to the rules described in Installation Manual, it may entail cancellation of warranty and liabilities by The Trane Company.

About this Manual

Cautions appear at appropriate places in this Installation Manual.

Your personal safety and the proper operation of this machine require that you follow them carefully.

The Trane Company assumes no liability for installations or servicing performed by unqualified personnel. All phases of the installation of this air conditioning system must conform to all national, provincial, state and local codes.

Warning

Warnings are provided at appropriate places in this manual to indicate to installers, operators and service personnel of potentially hazardous situations which, if not avoided, COULD result in death or serious injury.

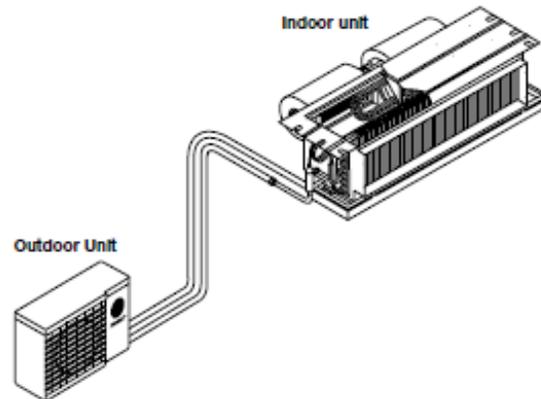
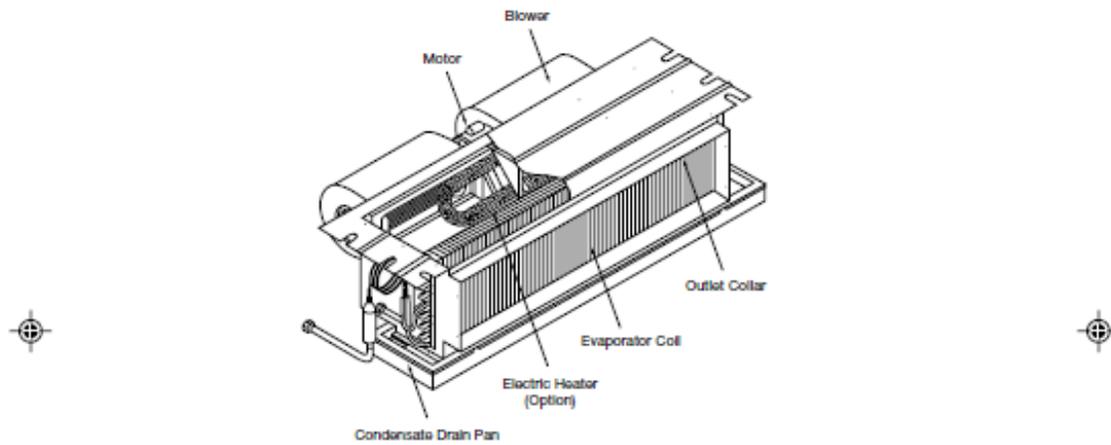
Caution

Cautions are provided at appropriate places in this manual to indicate to installers, operators, and service personnel of potentially hazardous situations which, if not avoided, MAY result in minor or moderate injury or malfunction of the unit.



System Appearance

MCD 512-538 DB/D1





Location and Preparation of Units

Indoor Unit

1. Select a convenient location that allows the air to reach every corner of the room and where it is easy to route the refrigerant tubing, wiring and drain to the outside.
2. The ceiling construction should be strong enough to support the weight of the unit.
3. The refrigerant tubing, drain piping and wiring conduit are connected through the wall.
4. Refrigerant tubes between the Indoor and the outdoor units and drain pipes should be as short as possible (Figure 1).
5. If a refrigerant charge adjustment is necessary, follow the Installation Manual for the Outdoor Unit.

Outdoor Unit

See Instructions for location and preparation of the unit in the Installation Manual for the Outdoor Unit.

Installation Method:

Indoor Unit

After selecting the location to place the unit, follow these steps:

1. Make a hole in the wall to route tubing and wiring through a locally purchased PVC pipe. The hole should slope downwards slightly, towards the outside (Figure 2).

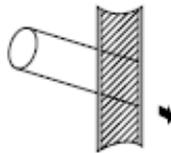


Figure 1

2. Before cutting, check that no pipes or studs are directly behind the place to be cut. Avoid areas where electrical wiring or conduits are located.
3. Hang the unit on a solid and level roof. Noise, vibration or leakage could occur on an unstable foundation (Figure 3,4). For correct installation of duct work see (Figure 6).
4. Support the unit solidly.
5. To have access to electrical terminals, remove the right side junction box (Figure 2).
6. Note that refrigerant tubing, interconnecting wiring and drain hose should go through the wall. Shape these items so that they will easily fit through the wall.

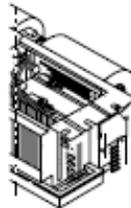


Figure 2

Outdoor Unit

See the proper Installation method provided in the Installation Manual for the Outdoor Unit.

Installation Requirements Important

- Read the Installation Manual completely before installing and operating the system.
- Turn on the mains power at least five (5) hours before operating the system.

Installation Requirements

Following is a brief outline of where and how to install the unit. Please read over the entire set of instructions for indoor and outdoor units and make sure all accessory parts list are with the unit before beginning.

1. Tools Required for Installation (not supplied)

- Level
- Hole saw or saw
- Core bits
- Hammer
- Drill
- Torque wrench
- Adjustable wrench
- Standard screwdriver
- Phillips head screwdriver
- Knife or wire stripper
- Tape measure
- 4 Anchor bolts for ceiling mounting

2. Refrigerant Piping and Insulation Material

- See the Installation Manual included with the Outdoor Unit.
- The length of wiring will determine the wire size. See local codes and refer to Section Electrical Installation.

Caution

Check local electrical codes and regulations before buying any wire. Also check for any specific wiring instructions or limitations.

3. Additional Materials Required for Installation

- Saddles or clamps to secure refrigerant tubing.
- Insulated clamps or staples for connecting wire. See local codes.
- Ceiling mount: Use nuts and bolts as required to mount the unit on the ceiling. Use 4 (3/8) fasteners or closest standard metric with nuts and lock washers. The length will vary with application.
- Refrigerant oil and tape (insulation).
- Putty or similar filler.



Unit Installation

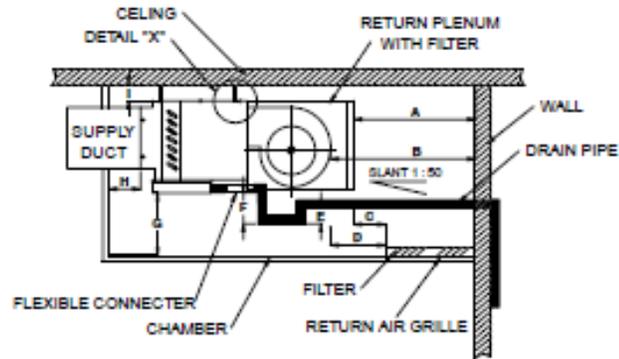


FIGURE 3 (SIDE VIEW)

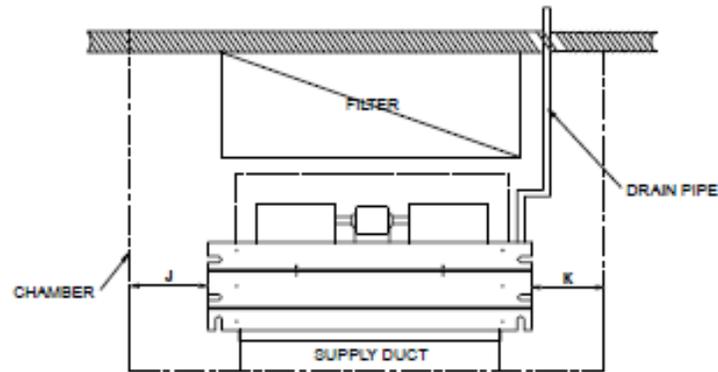


FIGURE 4 (TOP VIEW)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
DISTANCE (M.M.)	Min. 750	Min. 800	100	150	50	200	Min. 200	Min. 100	Min. 50	Min. 300	Min. 300

NOTE: FOR DUCT LENGTH PLEASE SEE PAGE 15, 16 AND 17



Units Installation

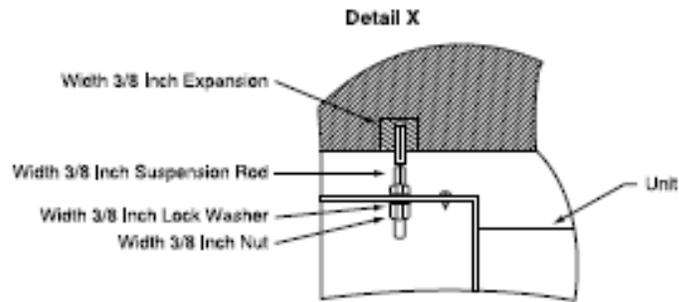


Figure 5

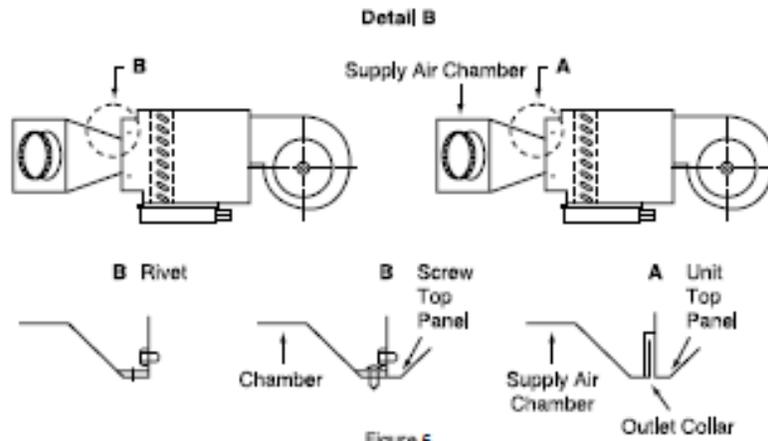


Figure 6

Connection of Refrigerant Tubing

Proper installation procedure is recommended in the Installation Manual Package, usually provided together with the outdoor unit. It is advisable to read before installing.

The indoor unit refrigerant connections are located on the left hand side when facing the unit (Figure 7).

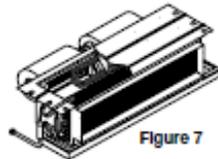


Figure 7

Connecting the Units with Flaring Procedure.

1. Cut the copper tube to the required length with a tube cutter. It is recommended to cut approx. 20-30 cm. longer than the tubing length.
2. Remove burrs at the end of the copper tube with a tube reamer or file, as shown in Figure 8.



Figure 8

When reaming, hold the tube end downward and be sure that no copper scraps fall into the tube (Figure 9).

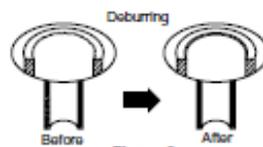


Figure 9

3. Remove the flare nut from the unit and be sure to insert on the copper tube.
4. Make a flare at the end of the copper tube with a flare tool (Figure 10).

MS-SVN004-EN

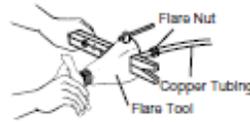


Figure 10

A good flare should have the following characteristics:

- Inside surface is glossy and smooth.
- Edge is smooth.
- Tapered sides are of uniform length.

Cautions Before Connecting Tightly

1. Be sure to apply a sealing cap or water-proof tape to prevent dust or water from getting into the tubes before they are used.
2. Be sure to apply refrigerant lubricant to the matching surfaces of the flare and union before connecting them together. This is effective for reducing gas leaks (Figure 11).



Figure 11

3. For proper connection, align the union tube and flare tube straight with each other, then screw in the flare nut lightly at first to obtain a smooth match (Figure 12).

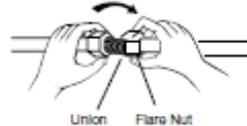


Figure 12

4. Tighten the flare nuts, using the appropriate wrench.

Connecting the Unit with Brazing Procedure

1. Cut the copper tube to the required length with a tube cutter. It is recommended to cut approx. 20-30 cm. longer than the tubing length.

2. Remove burrs at the end of the copper tube with a tube reamer (Figure 8).
3. There are 2 ways to connect the copper tube
 - Use a coupling between the copper tube of Fan Coil Unit and the copper tube used for installation (Figure 13).

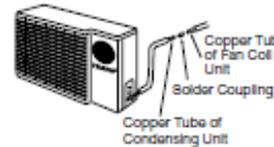


Figure 13

- Expand the copper tube by using a swaging tool set as in Figure 14.

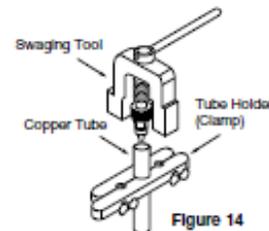


Figure 14

4. To braze the copper tube, before brazing a copper tube to a solder coupling or a copper tube to an expanded tube, do not forget to keep them tight as shown in Figure 15.

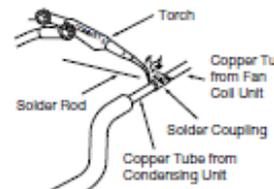


Figure 15



Electrical Installation

Electrical Installation

All wiring and grounding must comply with local electrical codes.

Wiring Important Safeguards:

- Check the unit nameplate for electrical rating. Be sure wiring is done according to local codes and wiring diagram.
- Use a separate power line with circuit breaker for each air conditioning unit.
- Connect electrical ground to all units.
- Wiring should not touch refrigerant tubing, compressor, motors or moving parts.
- The manufacturer will accept no responsibility for problems caused by unauthorized changes in the internal wiring.
- Connect the wiring firmly.

Indoor Unit

Remove the right side junction box (see previous instructions) to access the terminal base.

System Wiring Routing

- Pass the system wiring through the PVC pipe, referred to in the Section of Installation Method (both power and control lines) to interconnect indoor and outdoor units.
- Connect the wire terminals to the terminal base. See connection indication on system wiring diagram.
- Make sure all connections are tight.

Outdoor Unit

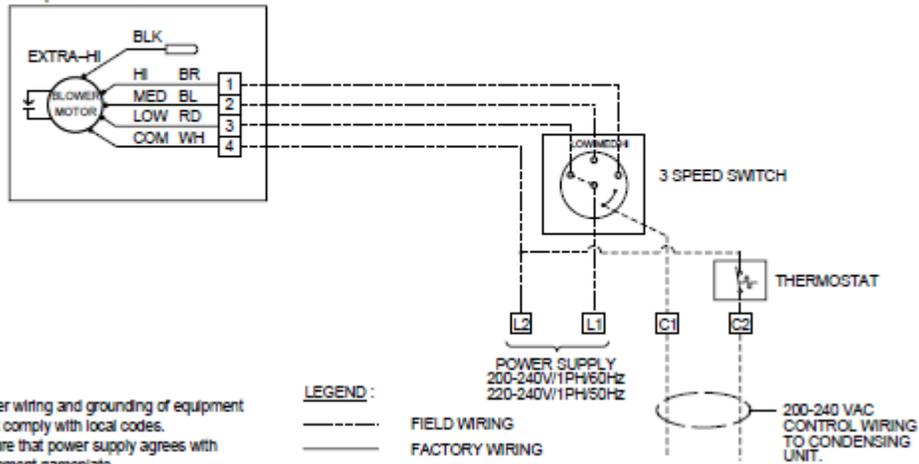
See the electrical installation instructions in the Installation Manual for the Outdoor Unit.



Wiring Diagram

**CONCEALED FAN COIL UNITS
COOLING ONLY
MCD 512-536 DB/D1
MCD 048-060 DB/D1**

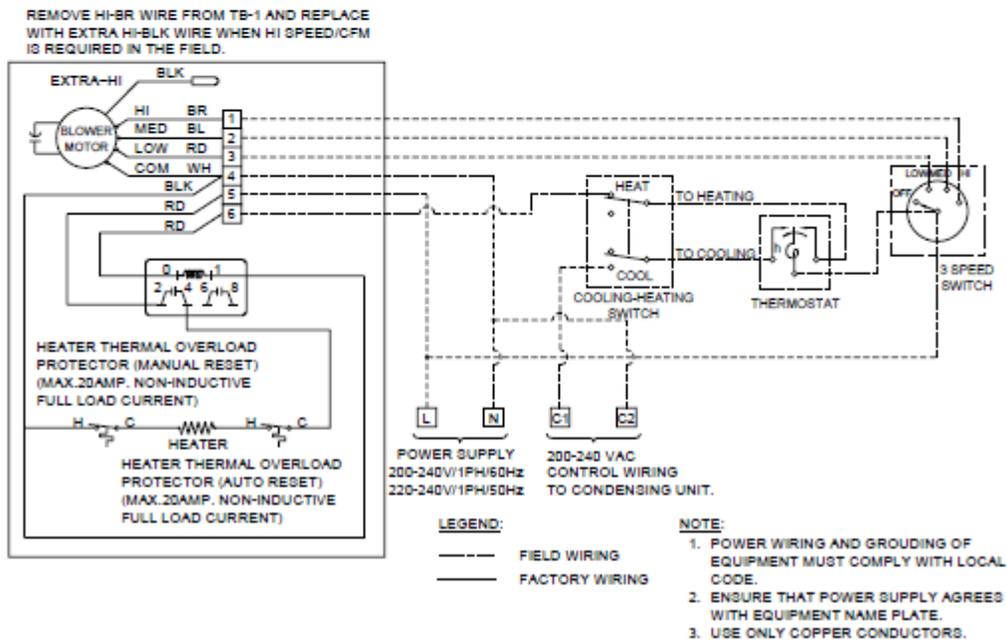
Remove HI-BR wire from TB-1 and replace with EXTRA-HI-BLK wire when high speed/ctm is required in the field.





Wiring Diagram

CONCEALED DX AIR HANDLER COOLING-HEATING MCD 512-524 DB/D1

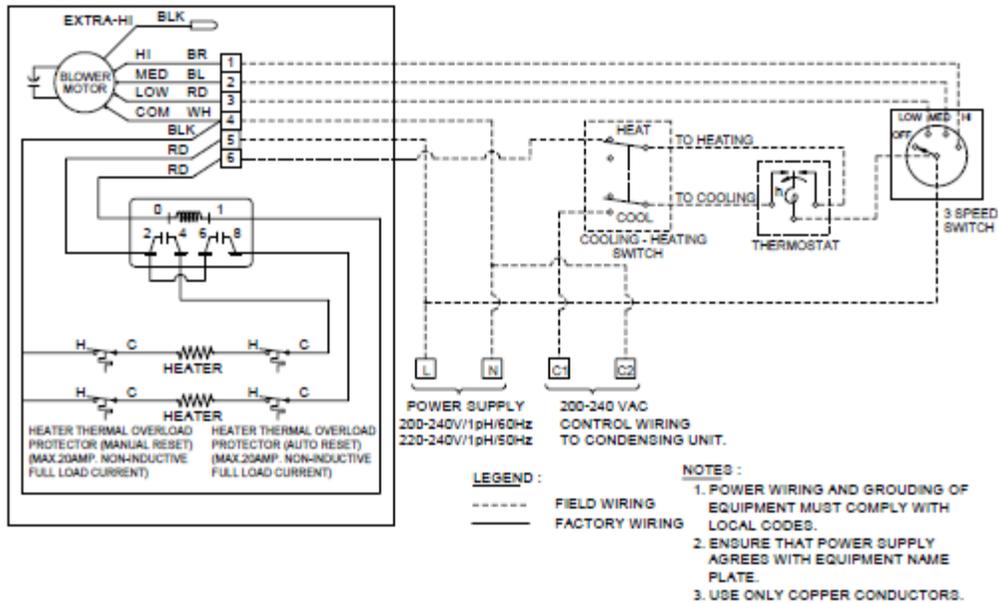




Wiring Diagram

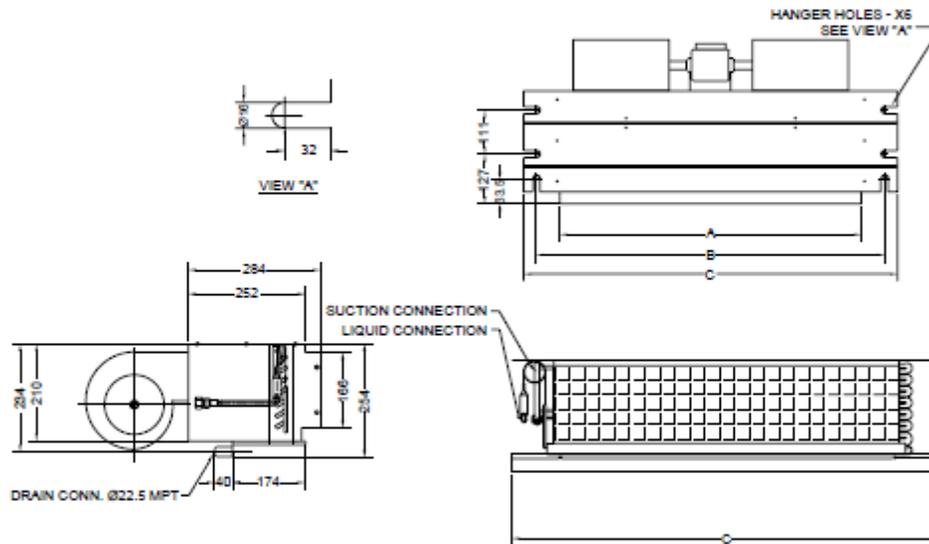
**CONCEALED FAN COIL UNITS
COOLING-HEATING
MCD 530-536 DB/D1
MCD 048-060 DB/D1**

Remove HI-BR wire FROM TB-1 and replace with EXTRA HI-BLK wire when high speed/ctm is required in the field.





Dimensional Data



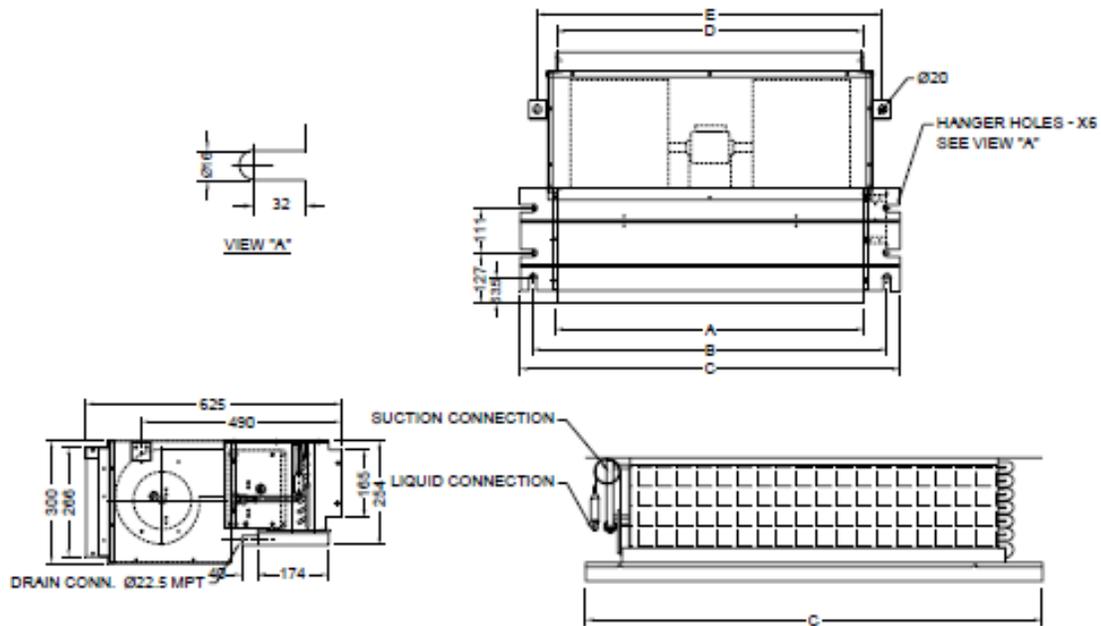
External Dimensions (No Plenum)

Model	All External Dimensions are in Inch (mm.)			Refrig. Line Conn. Size		Number Of	
	A	B	C	Suction	Liquid	Fan(s)	Motor(s)
MCD 512	30"(762)	34 3/4"(882)	37 1/4"(946)	1/4"(6.35)	1/2"(12.7)	2	1
MCD 518	30"(762)	34 3/4"(882)	37 1/4"(946)	1/4"(6.35)	1/2"(12.7)	2	1
MCD 524	30"(762)	34 3/4"(882)	37 1/4"(946)	3/8"(9.52)	5/8"(15.87)	2	1
MCD 530	36"(914)	40 1/4"(1034)	43 1/4"(1098)	3/8"(9.52)	5/8"(15.87)	2	1
MCD 536	42"(1067)	34 7/8"(1087)	49 1/4"(1251)	3/8"(9.52)	3/4"(19.05)	2	1

Note: From the experience of our Trane technician, based on the design condition, at velocity at supply air grille of 300 ft/min for bedroom and 400 ft/min for office (based on free face area), the length of the air duct should be more than 3 meters.



Dimensional Data



External Dimensions (Return Air Plenum is option)

Model	All External Dimensions are in inch (mm.)					Refrig. Line Conn. Sizes		Number Of	
	A	B	C	D	E	Suction	Liquid	Fan(s)	Motor(s)
MCD 512	30"(762)	34 3/4"(882)	37 1/4"(946)	30"(762)	33 15/16"(862)	1/4"(6.35)	1/2"(12.7)	2	1
MCD 518	30"(762)	34 3/4"(882)	37 1/4"(946)	30"(762)	33 15/16"(862)	1/4"(6.35)	1/2"(12.7)	2	1
MCD 524	30"(762)	34 3/4"(882)	37 1/4"(946)	30"(762)	33 15/16"(862)	3/8"(9.52)	5/8"(15.87)	2	1
MCD 530	36"(914)	40 1/4"(1034)	43 1/4"(1098)	36"(914)	39 15/16"(1014)	3/8"(9.52)	5/8"(15.87)	2	1
MCD 536	42"(1067)	42 7/8"(1087)	49 1/4"(1251)	42"(1067)	45 15/16"(1167)	3/8"(9.52)	3/4"(19.05)	2	1

Note: From the experience of our Trane technician, based on the design condition, at velocity at supply air grille of 300 f/min for bedroom and 400 f/min for office (based on free face area), the length of the air duct should be more than 3 meters.



Maintenance

Regular Maintenance

Be sure to disconnect the power before inspection or maintenance of air conditioner.

1. Cleaning the air filter

Air flow is reduced and cooling efficiency impaired if the filter is clogged. Be sure to clean the filter every two weeks during the cooling season.

1.1 How to remove the air filters

- Loose screws located under the filter in return air plenum set.
- Remove air filter frame from return air plenum set.

1.2 How to clean the air filter

- Wash away dust from the air filter with clean water or vacuum it with an electric vacuum cleaner.

Note: Once the air filter is washed, dry it completely before returning it to its original position. After cleaning be sure to return it to its original position.

Cautions

- Do not wash the air filter in water that is over 40°C or it may shrink.
- Do not expose the air filter to fire.
- Do not expose the air filter to direct sunlight for a long time.
- Clean the air filter more frequently when the air is very dirty.

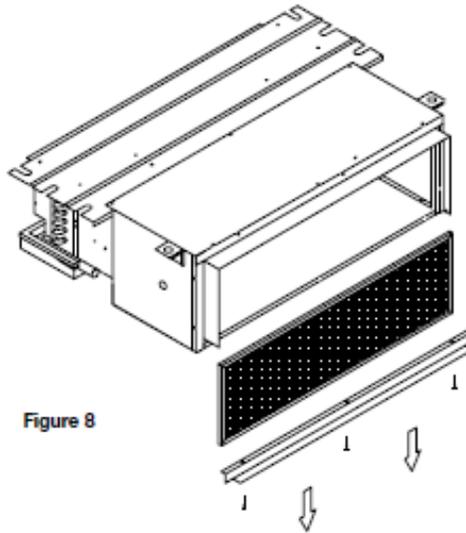


Figure 8



6. MANUAL DE INSTALACIÓN DEL CONDENSADOR



18-AC52D1-5

Installer's Guide

Condensing Units

2TTB0

ALL phases of this installation must comply with NATIONAL, STATE AND LOCAL CODES

IMPORTANT — This Document is customer property and is to remain with this unit. Please return to service information pack upon completion of work.

These instructions do not cover all variations in systems nor provide for every possible contingency to be met in connection with installation. All phases of this installation must comply with NATIONAL, STATE AND LOCAL CODES. Should further information be desired or should particular problems arise which are not covered sufficiently for the purchaser's purposes, the matter should be referred to your installing dealer or local distributor.

A. GENERAL

⚠ WARNING

This information is intended for use by individuals possessing adequate backgrounds of electrical and mechanical experience. Any attempt to repair a central air conditioning product may result in personal injury and or property damage. The manufacturer or seller cannot be responsible for the interpretation of this information, nor can it assume any liability in connection with its use.

The following instructions cover 2TTB0 Condensing Units.

NOTICE:

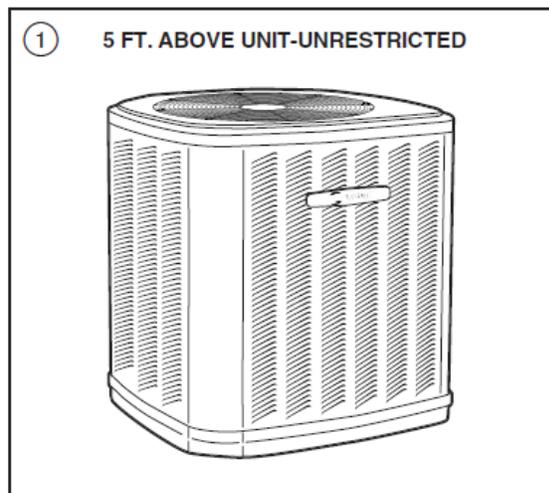
These outdoor units may be used with indoor units equipped with Thermostatic Expansion Valve or Accutron™ Flow Control Check Valve (F.C.C.V.) assembly for refrigerant flow control only.

Check for transportation damage after unit is uncrated. Report promptly, to the carrier, any damage found to the unit.

To determine the electrical power requirements of the unit, refer to the nameplate of the unit. The electrical power available must agree with that listed on the nameplate.

B. LOCATION AND PREPARATION OF THE UNIT

1. When removing unit from the pallet, notice the tabs on the basepan. Remove tabs by cutting with a sharp tool as shown in Figure 2 (see page 2).
2. The unit should be set on a level support pad at least as large as the unit base pan, such as a concrete slab. If this is not the application used please refer to application bulletin SSC-APG002-EN.
3. The support pad must NOT be in direct contact with any structure. Unit must be positioned a minimum of 12" from any wall or surrounding shrubbery to insure adequate airflow. Clearance must be provided in front of control box (access panels) & any other side require-



ing service access to meet National Electrical Code. Also, the unit location must be far enough away from any structure to prevent excess roof run-off water from pouring directly on the unit. Do not locate unit(s) close to bedroom(s).

4. The top discharge area must be unrestricted for at least five (5) feet above the unit.
5. When the outdoor unit is mounted on a roof, be sure the roof will support the unit's weight. Properly selected isolation is recommended to prevent sound or vibration transmission to the building structure.
6. The maximum length of refrigerant lines from outdoor to indoor unit should NOT exceed sixty (60) feet.
7. If outdoor unit is mounted above the air handler, maximum lift should not exceed sixty (60) feet (suction line). If air handler is mounted above condensing unit, maximum lift should not exceed sixty (60) feet (liquid line).

NOTE:

Refer to "Refrigerant Piping Software" Pub. No. 32-3312-0* (the position of the * denotes the latest revision number).

8. Locate and install indoor coil or air handler in accordance with instruction included with that unit.



Installer's Guide



C. ACCUTRON™ FLOW CONTROL VALVE

If the indoor unit System Refrigerant Flow control is an Accutron™ orifice and check valve assembly, an orifice size change may be necessary. See Figure 3.

The outdoor model determines the required orifice size. Check the listed orifice size on nameplate of the selected outdoor model. If the indoor unit is factory shipped with a different orifice size, the orifice must be changed to obtain system rated performance.

IMPORTANT:

The outdoor unit is shipped with the proper size orifice and a stick-on orifice size label in an envelope attached to the outdoor unit. Outdoor unit nameplate will have correct orifice size specified as BAYFCCV--A for rated performance.

D. INSTALLING REFRIGERANT LINES

⚠ CAUTION

If using existing refrigerant lines make certain that all joints are brazed, not soldered.

Condensing units have provisions for braze connections.

Pressure taps are provided on the service valves of outdoor unit for compressor suction and liquid pressures.

The indoor end of the recommended refrigerant line sets may be straight or with a 90 degree bend, depending upon situation requirements. This should be thoroughly checked out before ordering refrigerant line sets.

The gas line must always be insulated.

⚠ CAUTION

In scroll compressor applications, dome temperatures may be hot. Do not touch top of compressor, may cause minor to severe burning.

IMPORTANT:

The unit has a NITROGEN holding charge which will need to be evacuated before charging per local system application requirement.

Refrigerant charge adjustment is necessary. Use the Charging Charts in the outdoor unit Service Facts.

1. Determine the most practical way to run the lines.
2. Consider types of bends to be made and space limitations.

NOTE:

Large diameter tubing will be very difficult to rebend once it has been shaped.

3. Determine the best starting point for routing the refrigerant tubing — INSIDE OR OUTSIDE THE STRUCTURE.
4. Provide a pull-thru hole of sufficient size to allow both liquid and gas lines.
5. Be sure the tubing is of sufficient length.
6. Uncoil the tubing — do not kink or dent.
7. Route the tubing making all required bends and properly secure the tubing before making connections.
8. To prevent a noise within the building structure due to vibration transmission from the refrigerant lines, the following precautions should be taken:
 - a. When the refrigerant lines have to be fastened to floor joists or other framing in a structure, use isolation type hangers.
 - b. Isolation hangers should also be used when refrigerant lines are run in stud spaces or enclosed ceilings.
 - c. Where the refrigerant lines run through a wall or sill, they should be insulated and isolated.
 - d. Isolate the lines from all ductwork.

E. SERVICE VALVE OPERATION

BRASS LIQUID AND GAS LINE SERVICE VALVES

The Brass Liquid and Gas Line Service Valves are factory shipped in the seated position to hold factory charge. The pressure tap service port (when depressed) opens only to the field brazing side of the valve when the valve is in the seated position. The liquid line valve is not a back seating valve (see WARNING below).

⚠ WARNING

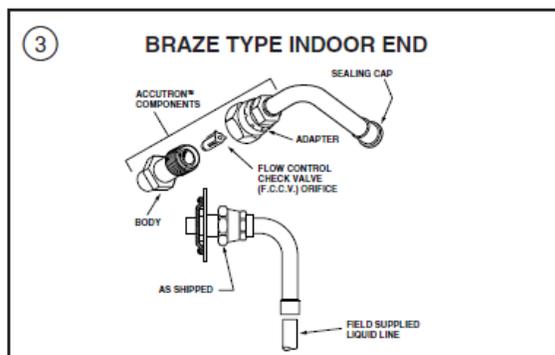
Extreme caution should be exercised when opening the Liquid Line Service Valve. Turn valve stem counterclockwise only until the stem contacts the rolled edge. (See Figure 4) No torque is required.

BRASS GAS LINE BALL SERVICE VALVE

The Brass Gas Line Ball Service Valve is shipped in the closed position to hold the factory refrigerant charge. The pressure tap service port (when depressed) opens only to the field brazing side when the valve is in the closed position. The Gas Line Ball Service Valve is full open with a 1/4 turn. See Figure 5.

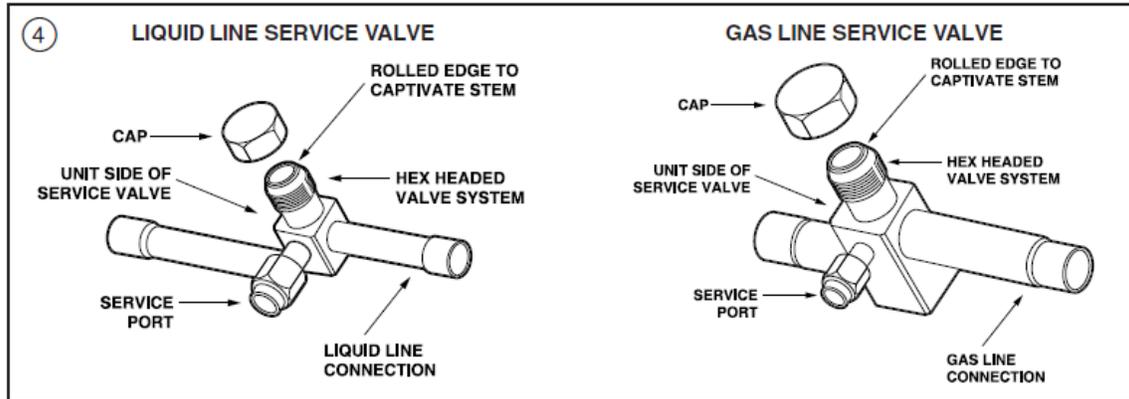
BRAZING REFRIGERANT LINES

1. Remove lower access cover to access service valves.
2. Before brazing, remove plugs from external copper stub tubes. Clean internal and external surfaces of stub tubes prior to brazing.





Installer's Guide



3. Cut and fit tubing, minimizing the use of sharp 90° bends.
4. Insulate the entire gas line and its fittings.
5. Do NOT allow uninsulated liquid line to come in direct contact with bare gas line.
6. Precautions should be taken to avoid heat damage to the pressure tap valve core during brazing. It is recommended that the pressure tap port valve core be removed and a wet rag wrapped around the valve body.

NOTICE:
Use care to make sure that no moisture enters pressure tap port, while wet rag is being used.

NOTICE:
Precautions should be taken to avoid heat damage to basepan during brazing. It is recommended to keep the flame directly off of the basepan.

7. Use a Dry Nitrogen Purge and Brazing Alloy without flux when brazing the field line to the copper factory connection. Flow dry nitrogen into either valve pressure tap port, thru the tubing and out the other port while brazing.
8. Braze using accepted good brazing techniques.

LEAK CHECK

IMPORTANT:
Replace pressure tap port valve core before attaching hoses for evacuation.

After the brazing operation of refrigerant lines to both the outdoor and indoor unit is completed, the field brazed connections must be checked for leaks. Pressurize through the service valve ports, the indoor unit and field refrigerant lines with dry nitrogen to 350-400 psi. Use soap bubbles or other leak-checking methods to see that all field joints are leak-free! If not, release pressure; then repair!

SYSTEM EVACUATION

NOTE:
Since the outdoor unit has a refrigerant charge, the gas and liquid line valves must remain closed.

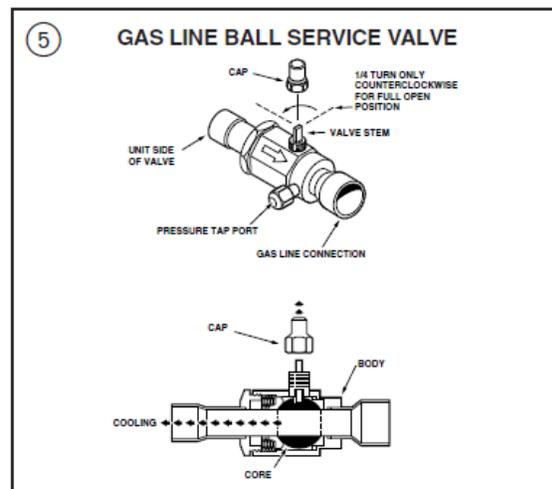
1. Upon completion of leak check, evacuate the refrigerant lines and indoor coil before opening the gas and liquid line valves.
2. Attach appropriate hoses from manifold gauge to gas and liquid line pressure taps.

NOTE:
Unnecessary switching of hoses can be avoided and complete evacuation of all lines leading to sealed system can be accomplished with manifold center hose and connecting branch hose to a cylinder of HCFC-22 and vacuum pump.

3. Attach center hose of manifold gauges to vacuum pump.
4. Evacuate until the micron gauge reads no higher than 350 microns.
5. Close off valve to vacuum pump and observe the micron gauge. If gauge pressure rises above 500 microns in one (1) minute, then evacuation is incomplete or system has a leak.
6. If vacuum gauge does not rise above 500 microns in one (1) minute, the evacuation should be complete.
7. With vacuum pump and micron gauge blanked off, open valve on HCFC-22 cylinder and charge refrigerant lines and indoor coil with vapor to tank pressure of HCFC-22 supply.

NOTE:
DO NOT VENT REFRIGERANT INTO THE ATMOSPHERE.

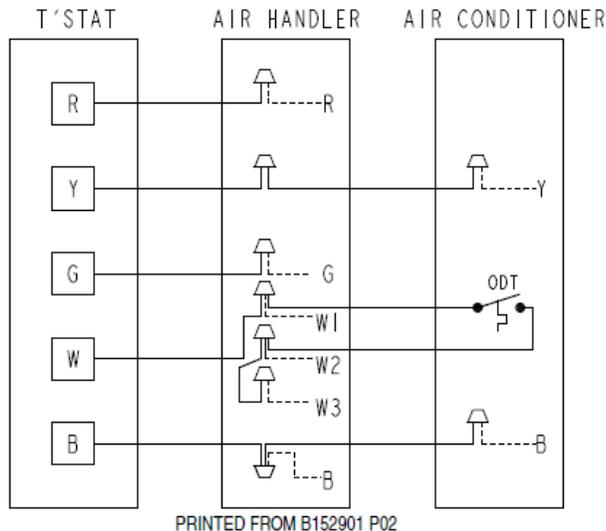
8. Close valve on HCFC-22 supply cylinder. Close valves on manifold gauge set and remove refrigerant charging hoses from liquid and gas pressure tap ports.



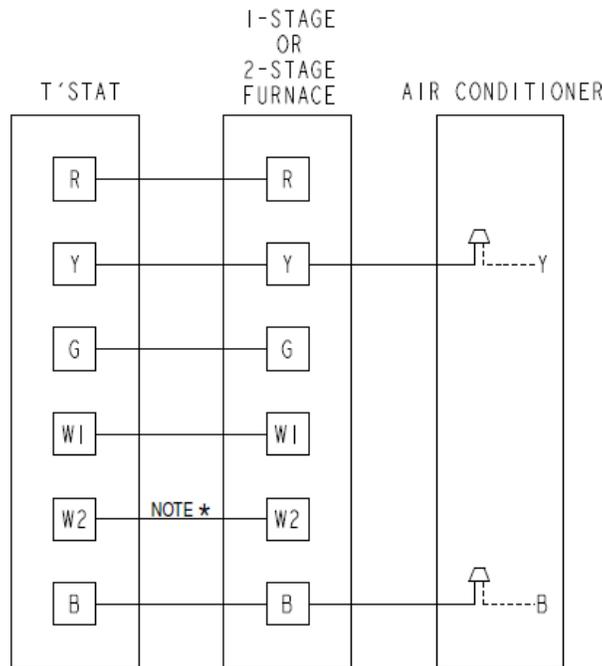


Installer's Guide

TYPICAL FIELD HOOK-UP DIAGRAMS



PRINTED FROM B152901 P02



PRINTED FROM B152903 P02

*W2 present only on 2 stage thermostat and furnace

Notes:

1. Be sure power supply agrees with equipment nameplate.
2. Power wiring and grounding of equipment must comply with local codes.
3. Low voltage wiring to be No. 18 AWG minimum conductor.
4. ODT-B must be set lower than ODT-A.
5. If outdoor thermostats (ODT) are not used, connect W1 to W2 and W3.

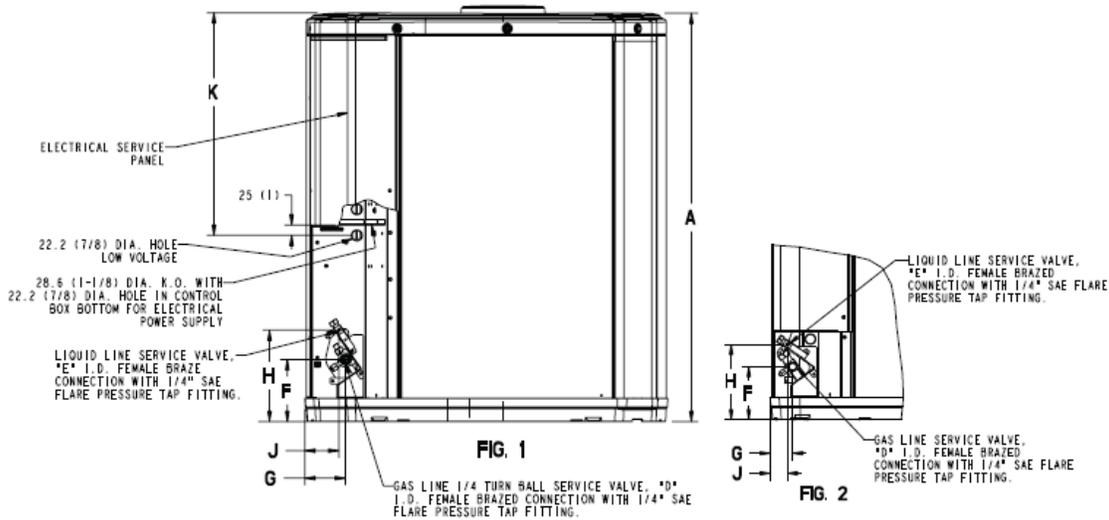
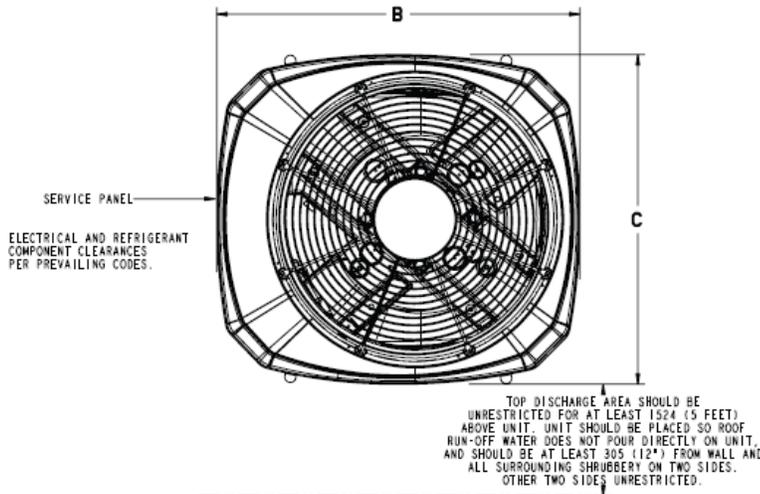
LEGEND

- FACTORY WIRING
- FIELD WIRING



Installer's Guide

2TTB0 OUTLINE DRAWING
NOTE: ALL DIMENSIONS ARE IN MM (INCHES).

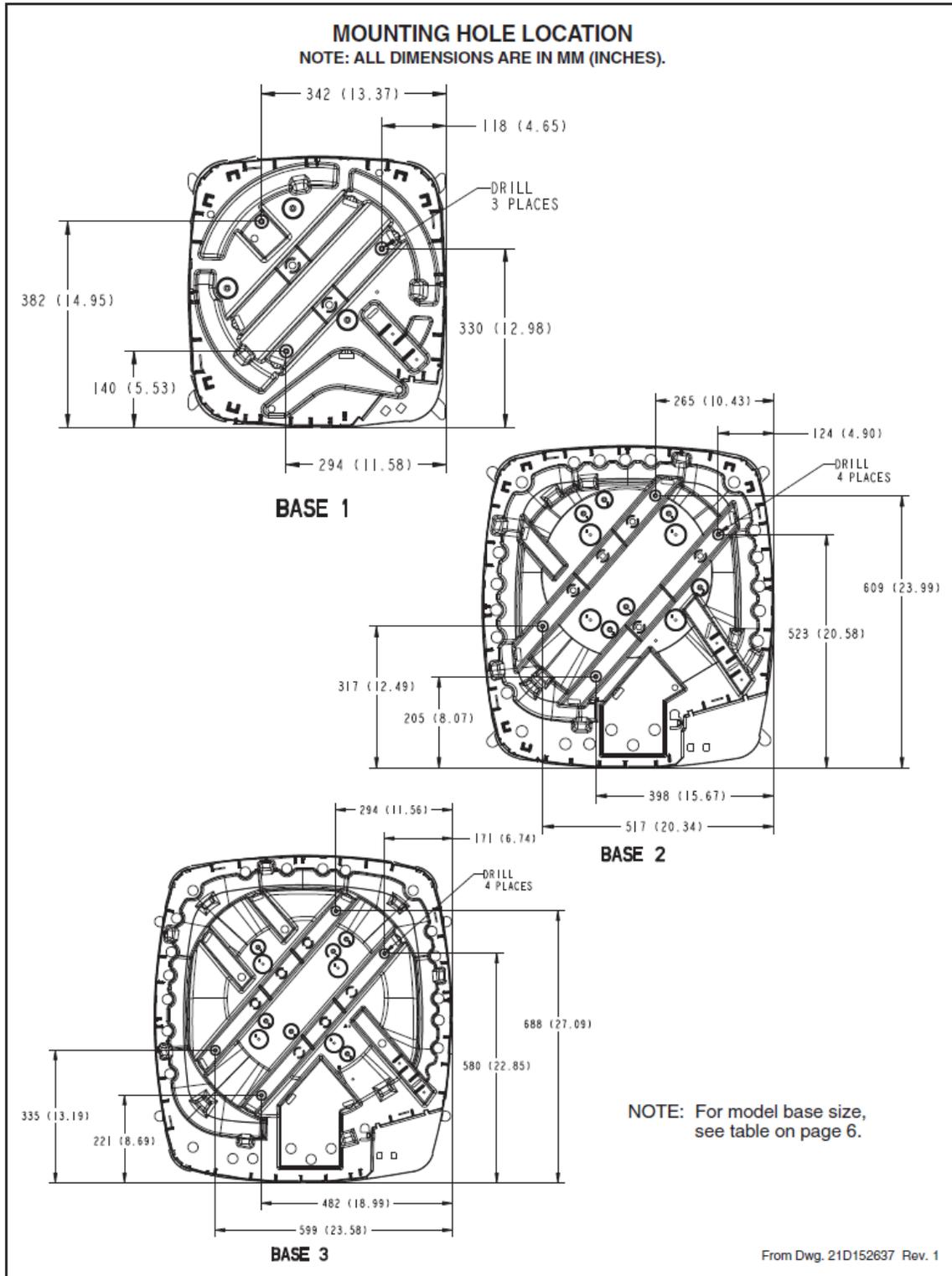


MODELS	BASE	FIG.	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
2TTB0012A	1	3	648 (25-1/2)	502 (19-3/4)	476 (18-3/4)	5/8	1/4	149 (5-7/8)	19 (3/4)	89 (3-1/2)	16 (5/8)	460 (18-1/8)
2TTB0018A	1	3	648 (25-1/2)	502 (19-3/4)	476 (18-3/4)	5/8	1/4	149 (5-7/8)	19 (3/4)	89 (3-1/2)	16 (5/8)	460 (18-1/8)
2TTB0024A	1	3	648 (25-1/2)	502 (19-3/4)	476 (18-3/4)	3/4	5/16	149 (5-7/8)	19 (3/4)	89 (3-1/2)	16 (5/8)	460 (18-1/8)
2TTB0030A	2	2	651 (25-5/8)	724 (28-1/2)	651 (25-5/8)	3/4	5/16	127 (5)	57 (2-1/4)	181 (7-1/8)	44 (1-3/4)	457 (18)
2TTB0036A	2	2	651 (25-5/8)	724 (28-1/2)	651 (25-5/8)	7/8	3/8	127 (5)	57 (2-1/4)	181 (7-1/8)	44 (1-3/4)	457 (18)
2TTB0042A	2	2	730 (28-3/4)	724 (28-1/2)	651 (25-5/8)	7/8	3/8	137 (5-3/8)	65 (2-5/8)	210 (8-1/4)	57 (2-1/4)	457 (18)
2TTB0048A	2	2	730 (28-3/4)	724 (28-1/2)	651 (25-5/8)	1-1/8	3/8	137 (5-3/8)	65 (2-5/8)	210 (8-1/4)	57 (2-1/4)	457 (18)
2TTB0060A	3	1	832 (32-3/4)	829 (32-5/8)	756 (29-3/4)	1-1/8	3/8	143 (5-5/8)	92 (3-5/8)	210 (8-1/4)	79 (3-1/8)	508 (20)

From Dwg. 21D153074 Rev. 10



Installer's Guide





Installer's Guide

CHECKOUT PROCEDURE

After installation has been completed, it is recommended that the entire system be checked against the following list:

1. Refrigerant Line, Leak checked []
2. Suction Lines and Fittings properly insulated []
3. Have all Refrigerant Lines been secured and isolated properly? []
4. Have passages through masonry been sealed? If mortar is used, prevent mortar from coming into direct contact with copper tubing []
5. Verify tightness of all electrical connects []
6. Observe outdoor fan during on cycle for clearance and smooth operation []
7. Indoor coil drain line drains freely. Pour water into drain pan []
8. Supply registers and return grilles open and unobstructed []
9. Return air filter installed []
10. Thermostat thermometer is accurate. Check against a reliable thermometer. Adjust per instructions with thermostat []
11. Is correct speed tap being used? (Indoor blower motor) []
12. Operate complete system in each mode to insure safe operation. []

CHECKOUT PROCEDURE WITH MAIN POWER DISCONNECTS CLOSED (ON)

Step No.	TO CHECK	INDOOR THERMOSTAT SWITCH SETTING					COMPONENT OPERATION				
		Off	① Cool	① Heat	Fan Switch		Indoor Blower Runs	Outdoor Fan Runs	Compressor Runs	③ Comp. Sump Heater	Furnace Heat Comes On
					Auto	On					
1	Sump Heat	X			X					X	
2	Indoor Fan Operation	X				X	X			X	
3	Cooling Operation		X		X		X	X	X	X	
4	Checking Performance & Charge		X		X		X	X	X	X	
← USE CHARTS ATTACHED TO O.D. UNIT →											
5	Heating ②			X	X		X			X	X
6	Inform owner on how to operate system and what to expect of it. At the same time deliver Owner's Use and Care Booklet.										

- ① Also set thermostat dial to call for cooling or heating as necessary.
- ② Check only necessary if heating unit is used for indoor section and wiring has been disturbed during installation of cooling equipment.
- ③ When applicable.



Trane has a policy of continuous product and product data improvement and it reserves the right to change design and specifications without notice.



ANEXO 2

TABLA DE CÁLCULO DE AIRE ACONDICIONADO



Procedimiento de Cálculo para Equipos de Aire Acondicionado

Información Técnica

Procedimiento

1. Nombre del Área a implementar Aire Acondicionado: _____

2. Ubicación Geográfica: _____

3. Metros Cuadrados del área para acondicionar = _____ = _____ BTU's/Hr

Determinar la cantidad de metros cuadrados del recinto para acondicionar.

Área			Enfriamiento			Área			Enfriamiento		
ft ²	m ²	BTU's/Hr									
75	7	2600	1250	117	24900	5000	467	100350			
100	9	3350	1500	140	28900	6000	560	118400			
150	14	5200	1750	163	35800	7000	653	136200			
200	19	6000	2000	187	36100	8000	747	154300			
250	23	6900	2250	210	42900	9000	840	172500			
300	28	7500	2500	233	46900	10000	933	190400			
350	33	7900	2750	257	53800	11000	1027	208700			
400	37	9000	3000	280	54000	12000	1120	226400			
500	47	10900	3250	303	64700	13000	1213	244200			
600	56	12800	3500	327	71600	14000	1307	262300			
800	75	14900	3750	350	78500	15000	1400	280700			
900	84	17000	4000	373	82500	17500	1633	327700			
1000	93	18000	4500	420	89450	20000	1867	374900			

4. Número de Personas = _____ = _____ BTU's/Hr

Número de personas que ocupan el cuarto de forma rutinaria. Cada persona genera cerca de 600 BTU's/Hr. Si no existen personas pasar al siguiente paso.

Personas	BTU's/Hr	Personas	BTU's/Hr	Personas	BTU's/Hr
1	600	60	36000	240	144000
2	1200	70	42000	260	156000
3	1800	80	48000	280	168000
4	2400	90	54000	300	180000
5	3000	100	60000	350	210000
10	6000	120	72000	400	240000
15	9000	140	84000	450	270000
20	12000	160	96000	500	300000
30	18000	180	108000	600	360000
40	24000	200	120000	700	420000
50	30000	220	132000	800	480000



5. Metros cuadrados de Ventanas = _____ m² = _____ BTU's/Hr

Determinar la cantidad de metros cuadrados que se tienen de ventanas expuestas al sol. Cada 1.4 metros cuadrados de ventana generan 1000 BTU's/Hr. Si no existen ventanas, pasar al siguiente paso.

m ²	BTU's/Hr	m ²	BTU's/Hr	m ²	BTU's/Hr
1	714	15	10714	45	32142
2	1429	20	14285	50	35714
3	2143	25	17857	60	42857
4	2857	30	21428	70	50000
5	3571	35	25000	80	57142
10	7143	40	28571	100	71428

6. Equipos Electrónicos = _____ Watts = _____ BTU's/Hr

Determinar la cantidad de Watts generados por los equipos electrónicos. (Computadoras, Lámparas, Centro de Control de Motores, Copiadoras, Impresoras, etc.) Cada 1000 Watts generan 3414 BTU's/Hr. Si no existe equipo electrónico, pasar al siguiente paso.

Watts	BTU's/Hr	Watts	BTU's/Hr	Watts	BTU's/Hr
1000	3414	10000	34140	30000	102420
2000	6828	12500	42675	40000	136560
3000	10242	15000	51210	50000	170700
4000	13656	17500	59745	70000	238980
5000	17070	20000	68280	80000	273120
7500	25605	25000	85350	100000	341400

7. Cocinas = _____ m² = _____ BTU's/Hr

Determinar la cantidad de metros cuadrados de la cocina. Este cálculo es adicional al cálculo de metros cuadrados. A cada 10 metros cuadrados de cocina se deberá agregar 4000 BTU's/Hr al cálculo original de metros cuadrados.

m ²	BTU's/Hr	m ²	BTU's/Hr	m ²	BTU's/Hr
10	4000	35	14000	70	28000
15	6000	40	16000	80	32000
20	8000	45	18000	90	36000
25	10000	50	20000	100	40000
30	12000	60	24000	120	48000

8. Exposición del Recinto = +10% ó -10%

Determinar la exposición que tiene el recinto al sol en base a la siguiente tabla:

Recinto	
Expuesto al Sol	Expuesto a la Sombra
+10%	-10%



9. Toneladas y/o BTU's/Hr requeridos:

Sumar todas las cantidades anteriores. Sumar o restar 10% de acuerdo al punto de Exposición del Recinto. Una vez obtenida la cantidad total de BTU's/Hr, se deberá dividir entre 12000 para obtener la cantidad de Toneladas de Refrigeración.

Resumen	
Descripción	BTU's/Hr
1. Nombre del Area:	
2. Ubicación Geográfica:	
3. Metros Cuadrados =	
4. Personas =	
5. Ventanas =	
6. Equipo Electrónico =	
7. Cocinas =	
Total 1 = Sumatoria de Puntos 3, 4, 5, 6 y 7.	
8. Exposición del Recinto = +10% ó -10% del Total 1	
Total 2 = Total 1 + Punto 8	
Toneladas Requeridas = Total 1 / 12000 BTU's/Hr	

10. Nombre del Equipo de Aire Acondicionado Sugerido: _____.

11. Clave VentDepot del Equipo de Aire Acondicionado: _____.

12. Capacidad de Acondicionamiento: _____ Ton.

13. No. de Equipos de Aire Acondicionado Requeridos = Toneladas Requeridas / Capacidad de Acondicionamiento = _____.

Atentamente,
VentDepot.com

Gerencia Técnica