

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO POR AGUA EN EDIFICIOS

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

JUAN CARLOS TARAZONA OSORIO

**PROMOCIÓN
2005-I**

**LIMA – PERÚ
2012**

**ESTUDIO DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
PARA SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO POR AGUA EN
EDIFICIOS**

Agradezco a mis seres queridos:
A mis padres por el sacrificio y por la
Confianza que pusieron en mí.
A mis hermanos que me guiaron
A tener una profesión.
A mi amiga Heidi por presionarme para sacar mi título.
Y a mis Profesores y compañeros de estudios
Por su apoyo y amistad.

SUMARIO

El presente informe describe y propone el mecanismo de ahorro de energía en la elaboración y proyecto de aire acondicionado para edificios, hoteles y hospitales.

Lo usual es que la máxima demanda de energía eléctrica se produzca en las primeras horas de la noche, horas a las que llamamos “de punta”, cuya naturaleza hace que los costos sean máximo durante ellas; esas horas están vinculadas al alumbrado eléctrico. Sin embargo, existen realidades donde las horas de punta durante el verano vienen marcado por el uso del aire acondicionado, que es un doble depredador del medio ambiente, no sólo indirectamente como consumidor intensivo de energía eléctrica sino también directamente por el uso de refrigerante que afectan a la capa de ozono

No existe un criterio estándar para realizar este dimensionamiento, éste procedimiento varía dependiendo del criterio que tiene cada operador y más aun depende mucho del perfil del usuario (esta varia de país en país).

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERIA DEL PROBLEMA

1.1	Descripción del Problema-----	2
1.2	Objetivo del Trabajo-----	2
1.3	Evaluación del Problema-----	2
1.4	Herramientas y Datos de Entrada-----	2
1.5	Consumo del Chiller en Función de la Temperatura del ambiente y confort-----	11
1.6	Requerimiento de Control y Operación -----	12

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1	Introducción-----	13
2.2	Teoría de Refrigeración-----	13
2.3	Unidad de Capacidad-----	13
2.4	Efecto de Refrigeración-----	14
2.5	Componente del Ciclo de Refrigeración -----	14
2.5.1	Compresión de Vapor -----	14
2.5.2	Evaporadores -----	15
2.5.3	Condensadores -----	15
2.5.4	Compresores-----	15
2.5.5	Control de Flujo de Refrigerante-----	15
2.6	Chiller para Aire Acondicionado-----	16
2.7	Control de Seguridad en los Sistemas Chillers-----	17
2.8	Descripción de otros elementos de Control en los Equipos de Chiller -----	19
2.9	Métodos de Control-----	19

2.10	Control mediante PLC-----	21
2.10.1	Aplicaciones de los PLC-----	21
2.10.2	Arquitectura Interna de un PLC-----	21
2.10.3	Visualización Mediante HMI-----	22
2.10.4	Accionamiento Mediante VDF-----	22

CAPITULO III

METODOLOGIA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1	Introducción-----	26
3.2	Por Regulación de Flujo de Agua-----	26
3.3	Dimensionamiento Circuito Hidráulico Empleado en Sistema de Aire Acondicionado -----	27
3.4	<i>Sistema de Climatización con Bombeo Primario Secundario con Flujo Variable y Válvula de dos Vías.</i> -----	28
3.5	Sistema de Climatización (Proceso) -----	31
3.6	Modelación de Control-----	34
3.6.1	Narrativa de Control-----	36
3.6.2	Control Secuencial-----	37
3.6.3	Lógica de Control-----	37
3.6.4	Identificación Secuencial de Control y Condiciones-----	38
3.7	Desarrollo de Programa de control (PLC) -----	40
3.7.1	Desarrollo de Programa de Supervisión HMI-----	40
3.7.2	Comunicación entre Dispositivos-----	41

CAPITULO IV

EQUIPO Y MATERIALES DE EJECUCION

Tabla 4.1	Listado de Equipos de Proceso y Codificación-----	48
Tabla 4.2	Listado de Instrumentación de Entrada y Codificación (sensores) -----	49
Tabla 4.3	Listado de Instrumentación de Salida y Codificación (actuadores) -----	52
Tabla 4.4	Listado de Equipos y Automatización-----	55

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones y Recomendaciones-----	56
------------	-------------------------------------	----

ANEXOS

ANEXO A

Distribución de los Planos de la Red Hidráulico y Ubicación de Equipo

ANEXO B

Control Lógico Programable

ANEXO C

Manejadora de Aire (UMA)

ANEXO D

Variador de Frecuencias

ANEXO E

Descarga de Programa en PLC GLOFA GM6

ANEXO F

Sensor de Flujo de Aire

BIBLIOGRAFIA

PROLOGO

El crecimiento económico ha llevado la construcción grandes edificios modernos (clínicas, hoteles, etc.) y la exigencia del confort del acondicionamiento de aire a una temperatura adecuada para la persona.

La función del chiller en un edificio es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort y sanitarias (conservación de la salud y prevención de enfermedades), o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación caso de industrias. Para conseguir condiciones de confort se debe instalar un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante todo el año.

Antes de hacer la estimación de la carga es necesario realizar un estudio completo que garantice la exactitud de evaluación de las componentes de cargas. Si se examinan minuciosamente las condiciones del local y de la carga real instantánea, podrá proyectarse.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERIA DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los factores climatológicos tales como: temperatura exterior, localización geográfica, precipitaciones, entre otros tiene una gran influencia en las condiciones de confort y sanitarias (conservación de la salud y prevención de enfermedades), en el presente trabajo se hace un estudio de la influencia de estos factores y como es el control de presión, temperatura y ahorro de energía sobre un sistema de enfriamiento por agua (chiller).

1.2 OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo del presente trabajo es realizar el estudio de la medición, control de temperatura ésta se monitorea por termostato de temperatura instalado en el interior del edificio y se controla vigilando el caudal de flujo de aire entra en los ambientes. Reducir el consumo de energía bajo determinadas condiciones climatológicas y nivel de ocupación de un edificio dado de tal manera que se alcance los valores establecidos para óptimo ambiente de de confort.

1.3 EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

El trabajo aborda el desarrollo de un procedimiento para establecer la temperatura más adecuada del agua helada en los sistemas de climatización centralizados del tipo «todo agua» a flujo constante, con el objetivo de reducir el consumo de energía bajo determinadas condiciones climatológicas y nivel de ocupación de un edificio.

El ahorro de energía en edificaciones es un asunto muy tratado en la actualidad debido a los elevados gastos energéticos y al costo asociado a la operación de estos sistemas.

Particularmente, en los hoteles y hospitales, es imprescindible garantizar las condiciones de confort de los usuarios a partir del empleo de sistemas de climatización, siendo éstos responsables de alrededor de 60% del consumo total de electricidad.

Los sistemas de climatización utilizados en la hotelería, son generalmente del tipo centralizado, de compresión mecánica, con enfriadores de agua y distribución del agua helada a los diferentes sectores del hotel. Estos son conocidos como sistemas «todo agua». Desarrollar un modelo general que integre todos los factores que influyen en el comportamiento energético y determinan el consumo en un hotel, resulta en ocasiones una tarea engorrosa, y en cierta medida difícil de lograr, ya que el consumo es dependiente, entre otros factores, de:

- a. Las condiciones climáticas.
- b. Los objetivos turísticos del hotel o clínica.
- c. Los hábitos, tradiciones y objetivos de los clientes.
- d. El tipo de sistema de climatización.
- e. La estrategia y nivel ocupacional.
- f. El ajuste de los parámetros de operación.

Por otra parte, para resolver este problema mediante procedimientos tradicionales, se necesita modelado detallado de un conjunto de sistemas complejos e interrelacionados. En este tipo de solución intervienen recursos, investigadores y un período de investigación que no siempre están disponibles, debido a que es un caso de optimización con un extenso campo de búsqueda, donde la interrelación entre las variables participantes en ocasiones no está claramente definida o existen determinadas incertidumbres e imprecisiones, que no siempre pueden ser resueltas satisfactoriamente por esta vía.

1.4 HERRAMIENTAS Y DATOS DE ENTRADA DISPONIBLES

La eficiencia de estos sistemas de aire acondicionado está sujeta entre otras cosas a la influencia de las variables climatológicas que determinan en gran medida las condiciones de operación de los chillers (sistema de enfriamiento por agua).

Para poder evaluar el intercambio de energía entre el edificio y su entorno es importante estudiar el fenómeno climatológico de la ubicación del edificio, así como los parámetros de forma y volumen que afectan a la transmisión de la misma.

a) Datos hidráulicos para un sistema de aire acondicionado central con chiller.

El edificio de tres niveles:

Tenemos un pequeño edificio de tres niveles, ver anexo A (plano de las instalaciones de las tuberías e equipos de aire acondicionado en todo el ambiente del hotel) con diversas áreas que debemos climatizar utilizando un sistema central de aire acondicionado.

En él se colocará 6 manejadoras, distribuidas dos por piso y según el nivel que se encuentran se denomina manejadoras 1A y 1B para las de primer nivel, 2A y 2B para las del segundo nivel, 3A y 3B para las del tercer nivel(Ver ANEXO A). La terraza del edificio, está ilustrada el chiller, la bomba y tubería de agua están distribuidas en forma simétrica para la mejor distribución del agua helada.

El sistema de conexión hidráulica con retorno inverso y las distancias de tuberías desde la salida de la bomba hasta la succión de esta para cada circuito de cada manejadora, ver el Anexo A están dibujadas las manejadoras en cada nivel, el chiller, la bomba y la tuberías de suministro y retorno de agua, todo está dibujada escala 1:125

Paso 1:

Medir los circuitos de cada manejadora desde la bomba y compararlos para ver cual circuito es más largo. Las dimensiones del circuito de todas las manejadoras van desde la salida de la bomba hasta la succión de esto se observa la agrupación simétrica de todo el recorrido de la tubería que lleva agua helada para todas las instalaciones de todo el hotel, toda los calculo son realizados para el mejor diseño y capacidad del equipo estos se agrupara en las siguientes tablas

Tabla 1.1. Circuito manejadora 1A

TRAMO	METROS
ABC	21.5
CF	7.4
FF1	4.9
F2G	5.7
GK	9.7
KH	8.8
TOTAL	58

Tabla 1.2. Circuito manejadora 1B

TRAMO	METROS
ABC	21.5
CE	7.4
FF3	19.6
F4G	20.9
GK	9.7
KH	8.8
TOTAL	87.9

Tabla 1.3. Circuito manejadora 2A

TRAMO	METROS
ABC	21.5
CD	4.3
ED1	4.9
E2J	5.7
JGK	12.8
KH	8.8
TOTAL	58

Tabla 1.4. Circuito manejadora 2B

TRAMO	METROS
ABC	21.5
CE	4.3
EE3	11
E4J	10.5
JGK	12.8
KH	8.8
TOTAL	68.9

Tabla 1.5. Circuito manejadora 3A

TRAMO	METROS
ABC	21.5
CD	1.2
ED1	4.9
E2J	5.7
JGK	15.8
KH	8.8
TOTAL	57.9

Tabla 1.6. Circuito manejadora 3B

TRAMO	METROS
ABC	21.5
CD	1.2
DD3	11
D4I	10.4
IJGK	15.8
KH	8.8
TOTAL	68.7

Como se observa en las tablas existe mucha simetría en la instalación del recorrido de las tuberías con esto se aprovecha la máxima eficiencia de todas las bombas de agua, como el descanso de la compresoras de aire y la reducción del consumo de energía eléctrica. La variación de las medidas de la tubería es mínima.

Usando el sistema tendido de tubería con retorno inverso las distancias desde la bomba para todas las manejadoras son parecidas, los que no dará un sistema más que uno con sistema de retorno directo.

Paso 2

Determinar los diámetros de tubería para cada tramo, en la **figura 1.1** vemos la distribución de caudales de agua para cada manejadora, estos caudales son datos de fabricante. El caudal total que debe manejar la bomba es la suma de los caudales para cada manejadora, es este caso el caudal de la bomba es $6 \times 23 = 138 \text{ gpm}$.

El trabajo ahora es seleccionar un diámetro apropiado para cada tramo de tubería tratando de mantener los siguientes límites de pérdida de fricción y velocidades de agua dentro de las tuberías

Distancia ABCD

Caudal 138 gpm

Longitud total 71.72 pies

La velocidad dentro de la tubería se calculará con la siguiente fórmula

$$V = 0.4085 \frac{\text{gpm}}{d^2}$$

V = velocidad del agua dentro de la tubería en pies / segundo

gpm = galones de agua por minuto

d = diámetro del tubo en pulgadas

Algunas alternativas de diámetro para este tramo

Diámetro(pulg)	Pérdida ($\frac{\text{pies}}{100}$)	Velocidad($\frac{\text{pies}}{\text{seg}}$)
3	3.5	6.26
3 ½	1.75	4.6

Con el diámetro de tubo de 3 ½ tenemos una pérdida de fricción pequeña y la velocidad del agua queda dentro de un rango aceptable, por lo que para el tramo ABCD usaremos el tubo de 3 ½ pulgadas de diámetro.

Distancia DE

Caudal 92 gpm

Longitud total 9.84 pies

Diámetro(pulg)	Pérdida ($\frac{pies}{100}$)	Velocidad($\frac{pies}{seg}$)
3 ½	1	3.06
3	2	4.18
2 ½	6	6.013

El tramo DE es parte del cabezal principal del sistema, para mantener una pérdida por fricción parecida al primer tramo, manteniendo la velocidad del agua dentro de los parámetros seleccionamos un diámetro de 3 pulgadas

Distancia EF

Caudal 46 gpm

Longitud 9.84 pies

Diámetro(pulg)	Pérdida ($\frac{pies}{100}$)	Velocidad($\frac{pies}{seg}$)
2 ½	1.7	3
2	5	4.69

Seleccionamos un diámetro de tubería de 2 ½, con el tubo de 2 la pérdida por fricción es muy grande.

Distancia IJ

Caudal 46 gpm

Longitud 9.84

Las características de este tramo son iguales a las del tramo EF por lo que seleccionamos también un diámetro de tubería de 2 ½ pulgadas para éste tramo.

Distancia JG

Caudal 92 gpm

Longitud 9.84

Este tramo tiene características similares al tramo DE por lo que le seleccionamos un diámetro de 3 pulgadas

Distancia GKH

Caudal 138 gpm

Longitud 61 pies

Este tramo es de características similares al tramo ABCD, entonces usaremos un diámetro de tubería de 3 ½ pulgadas.

Los tramos de derivación para las 6 manejadoras, todos manejan caudales de 23 gpm, el diámetro de la tubería de suministro y retorno de agua son iguales todos, se calcularán juntos.

Diámetro(pulg)	Pérdida ($\frac{pies}{100}$)	Velocidad($\frac{pies}{seg}$)
2	1	2.34
1 ½	4	4.17
1 ¼	8	6.013

Seleccionamos diámetro de tubería de 2 pulgadas, y corresponde para todo los circuitos derivados:

DD1 D2 I, DD3D4I, EE1E2J, EE3E4J, FF1F2G, FF3F4G.

Paso 4

En este paso calcularemos la potencia de la bomba (WHP), usando los datos que ya calculamos anteriormente.

$$WHP = \frac{gpm * Hf}{3960}$$

El caudal total del circuito es la suma de los caudales requeridos por todos los serpentines de las manejadoras, estamos instalando 6 manejadoras.

Estas manejadoras necesitan un flujo de agua de 23 gpm cada una, en las 6 manejadoras tendríamos un caudal total de:

$$23 * 6 = 138 \text{ gpm}$$

Entonces tenemos:

$$Q = 138 \text{ gpm}$$

$$Hf = 107.7 \text{ pies de agua}$$

$$WHP = \frac{138 \text{ gpm} * 107.7 \text{ pies de agua}}{3960}$$

$$WHP = 3.75$$

Los 3.75 WHP representa la potencia de agua o líquido, para calcular la potencia al freno de la bomba debemos conocer la eficiencia de la bomba (n), dato que proporciona el fabricante y se calcula así:

$$BHP = \frac{3.75}{n}$$

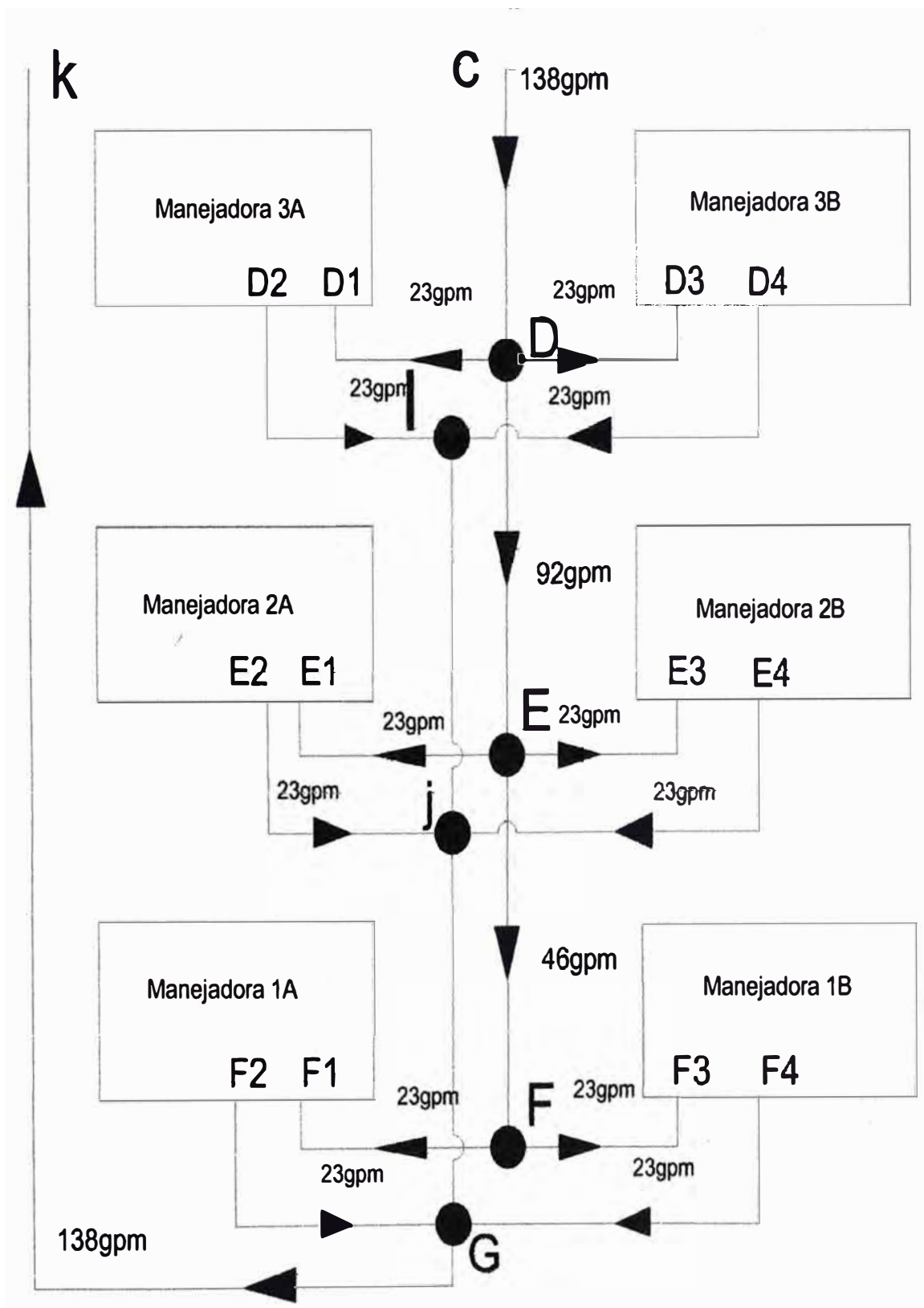


Figura 1.1 Esquema de Distribución de Caudales de para cada Manejadora

b) Influencia de las variables climatológicas en los sistemas chiller

La característica que influye sobre el intercambio térmico entre una edificación y su contexto puede ser extrínseca e intrínseca. Las características medio ambientales, son entendidas como una serie de parámetros externos a la edificación que influyen directamente en el intercambio energético entre la edificación y el medio.

El clima es concebido como parte del medio ambiente, que puede ser analizado como variable independiente si solamente se toman en cuenta los factores climáticos, o bien como una variable dependiente si se consideran los diferentes variables ambientales.

Para tener una visión más aproximada de la realidad ha de tomarse en cuenta tanto los parámetros como los factores climáticos del lugar.

El planteamiento sobre el clima, en el diseño y acondicionamiento de aire resulta esencial tener presente las variables ambientales. Cada uno de sus valores junto con las variables del contexto y los parámetros de confort, nos proporcionan el lineamiento y criterios a seguir para establecer un correcto intercambio energético en el interior y exterior de la vivienda y de esta manera lograr bienestar en los habitantes.

c) Elementos climáticos o parámetros medio ambientales.

Los elementos del clima son entendidos como las condiciones, variables o propiedades físicas de la atmosfera utilizadas para medir y describir el clima en un momento dado, lo cual quiere decir que afectan el tiempo atmosférico. Estos elementos son de gran importancia para el diseño arquitectónico y pueden ordenarse siguiendo una secuencia aproximada de causa y efecto. Las variables importantes son: la radiación solar, el viento, la temperatura, la humedad, las precipitaciones, la radiación de onda larga y la presión atmosférica, aspectos importantes para la selección y el diseño de sistemas de aire acondicionado.

La variabilidad del clima y el hecho de incluir en su estudio parámetros no controlados nos ha llevado a efectuar un análisis preliminar partiendo de los datos registrados por los departamentos meteorológicos con el objetivo de comprobar la dependencia del consumo eléctrico del chiller en función de las variables climatológicas.

Las pruebas fueron realizadas 5 días del mes de noviembre luego desde el 5 días del mes de febrero y 4 días del mes de abril, en estos periodos analizados se logra valorar diferentes estaciones del año y etapas de alta y baja del hotel.

En estudios realizados se ha valorado la influencia de algunos datos climatológicos tales como:

1.5 CONSUMO DEL CHILLER EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AMBIENTE Y CONFORT.

En el sistema de enfriamiento de agua la temperatura de ambiente ejerce una gran influencia, debido a que esta se aleja de la requerida se aleja del confort que en este caso es de 24°C. El trabajo del compresor será mucho mayor en el equipo, para lograr disminuir la temperatura del agua de retorno que ha tenido ganancia de calor en su recorrido por las diferentes áreas del edificio que encuentre en funcionamiento hasta la temperatura fijada en el (set-point) que garantice las condiciones de climatización requeridas por los usuarios.

La variación de los consumos eléctricos en función de los cambios de temperatura ambiente y controlando la temperatura en el interior de la habitación se construyen los gráficos siguientes:

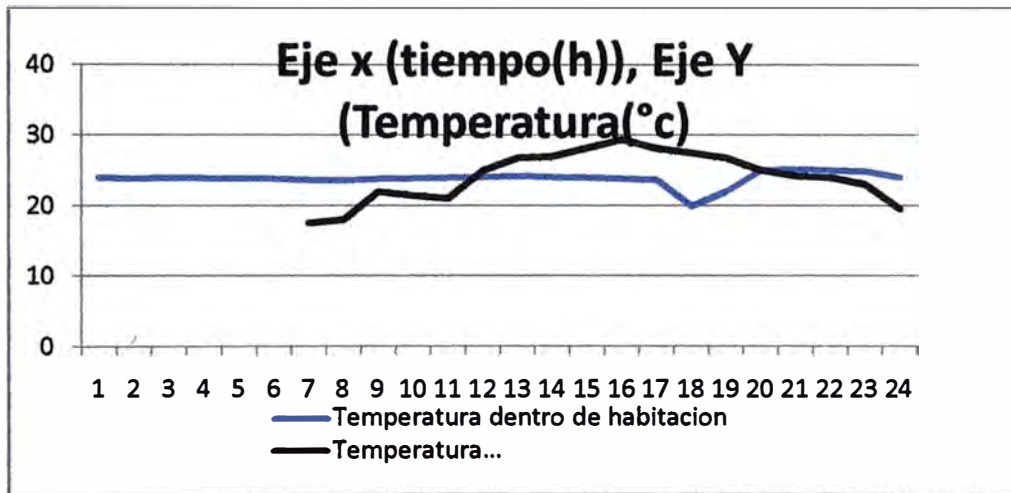


GRAFICO 1.1 Datos climatológicos Del 31/11/2010

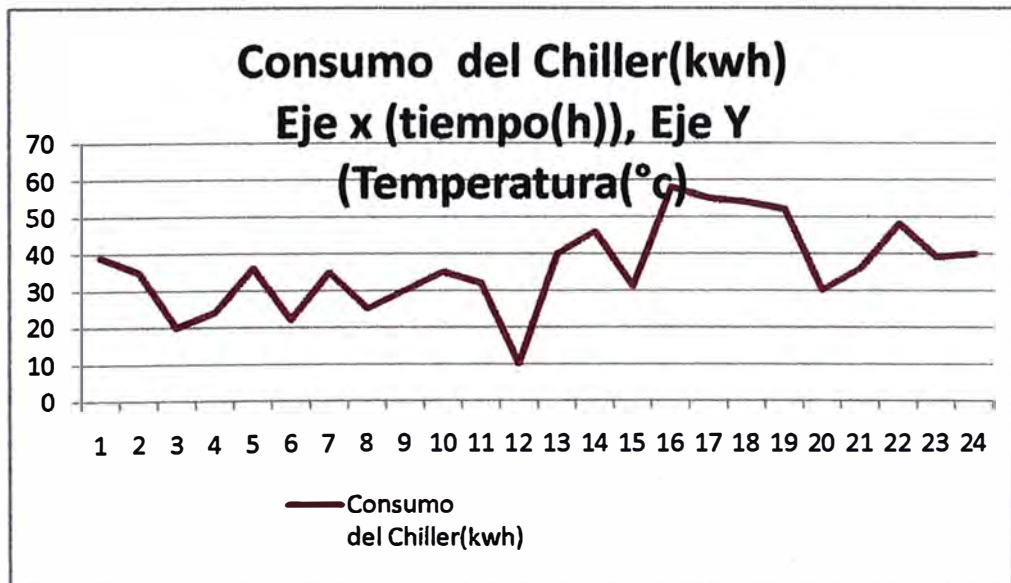


GRAFICO 1.2 Consumo de chiller al variar la temperatura de ambiente 31/11/10

En el **grafico1.1** se ilustra el procedimiento de un día de prueba, se observa la dependencia que tiene con la temperatura ambiente en los consumo de chiller. A pesar de que los cambio de temperatura en la época de prueba no fueron sensible y las variaciones a lo largo del día no fueron significativa se nota cambio en los consumos con la variación de la temperatura.

La temperatura máxima se presenta entre las 12 horas y 13 horas en el 89% de los casos para la muestra tomada, y la mínima en el 50% de los casos se encuentra entre las 1 y 2 horas.

En el **gráfico 1.2** se ilustra que aunque la temperatura ambiente no varía mucho el comportamiento del chiller es bastante inestable a partir de las 12am pues en este horario es en el que se produce la mayor ocupación del hotel.

En nuestro medio, es frecuente encontrar instalado sistema centrales de aire acondicionado, no se tiene información específica sobre la forma de funcionamiento de estos sistemas, cómo interactúan los diferentes componentes y los criterios necesarios para la elección de determinados proyectos, ampliación o modificación ya instalado.

Es necesario conocer la forma en que se diseñó la red hidráulica entre el equipo chiller, las bombas de agua, manejadoras del sistema, reconocer un sistema de retorno directo y uno inverso y las ventajas de uno sobre todo.

Tener los parámetros claros que intervienen en la selección de las bombas de agua y poderlos calcular y determinar, en un momento dado, si fuera conveniente reemplazarla por otra de mayor capacidad.

1.6 REQUERIMIENTOS DE CONTROL Y OPERACIÓN

El problema tiene su origen en la necesidad de contar con un sistema de regulación automática para poder controlar y supervisar el proceso de climatización del ambiente del edificio todo esto prescindiendo de un operario como “instrumento de control”.

En un sistema de Climatización como este se presenta variables ambientales como la temperatura y la humedad. Aquí se destaca el concepto HVAC/R(o Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración). Esto repercute en un sistema de métodos y técnicas que estudian sobre el tratamiento del de aire en cuanto a su calentamiento, enfriamiento, des humidificación, calidad.

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 INTRODUCCIÓN

El capítulo consiste en conocer los fundamentos de la teoría de la refrigeración mecánica por medio de compresión de vapor, los componentes del ciclo de refrigeración y el funcionamiento básico para poder tener un buen criterio técnico en la selección de una máquina de enfriamiento de agua para un sistema de aire acondicionado central (Chiller).

2.2 TEORÍA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de enfriamiento por agua (Chiller) está basada en la ciencia de la refrigeración en el hecho de que un líquido puede ser vaporizado a cualquier temperatura deseada, cambiando la presión a la que se encuentre este.

El agua bajo la presión atmosférica ordinaria de 14.7psia, se evaporará al incrementar a 212°F. La misma agua contenida en un tanque bajo una presión de 67.013psia no se evaporará hasta que alcance los 300°F.

Si tenemos agua en un tanque cerrado a una temperatura de 100°F, esta empezará a evaporarse si la presión se reduce a 0.9492psia usando una bomba de vacío. De hecho el agua puede evaporarse a temperaturas menores a 100°F si la presión es lo suficientemente baja, por ejemplo a 40°F, si la presión se reduce a 0.1217psia.

Los líquidos que hierven a bajas temperaturas son los más deseables como medio para transportar calor. Relativamente grandes cantidades de calor se absorben cuando los líquidos se evaporan a temperaturas menores de 0°F bajo presiones atmosféricas normales. El cloruro de metilo se evapora a -10.8°F, el amoníaco -28°F, el refrigerante 22 a -41.4°F.

2.3 UNIDAD DE CAPACIDAD

En la antigüedad, el hielo fue usado para la preservación de los alimentos, una tonelada de hielo se funde a 32°F en 24 horas absorbiendo calor a una razón de $12000 \frac{BTU}{hr}$

$$1 \text{ tonelada de refrigeración} = (144 \frac{BTU}{hr}) * (\frac{2000Lb}{24 \text{ horas}}) = 12000 \frac{BTU}{hr}$$

Este concepto se mantiene dentro de campo de la refrigeración mecánica, donde un sistema de refrigeración que tiene la capacidad de extraer calor a una razón de $12000 \frac{BTU}{hr}$, se dice que tiene la capacidad de 1 tonelada, en este caso 1 tonelada es una razón de flujo de calor. Por ejemplo: en un equipo de aire acondicionado de 6 toneladas significa que es capaz de absorber calor a una razón de 72000BTU por hora en el evaporador.

2.4 EFECTO DE REFRIGERACIÓN

La cantidad de calor que cada libra de refrigerante absorbe mientras fluye por el evaporador se denomina efecto de refrigeración. Cada libra de refrigerante que circula por el evaporador es capaz de absorber solamente el calor necesario para evaporarse. Si es que el sobrecalentamiento no toma lugar, si cuando el refrigerante líquido se aproxima a la válvula de expansión se encontrará exactamente a la temperatura en que se evaporaría dentro del serpentín del evaporador, éste entonces podría absorber la misma cantidad de calor que el calor de evaporación por la libra a la presión que se encuentre.

En otras palabras el efecto de refrigeración sería el mismo calor de evaporización la temperatura del refrigerante líquido que está próximo a la válvula, por lo general es siempre menor que el calor de vaporización.

En un ciclo teórico de refrigeración, el refrigerante absorbe calor solamente cuando fluye por el evaporador, sin embargo cuando el refrigerante líquido fluye por la tubería entre la válvula de expansión y el evaporador podrá ganar o perder calor dependiendo de si la temperatura del aire alrededor de estas tuberías es mayor o menor que la temperatura del refrigerante en este punto. Ahora, el refrigerante que fluye precisamente por válvula de expansión no perderá ni ganará calor, como lo mencionamos anteriormente, en el proceso del estrangulamiento el refrigerante no cambia de entalpia.

Supongamos un sistema que usa refrigerante R-12 que está trabajando una presión de 37psig dentro del evaporador, la mayor temperatura a la cual es posible tener el refrigerante líquido a esa presión es de 40°F.

2.5 COMPONENTE DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN

2.5.1 Compresión de vapor

El ciclo de compresión de vapor es el método más común de transferencia de energía calorífica (refrigeración). Hay cuatro elementos principales en el ciclo de compresión: evaporador, compresor, condensador y dispositivo de control de flujo de refrigerante.

2.5.2 Evaporadores

El evaporador o serpentín de enfriamiento es un intercambiador de calor, que se utiliza en los sistemas de refrigeración por compresión de vapor y de absorción, para extraer calor del medio a refrigerar. La extracción de calor la realiza un fluido que pasa del estado líquido al gaseoso. Este fluido lo llamaremos frigorífico o refrigerante. El calor latente de vaporización es el que, fundamentalmente, se extrae del medio a enfriar.

2.5.3 Condensadores

En un ciclo de refrigeración por compresión de vapor el calor absorbido en el evaporador y el calor equivalente al trabajo necesario para elevar la presión del refrigerante se disipan en el condensador de la unidad; que además devuelve el estado líquido al refrigerante. Éste calor debe ser extraído por un fluido vehicular que generalmente es agua o aire, que enfría el calor extraído por el gas refrigerante del medio a enfriar, la capacidad de enfriamiento aumenta al tamaño de los serpentines.

2.5.4 Compresores

Después de que el refrigerante ha perdido calor y se vaporiza en el evaporador, el refrigerante pasa a través de la línea de succión al siguiente componente mayor en el circuito de refrigeración, el compresor.

Esta unidad tiene dos funciones principales dentro del ciclo, se clasifica frecuentemente como el corazón del sistema, porque circula el refrigerante a través del circuito. Las compresoras realizan la función de recibir o remover el vapor refrigerante desde el evaporador, de tal manera que la presión y la temperatura deseada puedan mantenerse.

Incrementar la presión del vapor refrigerante a través del proceso de compresión y simultáneamente incrementar la temperatura del vapor, de tal manera que pueda ceder su calor al medio refrigerante del condensador y poder cumplir el ciclo de refrigeración.

2.5.5 Control de flujo refrigerante

El siguiente componente fundamental en el ciclo de refrigeración es el control de flujo de refrigerante.

Hay seis tipos básicos de válvulas o controles para control del flujo de refrigerante:

- 1) La válvula de expansión manual
- 2) La válvula de expansión automática
- 3) La válvula de expansión termostática
- 4) El tubo capilar

- 5) La válvula de flotador de presión baja
- 6) La válvula de flotador de presión alta

Independientemente del tipo, la función de cualquier control de flujo de refrigerante es el de medir el refrigerante líquido en la tubería del líquido que va hacia el evaporador con una rapidez que sea proporcional a la cual está ocurriendo la vaporización en esta última unidad. Mantener un diferencial de presión entre los lados de alta y baja presión del sistema a fin de permitir vaporizar el refrigerante bajo condiciones de baja presión deseadas en el evaporador.

2.6 CHILLER PARA AIRE ACONDICIONADO

Aire acondicionado central

Denominamos a un sistema de aire acondicionado central cuando ya no tenemos equipos individuales para determinados ambientes exclusivamente, sino todo un sistema conformado por una o varias unidades manejadoras de aire, un equipo de enfriamiento, un sistema de ductos de aire, etc.

El sistema central, conformado principalmente con lo que mencionamos en el anterior párrafo, tiene como función acondicionar la mayor cantidad de ambiente localizados dentro de algún lugar como por ejemplo un edificio.

En un hotel tenemos habitaciones, pasillos, oficinas, salas de conferencia y mucho más.

Un sistema central de enfriamiento directo es cuando el sistema está conformado por un equipo enfriador (unidad de condensador), una o varias manejadoras de aire, las que están compuestas por un evaporador (serpentín) donde se expande el gas refrigerante y por encima pasa el aire al cual se absorbe calor, el aire viaja por ductos hasta los diferentes ambientes a acondicionar.

Representa un circuito de refrigeración para un sistema de aire acondicionado en forma directa, la manejadora de aire tiene un evaporador de expansión seca, que en otras palabras es un intercambiador de calor entre el gas refrigerante dentro del evaporador y el aire que pasa sobre su serpentín.

Un sistema central de enfriamiento indirecto es cuando el sistema está conformado por un equipo de enfriamiento en forma de paquete, dentro de este paquete tenemos uno o varios compresores, un condensador enfriado por agua o aire, un evaporador que generalmente es de tipo de expansión seca de tubos y carcasa (acorazado), un control de flujo de refrigerante que usualmente es una válvula de expansión termostática y por supuesto algún refrigerante, en aire acondicionado se ha usado mucho el refrigerante 22 cuando se emplean compresores recíprocos, a este equipo paquete se llama chiller.

En el sistema central con chiller se enfría agua, el agua es bombeada a una gran cantidad de manejadoras dispuestas por todo el edificio y en estas se enfría el aire que llega hasta los diferentes ambientes.

El mecanismo de descargar los cilindros del compresor permite reducir la capacidad del compresor recíprocante, por ejemplo un compresor de 8 cilindros, los cilindros se descargan en parejas, cada pareja representa un 25% de la capacidad del compresor, siempre tomemos en cuenta que el compresor no puede descargarse hasta un 0% ya que en tal caso el motor propulsor estaría trabajando sin producir ningún trabajo de compresión y en tal caso sería lo mismo para el compresor.

Los compresores descargan generalmente entre 25 y 30%. Hay compresores de 6 cilindros que descargan en 33, 66 hasta el 100% secuencialmente.

Hay dos razones para utilizar descargadores en los compresores.

Es evitar el arranque del compresor a plena carga, ya que eso nos implica un elevado consumo de corriente eléctrica en el arranque, el cual se puede evitar arrancando el compresor a un 25% de su capacidad e ir aumentando la carga progresivamente.

Los descargadores nos ayudan a suministrar la potencia del chiller según las condiciones de carga que se le estén requiriendo a cada momento, recordemos que el chiller puede estar sometido a cargas variables.

2.7 CONTROL DE SEGURIDAD EN LOS SISTEMAS CHILLER

a) Control de seguridad de aceite: Se emplea en los compresores con lubricación de tipo de presión. Para el compresor si hay un fallo en la lubricación debido a fugas de aceite en el sistema, a filtros obturados que no deja entrar aceite en la bomba, exceso de refrigerante en el cárter, o presión del aceite insuficiente. Debe disponer un bypass en este interruptor en el arranque o utilizar un interruptor de retardo de tiempo cuando la bomba de aceite está conectada directamente al eje del compresor.

b) Control de baja presión: se utiliza para el compresor cuando la presión de aspiración se reduce hasta un punto que podría producir la congelación del enfriador de agua, o que podría producir la congelación del enfriador de agua, o que podría permitir la operación más allá de los límites prescritos de compresor.

El control de presión de baja se conecta directamente a la tubería de succión del sistema, hay un control de presión por cada compresor cuando éstos forman circuitos separados, en ocasiones los compresores están dispuestos en paralelo en un mismo circuito, en tal caso el fabricante instala un control por cada par de compresores instalados de esta manera.

- c) **Control de alta presión:** se utiliza para parar el compresor cuando la presión de descarga aumenta sobre los límites prescritos a causa de una condensación inadecuada, una sobrecarga del aire enfriador en el sistema, o cualquier otra razón. Ordinariamente se le combina con el interruptor de baja presión dentro de un mismo control llamado doble interruptor de presión.

Es una inspección de seguridad que calcula la presión del lado de alta presión del sistema, controla que la presión no sobrepase los límites de diseño del equipo y que puedan causar avería como: dañar válvulas de los compresores, romper algún sello, etc.

Hay un control de presión de alta por cada compresor, y en estos aparatos no se puede cambiar los parámetros de disparo (set point) ya que vienen preestablecidos de fábrica.

- d) **Control de seguridad de agua enfriada:** Se utiliza este interruptor con las unidades enfriadoras de agua para parar el compresor cuando la temperatura del agua en el enfriador se aproxima al puente de congelación.

Este termostato es un dispositivo de seguridad, el bulbo está colocado en la parte superior del enfriador de carcasa y evita que el agua alcance temperaturas de congelamiento. Si el agua llega a congelar dentro del enfriador puede causar grandes daños al equipo, el agua congelada se expande y puede romper los tubos del enfriador y luego el agua inundará todo el sistema de refrigeración, evaporador, compresor, condensador. La temperatura de este termostato puede ser graduado manualmente algunos fabricantes aconsejan graduarlo para que se dispare a 36°F.

- f) **Control de temperatura del motor:** Este interruptor se emplea en los compresores herméticos para parar al compresor cuando la temperatura en los devanados del motor llega a ser excesiva.
- g) **Protectores de sobrecarga del motor:** Se incluyen estos dispositivos en el conexionado del circuito compresor para pararlo cuando el motor consume excesiva corriente.

Funcionamiento del compresor:

El funcionamiento de un compresor alternativo debe impedir la excesiva acumulación del líquido refrigerante en el cárter durante el periodo de parada. Esto reduce la rápida evaporación del refrigerante en el arranque, lo cual produciría la formación de espuma en el aceite y pérdida de lubricación.

2.8 DESCRIPCION DE OTROS ELEMENTOS DE CONTROL EN LOS EQUIPOS DE CHILLERS

a. Control de temperatura del agua

El propósito de este control es monitorear la temperatura de retorno del agua, que entra al evaporador del chiller.

Existe variedad de controles entre lo que se encuentra los electromecánicos que utilizan un bulbo con gas, frecuentemente mercurio, es notorio encontrar pirómetros con termopares o resistores para medir la temperatura del agua.

b. Control de presión para ventiladores del condensador

Control de presión para ventiladores del condensador cuando el chiller tiene más de un ventilador en el condensador, generalmente la mitad arrancan junto con el arranque de los compresores, la otra mitad de ventiladores arrancarán dependiendo la presión dentro del condensador.

Cuando el chiller utiliza refrigerante R22 es deseable mantener la temperatura en el condensador a 105°F (210 psi). Este control de presión puede graduarse para que conecte cuando la presión en el condensador sobrepase los 210 psi.

Este control nos ayudará a mantener una adecuada presión en el condensador a manera de lograr la condensación del refrigerante, ya que dependiendo de la temperatura ambiente esta presión puede caer más allá de los parámetros de diseño.

Este control se conecta directamente a la tubería de descarga de refrigerante del sistema y estará monitoreando la presión en el lado de alta presión.

2.9 METODOS DE CONTROL

Los compresores pueden ser controlados manualmente sin emplear control automático, o por unos dispositivos simple de paso del compresor y del calentador de cárter, siempre que el sistema esté bajo la vigilancia y control permanente. El operador hará vacío del sistema mediante válvulas manuales, manteniendo cerradas las válvulas manuales manteniendo cerradas las válvulas de líquido, aspiraciones y descarga cuando la máquina no funciona.

Unas de las características de un compresor alternativo es que el aceite sale del cárter a velocidad acelerada inmediatamente después del arranque debe de estar seguido de un periodo de funcionamiento bajo control de un termostato de ambiente del medio en el local o habitación, provee generalmente suficiente tiempo de funcionamiento en la mayoría de los casos. Sin embargo, si el compresor está controlado de modo que responda a un termostato situado en la descarga de aire o en el agua que sale del enfriador, puede

producirse un cíclico rápido. Este termostato debe de tener un margen de diferencia de temperatura suficientemente amplio para que el ciclo de funcionamiento no sea menor de 7 u 8 minutos.

Denominamos convertidor al dispositivo que transforma una forma de energía en otra, que, por diferentes motivos en cada caso, resulta más útil. Puede llamarse energía primaria a la primera y energía útil a la segunda, sin embargo las denominaciones de útil y primaria a la primera y energía útil a la segunda, sin embargo las denominaciones de útil y primaria a veces tienen otro significado, por lo que es mejor denominarlas respectivamente energía de cola y cabeza. La energía de cola es la que entra en el convertidor y la de cabeza la que sale. La máquina de refrigeración por absorción constituye una unidad para enfriamiento del agua que utiliza directamente calor como energía de cola y obtiene frío como energía de cabeza.

Gracias a que es compacta y que funciona sin vibración, se puede instalar en cualquier espacio o local donde se dispone de fuente calor, desde el sótano al terrado.

Aplicación

Dado que la energía de cola que utiliza una de absorción es el calor en forma de vapor, agua caliente o llama directa, las siguientes situaciones son favorables para la aplicación de las maquina de refrigeración por absorción:

Donde se disponga de combustible de bajo costo.

Donde las tarifas de energía eléctrica sean elevadas

Cuando se puede aprovechar una fuente energética residual.

Cuando se carece de medios eléctricos adecuados para instalar una máquina convencional de compresión. Como la máquina de absorción.

El funcionamiento del equipo de refrigeración a bajas temperatura exterior necesita un control de presión de la condensación. El mantenimiento de una presión mínima de condensación garantiza un funcionamiento.

Análisis comparativo de estrategias de operación en sistemas de climatización. La selección del equipo de refrigeración puede considerarse que los equipos de enfriados por agua son más eficientes que por aire, debido a que las temperaturas alcanzadas para la condensación del refrigerante, son menores con agua que con aire.

El principio de funcionamiento se basa en el bombeo de agua helada hacia los locales que se desea climatizar, en los que por medio de unidades terminales (Fan-coil) se logra intercambiar calor entre el aire de los locales y el agua helada. Una vez realizada el

intercambio de energía, el agua retorna hacia las unidades enfriadoras siendo nuevamente enfriada y reenviada hacia los locales a climatizar. Existen diversas configuraciones de unidades enfriadoras de agua y cada opción será la más adecuada, dependiendo de diversos factores como las características del local a climatizar, la disponibilidad y costo de agua, así como las tarifas de energía eléctrica en el lugar de la aplicación. La selección del equipo de refrigeración puede.

2.10 CONTROL MEDIANTE PLC.

Un Controlador Lógico Programable, es un dispositivo programable diseñado para el control de señales eléctricas asociados al control automático de procesos industriales.

Un PLC posee las herramienta necesaria, tanto software como de hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo a un programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar.

Dentro de las funciones que un PLC ofrece se puede mencionar:

- a. Adquirir datos del proceso por medio de las entradas digitales y analógicas.
- b. Tomar decisiones sobre la base de reglas programadas
- c. Almacenar datos en memoria.
- d. Generar cálculos matemáticos.
- e. Actuar sobre dispositivos externos mediante las salidas digitales y analógicas.
- f. Comunicarse con otros sistemas externos.

2.10.1 Aplicaciones de los PLC.

Las aplicaciones de los PLC es diversas, pero existe cinco áreas generales:

- a. Monitoreo y supervisión de procesos.
- b. Control de procesos de secuencia.
- c. Administración de datos.
- d. Control de procesos de regulación.
- e. Comunicaciones.

2.10.2 Arquitectura Interna de un PLC.

Los autómatas programables están compuestos de muchos bloques internos, dependiendo especialmente de la configuración del mismo. Sin embargo todos se ajustan a ciertos elementos básicos, como son:

- f. Fuente de alimentación
- g. Unidad central de proceso (CPU)
- h. Memoria ROM

- i. Memoria de datos RAM
- j. Memoria de programa(ROM, EEPROM o FLASH)
- k. Interfaces de Entrada y Salida

2.10.3 Visualización Mediante HMI.

Una interfaz Hombre-Máquina o HMI (“Human Machine Interface”) es el equipo que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI se toman como analogía como una “ventana de un proceso”. Esta ventana puede estar en dispositivo especial como paneles de operador o en un ordenador. Los sistemas HMI en ordenadores se le conocen también como software HMI o de monitorización y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjeta de entrada/salida en el ordenador, PLC(controladores lógicos programables), PAC(controlador de automatización programable), RTU(unidades remotas de I/O) o DRIVER(variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

Ya sea en la automatización manufactura, de procesos o de edificios; los paneles HMI están establecidos en lo más variados sectores y aplicaciones, siempre donde se trata de manejar y visualizar a nivel local máquina e instalaciones.

El proyecto contempla una HMI del tipo (TOP – Touch Operation Panel) o Panel de Operación Táctil, cuya principal característica radica en su tecnología de pantalla táctil.

Este tipo de pantalla permite la entrada de datos y órdenes al controlador u ordenador mediante un contacto táctil sobre su superficie. Este contacto también se puede realizar con lápiz u otras herramientas.

Existen mucha tecnología para implementar los sistemas táctiles, cada uno basada en diferentes fenómenos y con distintas aplicaciones. Los sistemas más importantes son:

- l. Pantallas táctiles por infrarrojos.
- m. Pantallas táctiles resistivas.
- n. Pantallas táctiles capacitivas.
- o. Pantallas táctiles de onda acústicas superficial

2.10.4 Accionamiento Mediante VDF.

Los variadores de frecuencia son equipos electrónicos que realiza el control de velocidad de los motores de corriente alterna (CA).

Los variadores de frecuencia (VDF) han sido usados en diversas aplicaciones industriales. En los motores de corriente alterna la velocidad del campo magnético rotatorio (n_s) de los motores asíncrono es distinta a la velocidad del eje del motor(n), la variable que analiza las condiciones de trabajo de la máquina asíncrona es el deslizamiento(s), definido como:

$$s = \frac{(n_s - n)}{n_s} \quad (2.1)$$

Despejando (n_s) de la ecuación (2.1) se tiene:

$$n_s = \frac{n}{(1-s)} \quad (2.2)$$

Recordando que:

$$n_s = \frac{120f}{p} \quad (2.3)$$

Donde (f) es la frecuencia de la red eléctrica y (p) la cantidad de polos del motor.

Igualando (2.2) con (2.3) y despejando (n) queda:

$$n = \frac{120f(1-s)}{p}$$

Por lo tanto, las (rpm) reales (n) de un motor asíncrono, son función del deslizamiento (s), de la cantidad de polos (p) de la frecuencia de línea (f).

Sobre esta característica centraremos la atención, ya que los variadores estáticos de frecuencia, tomando la tensión y la frecuencia de línea, podrán variarla a su salida entre 0,0 y 1000HZ o más dependiendo del uso, modelo y tipo de motor a emplear.

Se han transformado en piezas claves dentro de los esquemas de control de procesos por diversas características adicionales al simple hecho de variar la velocidad y por tener la capacidad de arrancar suavemente las máquinas.

En un sistema de climatización como el presentado, no da igual utilizar cualquier VDF, se requiere de un variador dedicado es decir un VDF tipo, (HVAC-Heating ventilation Air Conditioning) lo que representa que está dedicado a la calefacción, refrigeración y aire acondicionado. Para el sistema se emplean convertidores Danfoss modelo VLT 2800 y VLT 6000 HVAC.

Una de las ventajas a utilizar el VLT 6000 HVAC es que la unidad ha sido diseñada para regular la velocidad de los ventiladores y las bombas rotativas, junto con un consumo mínimo de energía.

Un VDF aprovecha la ventaja de que las bombas centrífugas y ventiladores siguen las leyes de proporcionalidad que les son propias, entregando un gran ahorro de energía en comparación con otros sistemas alternativos, como por ejemplo válvula reguladora.

A sí mismo, ofrecen una eficiente manera de controlar el flujo de airea y/o agua, y un elevado nivel de confort a los usuarios de la instalación.

Con una operación segura y silenciosa, un variador de velocidad de frecuencia entrega control sobre la partida y la parada del motor, y una larga vida útil de los componentes eléctricos y mecánica del sistema.

Q = Flujo

Q1= Flujo nominal

Q2= Flujo decreciente

H = Presión

H1= Presión nominal

P = potencia

P1= Potencia nominal

P2= Potencia decreciente

n = Regulación de velocidad.

n1= Velocidad nominal

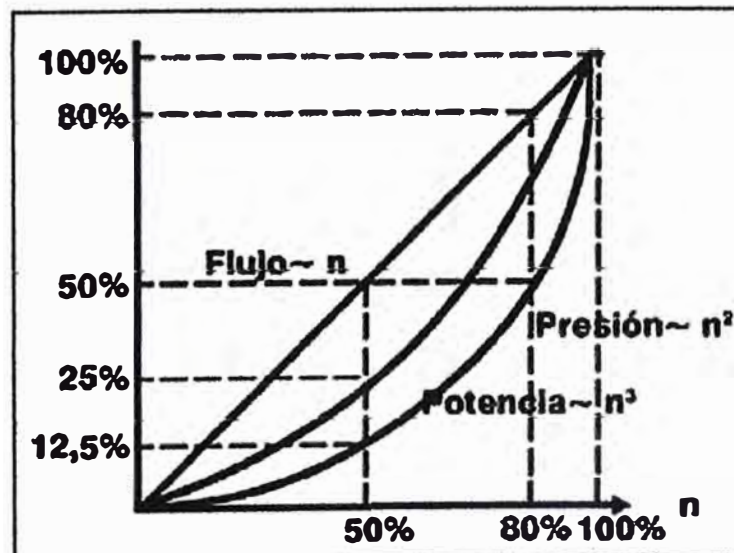


Gráfico 2.1 Ley de proporcionalidad

El gráfico 2.1 se observa la ley de Proporcionalidad describe la dependencia del flujo, presión y consumo de energía respecto de la velocidad, obteniendo las siguientes formulas:

$$\text{Flujo} = \frac{Q1}{Q2} = \frac{n1}{n2} \quad \text{Presión} = \frac{H1}{H2} = \left(\frac{n1}{n2}\right)^2 \quad \text{Potencia} = \frac{p1}{p2} = \left(\frac{n1}{n2}\right)^3$$

Si se utiliza un convertidor de frecuencia para regular el flujo o la presión de un sistema, se obtiene una mejor función de regulación que puede ajustarse con mucha precisión. Un convertidor de frecuencia puede variar totalmente la velocidad de un ventilador o una bomba, lo que permite obtener un amplio rango de control variable de flujo y presión. Además, regula rápidamente la velocidad de un ventilador o una bomba, de manera que los adapta a las nuevas condiciones de flujo o presión del sistema. Los sistemas de regulación mecánicos de flujo y presión tradicionales proporcionan una regulación lenta y poco precisa en comparación con la de un convertidor de frecuencia.

CAPITULO III

METODOLOGIA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

La compresora es el principal componente que consume energía en todo sistema de enfriamiento, su índice de consumo promedio (Kw Por tonelada de refrigeración) al 100% de su capacidad de acuerdo al medio de condensación. El desarrollo de un control que evite que la compresora trabaje lo menos posibles, contribuyendo a un gran ahorro de energía.

En sistema de climatización en edificios presenta variables ambientales como la temperatura y la humedad. Aquí se analiza el concepto del control de temperatura y humedad, para un edificio donde existen cuatro pisos que alimenta a diferentes áreas del hotel.

Para que la temperatura deseada se mantenga constante, proporcionando un ambiente protegido, se realizaron 4 sistemas de aire acondicionado verano-invierno del tipo agua aire zonificado, con el objeto de satisfacer la exigencia expuesta por la ubicación del edificio.

3.2 POR REGULACIÓN DE FLUJO DE AGUA.

Sistema de climatización con flujo total constante. Bombeo Primario Secundario Tradicional.

Los sistemas de velocidad variables se pueden aplicar en aquellos sistemas en donde requiere regular el flujo a diferentes cargas.

Los sistemas chiller se bombea agua en los sistemas primario y secundario se va hacer la comparación en la diferentes métodos de regulación de caudal se obtiene mediante:

- p. Modificación de la curva presión-caudal sistema sobre el que trabaja la bomba.
- q. Modificación de la curva presión-caudal de la bomba.
- r. Modificación simultánea de ambas características (sistema y bomba).
- s. Arranque o paro de la bomba.

3.3 CIRCUITO HIDRÁULICO EMPLEADO EN LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.

El agua fría que obtenemos del equipo chiller debemos hacerla circular hasta las manejadoras de aire por medio de tuberías. El circuito hidráulico debemos de diseñarlos de modo que se suministre el caudal necesario a cada manejadora.

Los componentes básicos de los sistemas hidráulicos son las tuberías principales de conducción de agua, las bombas de agua, los serpentines de enfriamiento, un tanque de expansión de agua, purgadores de aire, válvula de paso, manómetros, válvula motorizadas de tres vías en los serpentines de enfriamiento

Materiales típicos para las tuberías.

Los materiales más utilizados son para la tuberías principales de suministro y retorno del agua, tubo de hierro negro cédula 40 o tubo de cloruro de polivinilo (PVC) cédula 4, para conexiones de pequeños fan coils puede utilizarse tubo flexible de cobre.

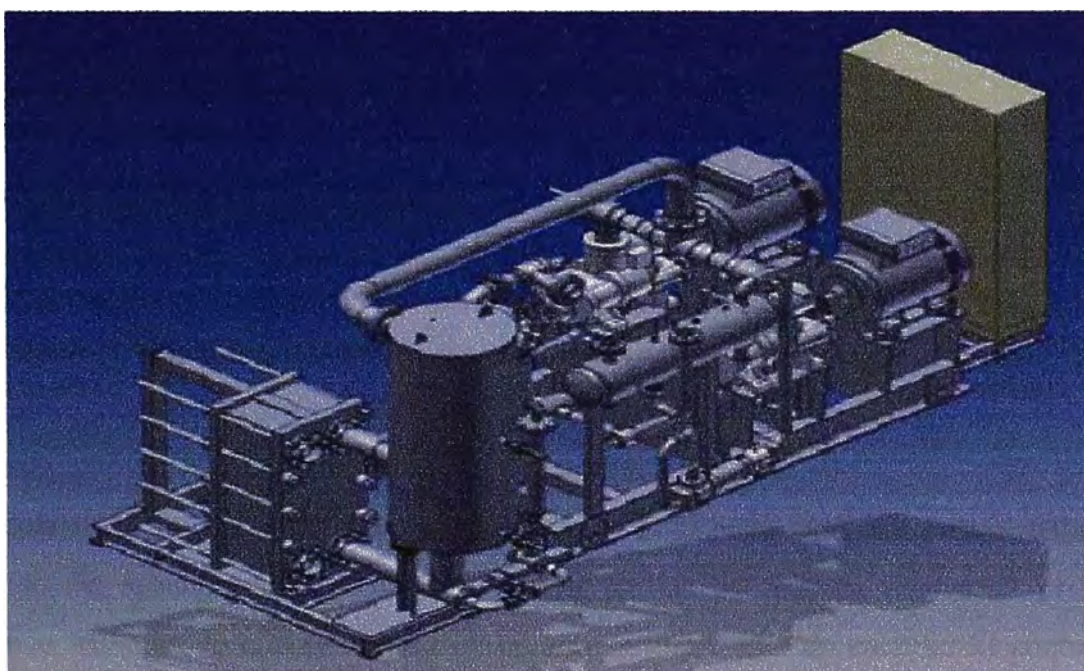


Figura 3.1

La figura 3.1 muestra dos lazos de flujo de agua, las bombas de los lazos primarios no son regulables y están calculadas para satisfacer las necesidades del flujo primario y el secundario.

El lazo primario de ser lo más pequeño posible siempre que soporte el flujo de agua necesaria para el sistema primario y el sistema secundario, esto minimiza la resistencia en el lazo primario y los gastos energéticos del flujo constante de las bombas del primario.

Una desventaja de este sistema con válvulas de dos vías y flujo total constante, es que cuando disminuya la demanda en sistema secundario, inevitablemente, al derivarse hacia el primario, el agua se enfriará rápidamente por debajo de la temperatura prevista si las unidades enfriadoras no son capaces de desconectar los compresores a la misma velocidad, esto provocará disparo de las protecciones anti hielo y la necesidad de una nueva activación manual. Este sistema no es apropiado para cambios bruscos en la demanda, lo cual es típico en instalaciones hoteleras.

Mediante válvulas de mariposa en las bombas del circuito primario se da una solución al problema buscando un balance en el flujo a costa de un gasto energético innecesario.

La ventaja de los lazos radica en que las bombas secundarias pueden circular el agua por el resto del sistema y sin restricciones de presión de flujo mínimo, por la estabilidad que introduce el lazo primario debido al desacople con el secundario.

3.4 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CON BOMBEO PRIMARIO SECUNDARIO CON FLUJO VARIABLE Y VÁLVULAS DE DOS VÍAS.

En este sistema es conveniente separar las acciones para disminuir los gastos energéticos y analizar el bombeo primario y el bombeo secundario por separado.

a) Bombeo Primario

Dependiendo de la magnitud del sistema, el consumo de las bombas del sistema primario puede ser significativo y a la utilización de variadores de velocidad permite disminuir apreciablemente los valores de consumo.

Esta forma de operación compensa automáticamente los cambios de flujo en el sistema secundario, impidiendo que un cambio brusco en su flujo provoque variaciones de flujo en el sistema primario causando de las protecciones anti hielo.

Al regularse el flujo y mantener el necesario en el sistema primario pasa satisfacer la demanda del secundario, se varía la velocidad de las bombas en vez variar presiones ajustando válvulas, lo que se traduce en un ahorro importante de energía. El controlador PID de los variadores de velocidad se encarga de operar eficientemente.

Normalmente las bombas se calculan para una potencia que está entre un 15% y un 25% por encima de la necesaria para prevenir cambios en las instalaciones. Sin variadores de velocidad esta potencia se pierde en la válvula de mariposa, con la utilización de estos disminuye la velocidad de la bomba y se ahorra esa potencia.

La relación entre la velocidad y la potencia consumida es cúbica, razón por la cual cuando ajustamos el sistema disminuyendo el caudal con variadores de velocidad, se logra un considerable ahorro de energía.

Adicionalmente se consiguen ahorro porque no son necesarias válvulas mariposa, arrancadores suaves, banco de condensadores para elevar el factor de potencia y protecciones adicionales, porque el variador de velocidad asume estas funciones.

Los costos de mantenimiento se reducen con el uso de variador de velocidad ya que permite operar los equipos bajo condiciones mucho menos severas. Una ventaja adicional del uso de estos equipos es que tienen incorporado un controlador PID diseñado especialmente para estos usos, lo que elimina la necesidad de instalar equipos adicionales para el control de la operación.

El cálculo del tiempo de recuperación de la inversión para el ejemplo anterior es de 0 a 0.5 años.

b) Bombeo Secundario

En los sistemas con flujo variable, las bombas del sistema secundario son las encargadas de distribuir a la carga el agua producida por el sistema primario, acorde con las necesidades del flujo variable del sistema. Debido a que el flujo es variable en el secundario, que puede mantenerse la mínima presión necesaria para reducir el ruido en el sistema y mejorar la eficiencia.

La figura 3.2 muestra el nuevo estándar primario secundario con variadores de velocidad, con este se consigue un considerable ahorro de energía y una sustancialmente disminución de los gastos de mantenimiento.

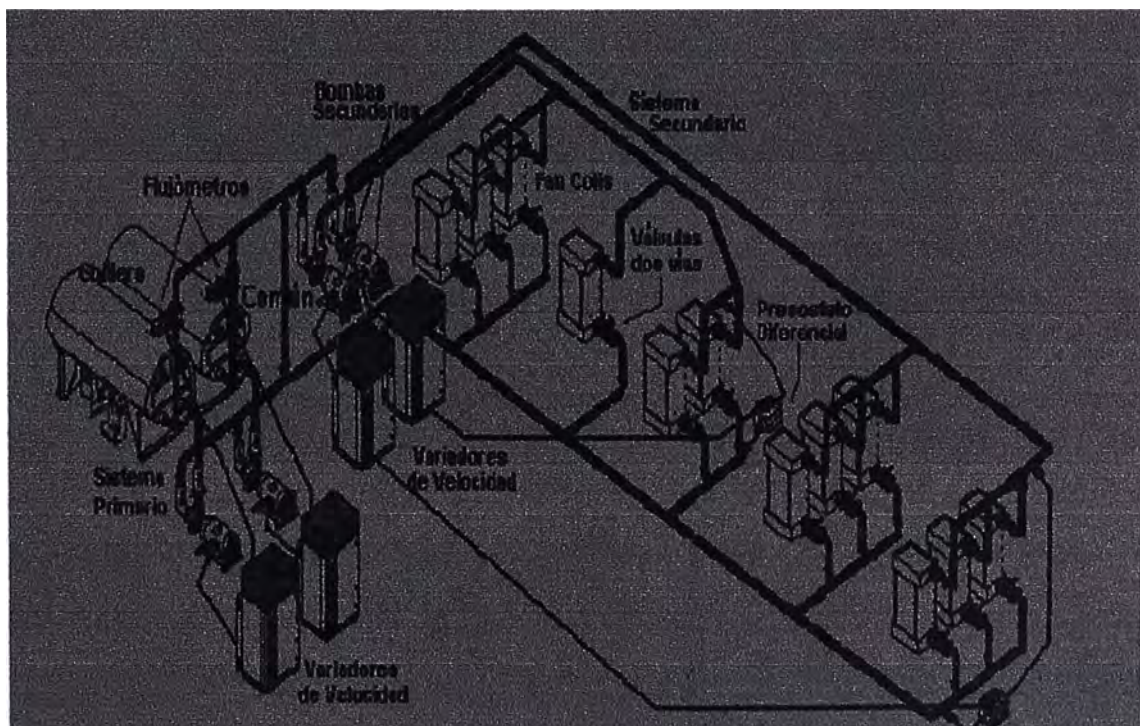


Figura 3.2

Esto implica un cambio de un sistema con volumen variable y velocidad constante a un sistema con volumen variable y velocidad constante, razón por la cual se puede seguir ahora la curva del sistema en vez de la curva de la bomba. Con este cambio se satisfacen las verdaderas necesidades del sistema, lo que permite entregar en cada caso sólo la energía estrictamente necesaria para satisfacer la demanda.

Cuando se alcanza en las habitaciones la temperatura deseada el control de habitaciones cierra la válvula de dos vías, cuando aumenta la presión en el sistema, los presostatos diferenciales envían la señal a los variadores de velocidad que disminuyen la velocidad de la bomba para mantener el diferencial de presión fijado. Al reducirse la velocidad de las bombas estas trabajan más desahogadamente y su desgaste es menor, aumentando su tiempo de vida y disminuyendo los gastos de mantenimiento. De igual forma al controlarse la presión a través de la válvula de dos vías éstas nunca se ven sometidas a una sobre presurización, sufriendo menos desgaste y evitándose aperturas indeseadas.

Consumo específico de energía:

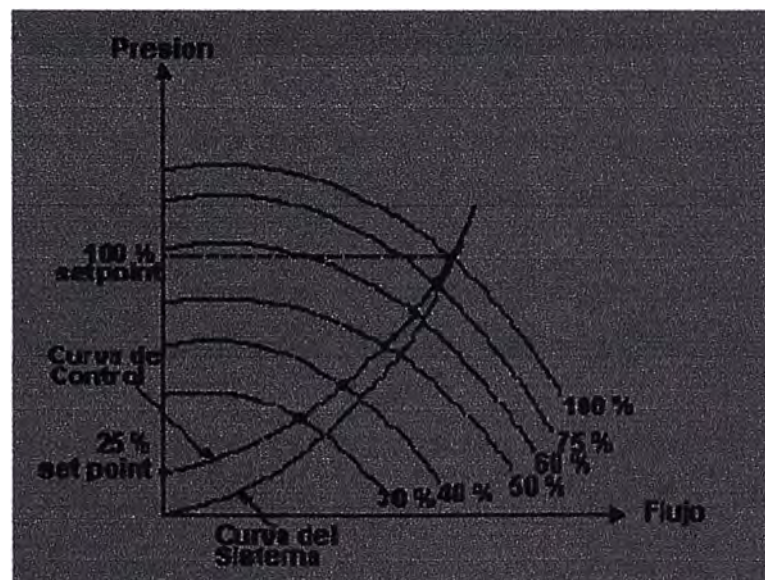


Figura 3.3

Las curvas de la figura 3.3 se corresponden con el caso de a velocidad variable en las bombas por el uso de variadores de velocidad. La curva muestra los puntos de operación que son la presión diferencial mínima necesaria para garantizar un trabajo adecuado de las válvulas. La curva de control representa la presión mínima de descarga necesaria en las bombas secundarias para mantener el set point y vencer las fricciones.

El ahorro energético con el uso de variadores de velocidad es evidente sin embargo, la posición donde se coloca el sensor es crítica

La razón es obvia, cuando se sitúa el sensor junto a la descarga de las bombas el set point de presión debe ser mayor porque hay que considerar las pérdidas en la tubería para que en las válvulas de dos vías la presión sea adecuada. Este valor de presión habrá que mantenerlo como set point en todo el rango de flujo.

En el caso que el sensor se sitúa junto a las válvulas de dos vías el valor de la presión a la que se ajustará el set point será a la mínima para que las válvulas operen adecuadamente y en este valor estarán consideradas las pérdidas en las tuberías. En este caso, al disminuir el flujo y las pérdidas, la velocidad de variador disminuirá para mantener la presión prevista en las válvulas y por ende el consumo del motor.

3.5 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN (PROCESO).

En las habitaciones se diseñó un sistema de aire acondicionándose acuerdo al criterio tipo barrera, con protección a los huéspedes. Es concebido para un funcionamiento continuo durante las 24 horas del día en cualquier época del año.

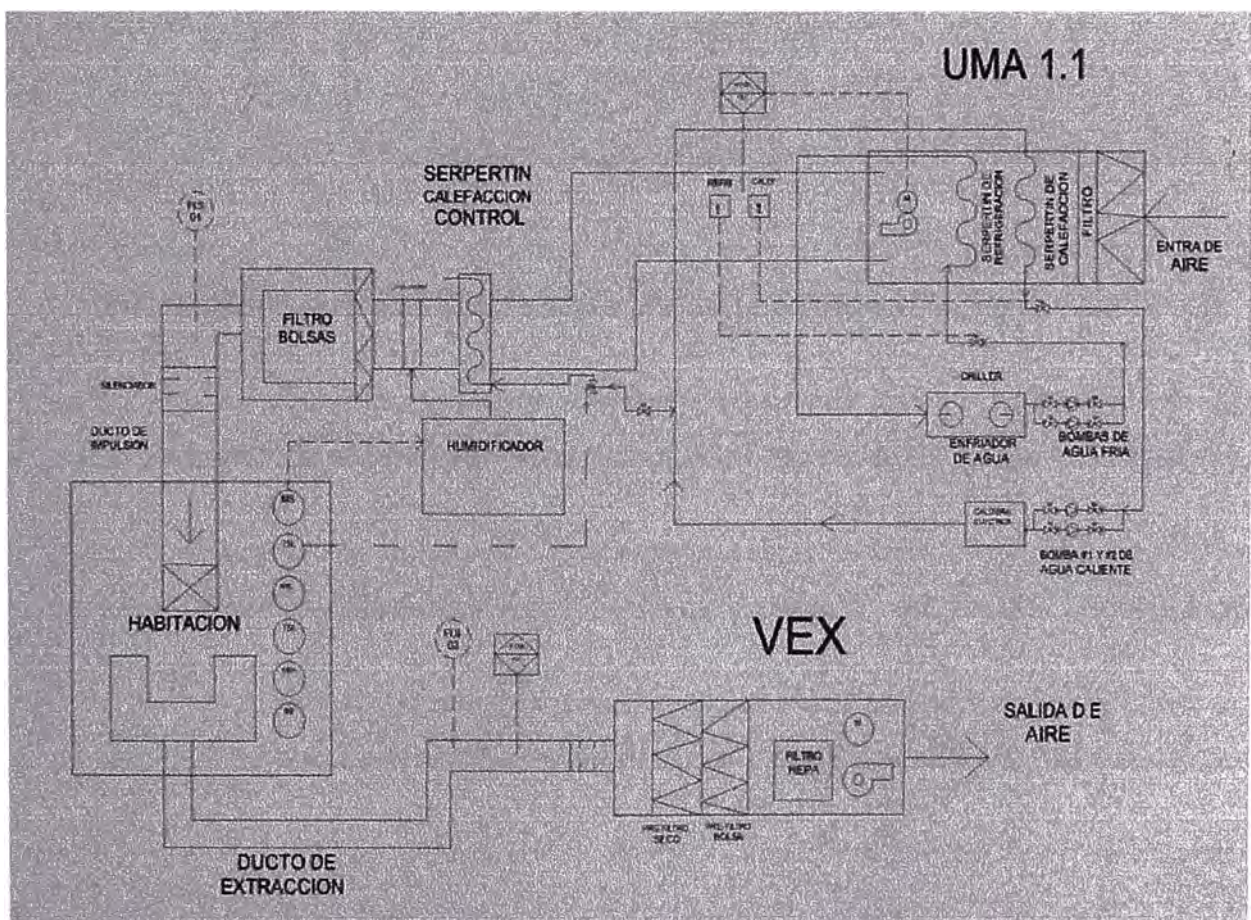


FIGURA 3.4 Proceso de Climatización

De acuerdo con la descripción de la **Figura 3.4**, que en su parte medular señala que:

Existe un sistema de aire acondicionado diseñado de acuerdo al criterio de un ambiente tipo barrera, concebido para funcionamiento continuo las 24 horas de los 365 días del año. Para que el sistema funcione, se emplean equipos de aire acondicionado de sólo aire exterior (UMAS), que tienen por objetivo filtrar el aire que ingresa, Las UMAS descargan aire en las habitaciones u oficinas. Por otro lado la unidad de extracción de aire es el VEX, tiene por objetivo filtrar el aire enviado de vuelta al exterior. Este equipo es el encargado de extraer el aire de las salas.

Las 2 unidades están provistas de un ventilador y de un templador motorizado, el cual queda enclavado al funcionamiento del VDF de cada máquina. En ambos casos el motor del ventilador es controlado por el VDF.

Por lo tanto las principales variables involucradas son:

- Temperatura sala.
- Humedad relativa del ambiente.
- Caudal de Flujo de aire, ducto impulsión UMAS.
- Caudal de Flujo de aire, ducto extracción VEX.
- Frecuencia (Hz) del VDF, que implica velocidad del ventilador.

La temperatura es una variable crítica. Ésta se monitorea por termostato de temperatura instalado en el interior del edificio y se controla vigilando el caudal de flujo de aire entra por las manejadoras (UMAS) junto con el caudal que sale por los VEX. Estos flujos de aire se controlan por medio de los VDF, que supervisan la velocidad de giro del motor de los ventiladores de las UMAS Y VES. Además, se hace controlar automáticamente los templadores motorizados, los caudales son verdaderas compuertas “dámper” que dejan pasar el flujo de aire. Éstos deben estar enclavados al variador de frecuencia de las UMAS Y VEXS.

Por otro lado no existe variable de alarmas de máquinas, ni de variables como la temperatura y la humedad, siendo una complicación no saber la falla a solucionar.

Además, el problema se agudiza cuando se corta el suministro de energía eléctrica quedando los VDF fuera de su punto de control teniendo éstos que ser reiniciados manualmente.

Por lo tanto se hace necesario la implementación de un dispositivo controlador como es un PLC de una HMI como dispositivo de supervisión y alarmas.

Por medio de un Controlador Lógico Programable, se realiza el control de regulación. Este control se realiza a través de entradas y salidas análogas de corriente de 4-20mA que ofrece el PLC actuando sobre de las maquinas UMAS 1.1; 2.1; 3.1; 4.1; VEX. El tipo de control a implementar se definirá a lo largo del presente trabajo. La señal su realimentación

se logra por medio de los sensores de velocidad de flujo de aire instalados en el ducto de impulsión de las UMAS y ducto de extracción de los VEX. Estos sensores son los encargados de llevar las señales de medición hasta el PLC.

El control secuencial, por medio de I/O digitales de 24Vcc, se encarga del cambio automático a la máquina de reserva cuando la que está en operación falla. En este control se activará una alarma de luz cuando falle una máquina. Existen también alarmas por falla en sensores de temperatura, humedad, switch de flujo (ON-OFF), relé de asimetría y VDF. Respecto de la supervisión del sistema, ésta se efectuará con un panel de Operación Táctil o Interface Hombre Máquina (HMI) donde se monitorea el sistema, es decir el operario supervisa desde el dispositivo el sistema de control.

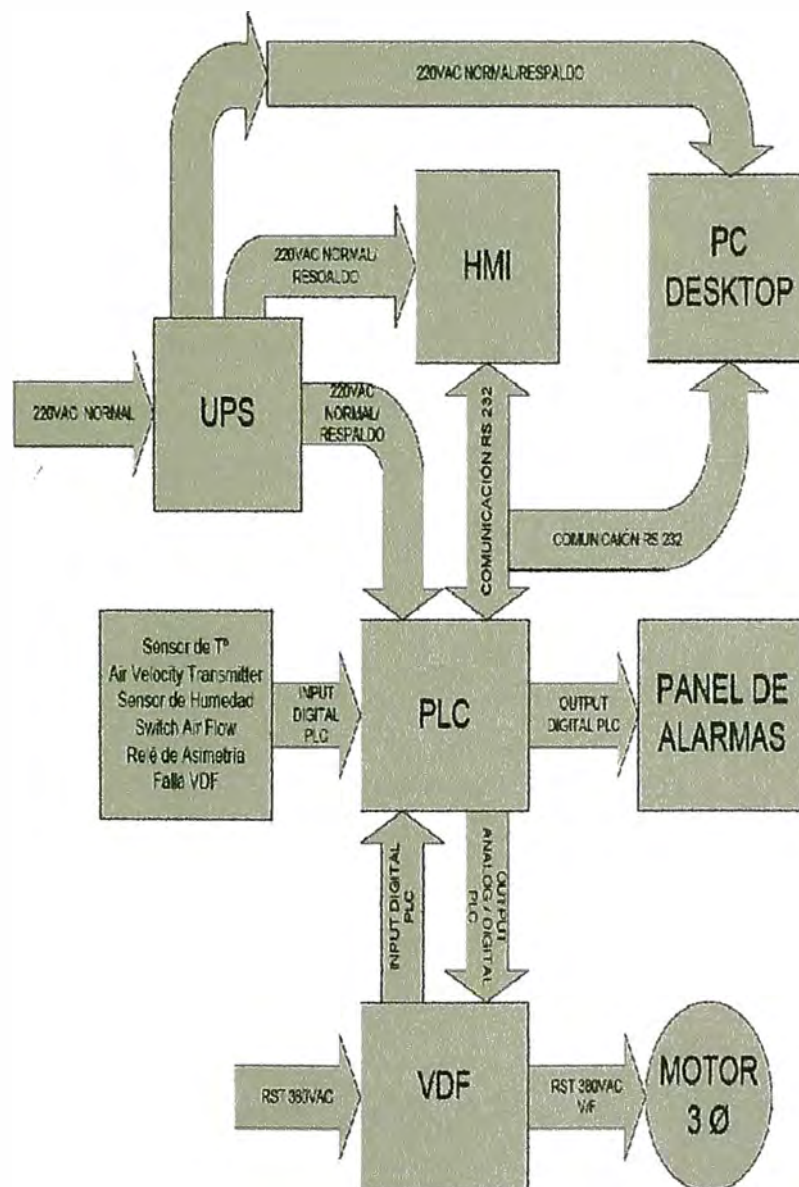


Figura N° 3.5 Arquitectura Sistema de Control.

La figura 3.5 ilustra la arquitectura del sistema de control, para la monitorización y control de un ambiente a enfriar.

3.6 MODELACIÓN DE CONTROL.

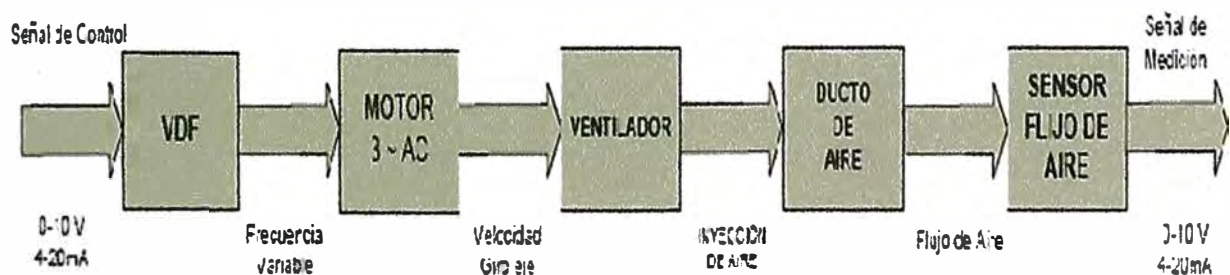
a) Modelación estática.

Se realiza una modelación de la señal de medición en corriente (4-20mA) que entrega el sensor de flujo, para medir la velocidad del flujo de aire en el ducto de impulsión o extracción según sea el caso. Para tal caso varía la variable manipulada, en este caso la frecuencia que entrega el VDF al motor, y así se puede observar la relación en estado permanente de estas dos variables.

Procedimiento.

El proceso debe estar libre de perturbaciones.

1. EL sistema debe ser "abierto", mediante la desconexión del elemento final de control desde el controlador (la señal de control es manejada por el diseñador, es decir, usted, y no por el controlador).
2. Fijar la variable manipulada en 0% del rango, y esperar que la variable medida se estabilice a un 0% del rango.
3. Producir un cambio en la variable manipulada en un porcentaje del rango suficiente (10 a 15%) para observar un cambio en la variable medida. Esperar que esta última se estabilice y anotar el porcentaje de variación correspondiente.
4. Realizar el punto anterior en sentido ascendente hasta completar el total del rango de control 100%.
5. Graficar los puntos obtenidos.



De acuerdo a esto, sabemos empíricamente que la frecuencia que entrega el VDF al motor de inducción es aproximadamente 30 Hz +/- 2 Hz, para las UMAS 1 y 40 Hz +/- 2 Hz para los. Con estos datos debemos implementar un algoritmo de control que a la salida del controlador, presente un valor tal que no supere el valor de frecuencia antes mencionada. Para realizar la característica estática y dinámica se deben configurar los dos modelos de VDF con referencia local es decir "control lazo abierto por panel de control" la señal de

control se ingresa manualmente a través del parámetro 003 en el VDF 2800 y con las teclas +/- en el VDF 6000 [Anexo D]. En la salida del proceso se mide el flujo de aire y la correspondiente

b) Modelación Dinámica.

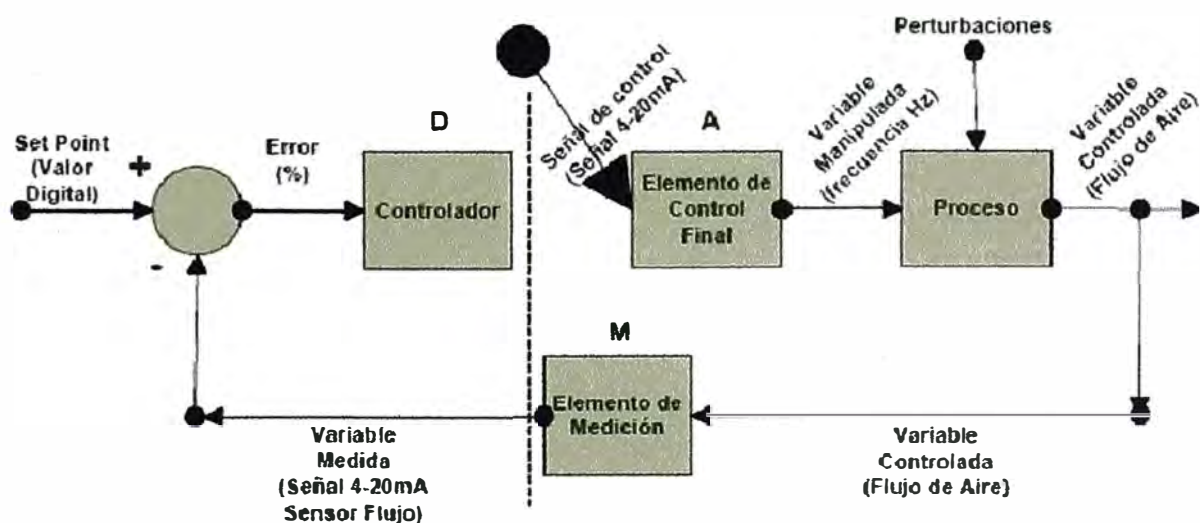
La dinámica de muchos sistemas, ya sean mecánicos, eléctricos, térmicos, biológicos, etc., se describe en términos de ecuaciones diferenciales. Estas ecuaciones se obtienen a partir de leyes físicas que gobiernan un sistema determinado, como las leyes de Newton para sistemas mecánicos y las leyes de Kirchhoff para sistemas eléctricos, entre. Los modelos matemáticos pueden adoptar distintas formas. Para la modelación presentada, el análisis de respuesta transitoria de sistemas lineales invariantes en el tiempo resulta ser conveniente y fácil comparado con cualquier otro método.

Análisis de la Respuesta transitoria:

La respuesta en el tiempo de un sistema de control consta de dos partes:

- 1- Respuesta Transitoria. Se refiere a la que va desde el estado inicial al estado final
- 2- Respuesta en Estado Estacionario. Representa a la manera en la cual se comporta la salida conforme t tiende a infinito.

Dado que un sistema de control físico implica un almacenamiento de energía, la salida del sistema, cuando está gobernada por una entrada, no responde de inmediato, sino que exhibe una respuesta transitoria antes de alcanzar un estado estable. Esta respuesta en la práctica presenta oscilaciones amortiguadas antes de alcanzar un estado estable. Si la salida de un sistema en estado estable no coincide exactamente con la entrada, se dice que el sistema tiene un error en estado estacionario. Este error indica la precisión del sistema.



A través de la representación gráfica pueden obtenerse algunos parámetros importantes del proceso. El proceso debe estar libre de perturbaciones.

1. El sistema debe ser "abierto" mediante la desconexión del elemento final de control desde el controlador es decir, la señal de control es manejada por el diseñador y no por el controlador.
2. Estabilizar la salida (variable medida) usualmente en el punto de control normal
3. Efectuar un cambio brusco (escalón) en la variable manipulada. El cambio debe ser muy grande a fin de obtener una respuesta utilizable. No obstante, se deben tener presente los límites de linealidad del proceso.
4. Registrar gráficamente la respuesta (variable medida) en un registrador u osciloscopio.

Característica Dinámica.

Establecido el convertidor de frecuencias en su punto de funcionamiento, se procede a obtener los datos de las mediciones: Mediciones realizadas en salida analógica del proceso (4-20mA) del sensor de flujo de aire. La variable medida, el flujo de aire, se evalúa en tensión versus tiempo. Para esto se coloca una resistencia de 670Ω en paralelo con la señal del sensor, luego se instala la sonda del osciloscopio en la resistencia para obtener la curva de salida.

El punto de funcionamiento para las UMAS 1 es aproximadamente de 30Hz. Para la curva ascendente y descendente se efectuó un cambio en la variable manipulada (frecuencia) de 25Hz.a 35Hz.

3.6.1 Narrativa de Control.

De acuerdo con la descripción del proyecto, que en su parte medular señala que:

El sistema de aire acondicionado en estudio es concebido para funcionamiento continuo las 24 horas de los 365 días del año, para que el sistema funcione, se emplean equipos de aire acondicionado de sólo aire exterior (UMAS), que tiene por objetivo filtrar el aire que ingresa, exigido por el edificio. Las UMAS descargan aire en los diferentes ambiente.

Las UMAS están provistas de un ventilador y de un templador motorizado, el cual queda enclavado al funcionamiento del VDF de cada máquina. En ambos casos el motor del ventilador es controlador por el VDF,

Las principales variables involucradas son:

- t. Temperatura del ambiente.
- u. Humedad relativa del ambiente
- v. Caudal de Flujo de aire. Ducto impulsión UMAS.
- w. Frecuencia (Hz) del VDF, que implica velocidad del ventilador

3.6.2 Control Secuencial.

Las unidades manejadoras de aire (UMAS1) del edificio, deberán quedar de tal forma que dos de ellas funciones en forma normal, continúa y paralela. La entrada o detención de la UMA implicará energizar/desenergizar el ventilador de frecuencia de la UMA y el motor templador respectivo.

Los templadores motorizados, ubicados en los ductos de aire y correspondiente a las UMAS 1 Y 2. Deberán quedar enclavados eléctricamente con los ventiladores de dichas máquinas.

Los equipos manejados con variadores de frecuencia, particularmente las UMAS deberán operarse en forma manual en caso que el VDF falle, o automáticamente a través del PLC, Para existe un switch (Manual/Automático) de tres posiciones en la puerta del tablero de control.

3.6.3 Lógica de Control.

Para analizar la lógica de control se deben identificar las condiciones que deben tener el elemento o máquina que se desea controlar.

Estas condiciones se clasifican en:

Permisivos de Partida: Son todas aquellas condiciones dadas para que el equipo, máquina o actuador parta en forma segura. Sin embargo no debe ser condición para que el equipo se detenga o pare.

Interlock de Procesos: Los “interlocks”, o enclavamiento, supervisan continuamente el conjunto de funciones que controlan la correcta operatividad del equipo, y si detectan alguna alteración intervienen de forma automática e inmediata, es una condición dada para el equipo funcione de acuerdo al requerimiento del proceso.

Interlock de Seguridad: Son condiciones orientadas a resguardar la integridad de los equipos y de las personas. En la medida que se automatiza un proceso industrial , los equipos y la máquina automática comienzan a representar un riesgo para los operarios y empleados de las empresas, por no saber manejarlas adecuadamente, por falta de capacitación, o porque deben realizar acciones un tanto riesgosas para su salud.

Generalmente, se utilizan para la interrupción del equipo en caso de una parada de emergencia.

Tabla 3.1 Identificación de Condiciones vs. Variables.

Condiciones Variables	Permisivos de Partida	Interlock de Procesos	Interlock de Seguridad	Alarma
Señal 24Vcc Módulo Entrada	X			
Parada de Emergencia			X	X
Señal 220VAC Modulo Salida	X			
Señal Automático UMAS-1	X			
Señal Relé Asimetría			X	X
Señal Switch Air Flow ON-OFF		X		X
Señal Falla VDF			X	X
Señal Sensor Humedad				X
Señal Falla Bomba de Agua				X
Señal Sensor de Flujo 4- 20mA		X		X

3.6.4 Identificación Secuencial de Control y Condiciones.

a) Justificación Control de Regulación.

Los motores de arrastre de los ventiladores deberán estar provistos de un variador de frecuencia que permita regular automáticamente la velocidad de giro del ventilador que esté en funcionamiento y en consecuencias, regular su caudal de aire, ajustándolo a las necesidades del ambiente. Para ello se empleará un sensor de flujo que comandará al variador de frecuencia en forma automática.

Los ventiladores llevan variadores de velocidad que deberán ser instalados de tal forma que el variador actúe automáticamente sobre el motor del ventilador que esté en

funcionamiento. La variación de frecuencia se hará automáticamente de tal forma que se controlará el flujo dentro del ducto.

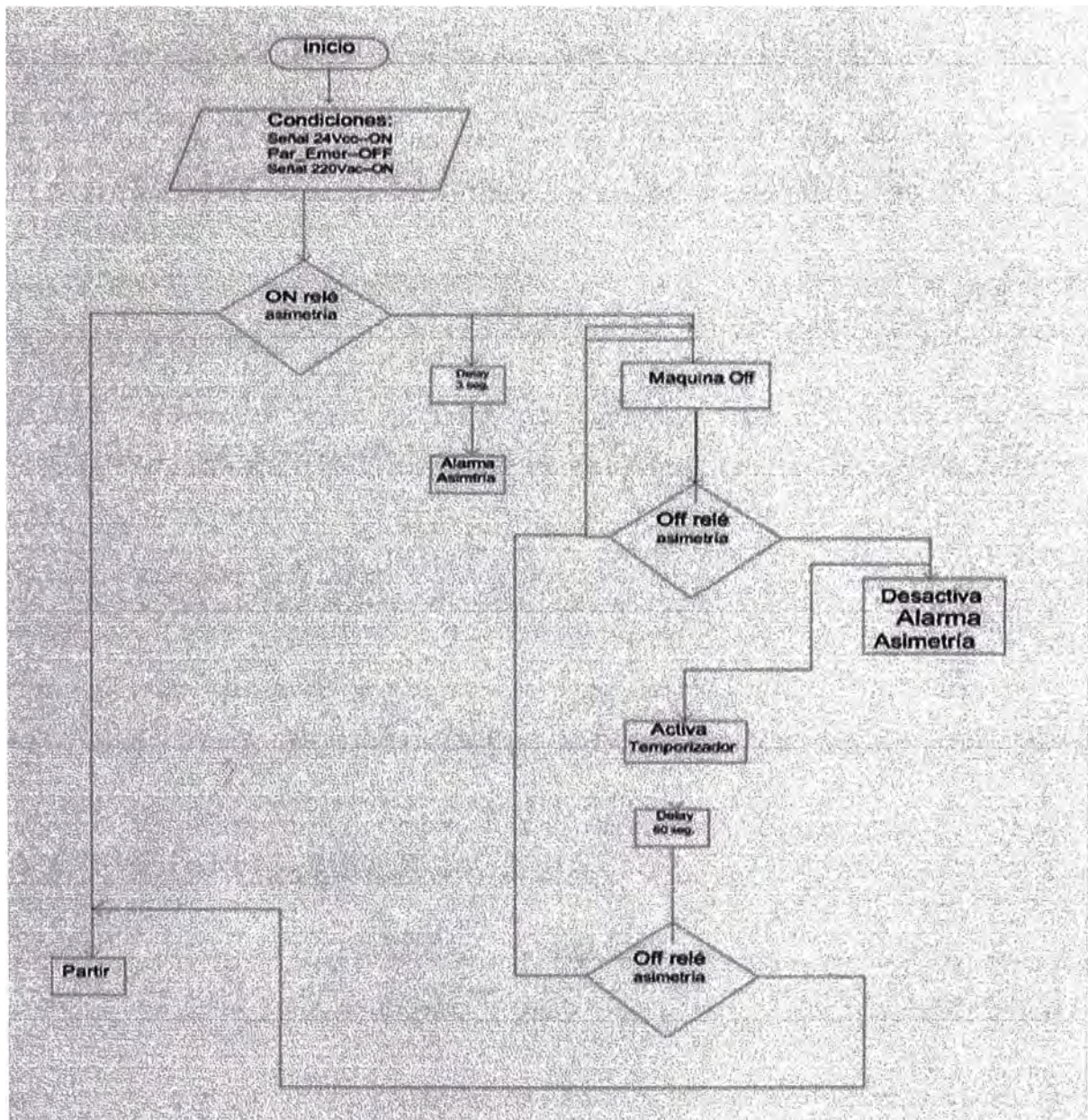


Figura 3.5 Identificación Secuencias de Control (diagrama de flujo)

b) Justificación de Luces de Alarmas

La desenergización de cualquier equipo de aire acondicionado que se encuentra controlado por el sistema de UMAS (manejadoras) debe ser indicada con un luz piloto de alarma.

Los interruptores ON/OFF de flujo, instalados en ducto de impulsión de las UMAS 1, UMAS2, UMAS3, deber activar por nivel de bajo flujo cada uno.

Los sensores de alta, baja temperatura y baja humedad instalados en los ambientes de los edificios deben activar una luz en cualquiera de los tres casos.

3.7 DESARROLLO DE PROGRAMA DE CONTROL (PLC).

El estudio de control se realiza por medio del programa GMWIN V4.06, que es la herramienta para escribir y depurar el programa para todos los tipos de **PLC GLOFALG**, de fácil programación. Posee lenguajes de programación estándares como:

- x. Diagrama Ladder (diagrama escalera). Utiliza lógica de relé.
- y. Lenguaje Organigrama o secuencial.
- z. Lista de instrucciones.

Usa la expresión de variable directa como I (variable de entrada), Q (Variable de salida), y M (Variable de memoria).

La asignación de la variable de memoria del programa es realizada automáticamente, o por la designación del usuario.

El usuario deberá asignar directamente una dirección de memoria a una entrada o salida del PLC, o a un elemento de datos (variable directa). La variable por identificar debe ser única dentro de su alcance eficaz (el área del programa donde la variable fue declarada) para distinguirla de otras variables.

La variable directa se expresa como única, comienza como única, comienza con la muestra de porcentaje (%) seguida por el prefijo de la localización, un prefijo del tamaño de los datos, y los números de dirección.

Prefijo	Significado
I	Input
Q	Output
M	Memoria interna

Asignación Variable Directa

3.7.1 Desarrollo de Programas de Supervisión (HMI).

El desarrollo del programa de supervisión se realiza por medio del software TOP-Designer V2.31, que es la herramienta para desarrollar en forma gráfica las pantallas de visualización para todos los tipos paneles de operación táctiles de la marca coreana M2I Corporation. En este caso “TOP3MAE”, el software al igual que GMWIN es de fácil programación, se distribuye gratuitamente y se puede actualizar periódicamente a través del sitio Web del fabricante.

Para diseñar las ventanas de la HMI, el software posee pantallas base en donde se aplican los tag o etiquetas desde la barra de herramientas, no confundir con los TAG de codificación.

Los tag se clasifican en numéricos, de toque (touch), de lámpara, de reloj, de string, de mensaje, de alarma, de key display, de gráficos, de animación, de cálculo y de comunicación. Todos los tag están prediseñados y el usuario sólo debe plantear el escenario en el cual los debe utilizar.

3.7.2 Comunicación Entre Dispositivos.

Se refiere a como se conectan físicamente los equipos del sistema de automatización, ya sea para comunicación o para descarga del programa fuente.

a) PLC GLOFA GM6 – HMI TOP3MAE.

Para que los dos dispositivos se puedan comunicar a través del protocolo RS-232, es necesario realizar la siguiente conexión por medio de conector DB-9 macho en el caso del PLC y DB-15 macho en el caso de la HMI.

~~(RS232: GLOFA-GM/ New Master-K)~~ – ~~LOADER~~

CONTROL FR (9 PIN)

TOUCH (9 Pin, 15 Pin)

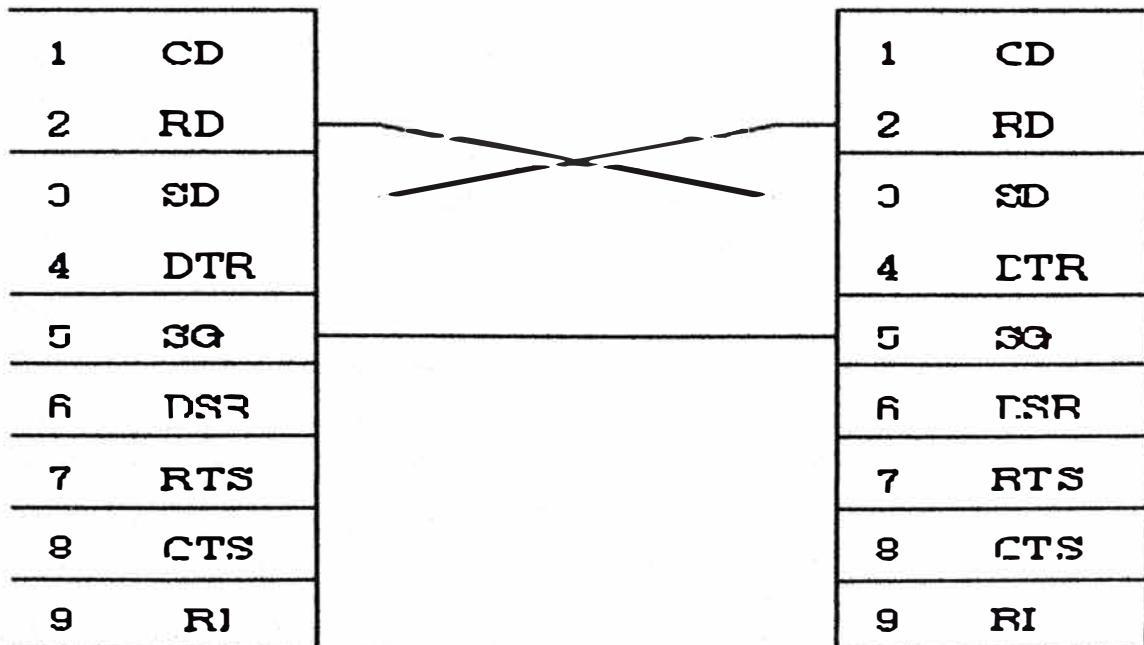


Figura 3.6 Conexión PLC GLOFA – HMI TOP3MA

b) Conexión Módulos I/O PLC.**Conexión Módulo de entrada Digital G6I-D22A****Modulo D22A INPUT DIG SLOT 0**

Canal	Señal	Dirección PLC
CH0	Alimentación Modulo Entrada 24vcc	% I0.0.0
CH1	Para de Emergencia	% I0.0.1
CH2	Alimentación Modulo salida 220VAC	% I0.0.2
CH3	Automático UMA 1A	% I0.0.3
CH4	Automático UMA 1B	% I0.0.4
CH5	Automático UMA 2A	% I0.0.5
CH6	Automático UMA 2B	% I0.0.6
CH7	Automático UMA 3A	% I0.0.7
CH8	Automático UMA 3B	% I0.0.8
CH9	Señal relé Asimetría	% I0.0.9
CH10	Señal Temperatura Mínima	% I0.0.10
CH11	Señal Temperatura Máxima	% I0.0.11
CH12	Señal Humedad Mínima	% I0.0.12
CH13	Señal Switch Air Flow # 1	% I0.0.13
CH14	Señal Switch Air Flow # 2	% I0.0.14
CH15	Señal Switch Air Flow # 3	% I0.0.15

Conexión Módulo de entrada Digital G6I-D21A**Modulo D22A INPUT DIG SLOT 1**

Canal	Señal	Dirección PLC
CH0	Señal Falla VDF UMA 1A	% I0.1.0
CH1	Señal Falla VDF UMA 1B	% I0.1.1
CH2	Señal Falla VDF UMA 2A	% I0.1.2
CH3	Señal Falla VDF UMA 2B	% I0.1.3
CH4	Señal Falla VDF UMA 3A	% I0.1.4
CH5	Señal Falla VDF UMA 3B	% I0.1.5
CH6	Señal Falla BOMBA 1	% I0.1.6
CH7	Señal Falla BOMBA 2	% I0.1.7

Módulo AD2A INPUT ANALOG SLOT 2

Canal	Señal	Dirección PLC
CH0	Sensor de Flujo Ducto UMA 1A	%MW100
CH1	Sensor de Flujo Ducto UMA 1B	%MW101
CH2	Sensor de Flujo Ducto UMA 2A	%MW102
CH3	N/C	%MW103

Módulo AD2A INPUT ANALOG SLOT 3

Canal	Señal	Dirección PLC
CH0	Sensor de Flujo Ducto UMA 2B	%MW104
CH1	Sensor de Flujo Ducto 3A	%MW105
CH2	Sensor de Flujo Ducto 3B	%MW106
CH3	N/C	%MW107

c) Conexión módulos Salida Análoga G6F-DA2I.**Módulo DA2I OUTPUT ANALOG SLOT 4**

Canal	Señal	Dirección PLC
CH0	Set Point 4-20mA VDF UMA 1A	% MW300
CH1	Set Point 4-20mA VDF UMA 1B	% MW301
CH2	Set Point 4-20mA VDF UMA 2A	% MW302
CH3	N/C	% MW303

Módulo DA2I OUTPUT ANALOG SLOT 5

Canal	Señal	Dirección PLC
CH0	Set Point 4-20mA VDF UMA 2B	% MW304
CH1	Set Point 4-20mA VDF UMA 3A	% MW305
CH2	Set Point 4-20mA VDF UMA 3B	% MW306
CH3	N/C	% MW307

d) Conexión módulos Salida Digital G6Q-RY2A.

Módulo RY2A Salida de Relé 220VAC SLOT 6

Canal	Señal	Dirección PLC
CH0	Start/Stop VDF UMA 1A	% I0.6.0
CH1	Start/Stop VDF UMA 1B	% I0.6.1
CH2	Start/Stop VDF UMA 2A	% I0.6.2
CH3	Start/Stop VDF UMA 2B	% I0.6.3
CH4	Start/Stop VDF UMA 3A	% I0.6.4
CH5	Start/Stop VDF UMA 3B	% I0.6.5
CH6	Luz de Alarma UMA 1A	% I0.6.6
CH7	Luz de Alarma UMA 1B	% I0.6.7
CH8	Luz de Alarma UMA 2A	% I0.6.8
CH9	Luz de Alarma UMA 2B	% I0.6.9
CH10	Luz de Alarma UMA 3A	% I0.6.10
CH11	Luz de Alarma UMA 3B	% I0.6.11
CH12	Luz de Alarma BOMBA 1	% I0.6.12
CH13	Luz de Alarma BOMBA 2	% I0.6.13
CH14	Luz de Alarma Temperatura Única	% I0.6.14
CH15	Luz de Alarma Humedad Mínima	% I0.6.15

Módulo RY2A Salida de Relé 220VAC SLOT 7

Canal	Señal	Dirección PLC
CH0	Luz Prevención Switch Air Flow #1	% Q0.7.0
CH1	Luz Prevención Switch Air Flow #2	% Q0.7.1
CH2	Luz Prevención Switch Air Flow #3	% Q0.7.2
CH3	Alarma General	% Q0.7.3
CH4	N/C	% Q0.7.4
CH5	N/C	% Q0.7.5
CH6	N/C	% Q0.7.6
CH7	N/C	% Q0.7.7
CH8	N/C	% Q0.7.8
CH9	N/C	% Q0.7.9
CH10	N/C	% Q0.7.10
CH11	N/C	% Q0.7.11
CH12	N/C	% Q0.7.12
CH13	N/C	% Q0.7.13
CH14	N/C	% Q0.7.14
CH15	N/C	% Q0.7.15

e) **Direccionamiento de Memoria Alarmas PLC-HMI.**

	LÁMPARA ALARMAS	CLEAR ALARMAS	DESHABILITAR ALARMAS
SEÑAL	PLC	PLC	PLC
UMA 1A	MW 20.1	MW 1.1	MW 3.1
UMA 1B	MW 20.2	MW 1.2	MW 3.2
UMA 2A	MW 20.3	MW 1.3	MW 3.3
UMA 2B	MW 20.4	MW 1.4	MW 3.4
UMA 3A	MW 20.5	MW 1.5	MW 3.5
UMA 3B	MW 20.6	MW 1.6	MW 3.6
BOMBA 1	MW 20.7	MW 1.8	MW 3.7
BOMBA 2	MW 20.8	MW 1.9	MW 3.8
ALARMA MAQ. 1	MW 20.10		
CRÍTICA UMAS	MW 20.11		
ALARMA MAQ. 2	MW 20.10		
TEMPERATURA MÍN	MW 30.0	MW 1.10	MW 3.10
TEMPERATURA MÁX	MW 30.1	MW 1.11	MW 3.11
HUMEDAD MÍN.	MW 30.2	MW 1.12	MW 3.12
FLUJO 1	MW 30.3	MW 1.13	MW 3.13
FLUJO 2	MW 30.4	MW 1.14	MW 3.14
FLUJO 3	MW 30.5	MW 1.15	MW 3.15
ALARMAS VARIABLES	MW 30.6		
ASIMETRÍA	MW 40.1		
INPUT POWER	MW 40.2		
OUTPUT POWER	MW 40.3		
parada emergencia	MW 40.4		MW 4.6
alarma condiciones	MW 40.5		
sensor flujo aire UMA 1A	MW 50.1	MW 2.1	MW 3.15
sensor flujo aire UMA 1B	MW 50.2	MW 2.1	MW 3.15
sensor flujo aire UMA 2B	MW 50.3	MW 2.1	MW 3.15
sensor flujo aire UMA 2B	MW 50.4	MW 2.1	MW 3.15
sensor flujo aire UMA 3A	MW 50.5	MW 2.1	MW 3.15
sensor flujo aire UMA 3B	MW 50.6	MW 2.1	MW 3.15
alarma sensor flujo aire	MW 50.6		
alarma general	MW 60.0		

f) Direccionamiento de Canales Análogos I/O.

Canal	Data	Señal	PV (Valor Presente)		SP (Set Point)		SC (Señal de Control)	
			PLC	HMI	PLC	HMI	PLC	HMI
Módulo AD2A IMPUT								
CH0	Data	Sensor de Flujo Ducto UMA 1ª	%MW 100	MW 0100	%MW 200	MW 0200		
CH1	Data	Sensor de Flujo Ducto UMA 1B	%MW 101	MW 0101	%MW 201	MW 0201		
CH2	Data	Sensor de Flujo Ducto UMA 2ª	%MW 102	MW 0102	%MW 202	MW 0202		
CH3	Data		%MW 103	MW 0103	%MW 203	MW 0203		
Módulo AD2A INPUT ANALOG SLOT 3								
CH0	Data	Sensor de Flujo Ducto UMA 2B	%MW 104	MW 0104	%MW 204	MW 0204		
CH1	Data	Sensor de Flujo Ducto UMA 3ª	%MW 105	MW 0105	%MW 205	MW 0205		
CH2	Data	Sensor de Flujo Ducto UMA 3B	%MW 106	MW 0106	%MW 206	MW 0206		
CH3	Data		%MW 107	MW 0107	%MW 207	MW 0203		
Módulo AD2A OUTPUT ANALOG SLOT4								
CH0	SC 0	4-20mA VDF UMA 1ª					%MW 300	MW 0300
CH1	SC 1	4-20mA VDF UMA 1B					%MW 301	MW 0301
CH2	SC 2	4-20mA VDF UMA 2ª					%MW 302	MW 0302
CH3	SC 3						%MW 303	MW 0303
Módulo AD2A OUTPUT ANALOG SLOTS5								
CH0	SC 4	4-20mA VDF UMA 2B					%MW 304	MW 0304
CH1	SC 5	4-20mA VDF UMA 3ª					%MW 305	MW 0305
CH2	SC 6	4-20mA VDF UMA 3B					%MW 306	MW 0306
CH3	SC 7						%MW 307	MW 0307

CAPITULO IV

EQUIPOS Y MATERIALES DE EJECUCIÓN

4.1 LISTADO DE EQUIPOS DE PROCESO Y CODIFICACIÓN (TAG).

Los tipos de documentación técnica a desarrollar serán listados de equipos del proceso y Codificación, listado de equipos del sistema de automatización, listado de instrumentación de entrada, salida y codificación y listado de señales de I/O en PLC y codificación.

Para la codificación (TAG) se utilizó una nomenclatura de números y letras, separadas por área, familia de equipos, unidad de equipos y/o identificación de instrumentos según Norma (ISA – Instrument Society of America) [1].

Tabla 4.1 Listado de Equipos de Proceso y Codificación (TAG)

TAG	DESCRIPCION DELEQUIPO	MARCA	MODELO	SERVICIO	UBICACIÓN	OBSERVACIÓN
100-IMP-UMA 1A	UMA 1A	CARRIER	39LC-15	Unidad de Manejadora de Aire-Agua	Primer piso	380V/60Hz/3KW/4HP/6.4A
100-IMP-UMA 1B	UMA 1B	CARRIER	39LC-15	Unidad de Manejadora de Aire-Agua	Primer piso	380V/60Hz/3KW/4HP/6.4A
200-IMP-UMA 2A	UMA 2A	CARRIER	39LC-15	Unidad de Manejadora de Aire-Agua	Segundo piso	380V/60Hz/3KW/4HP/6.4A
200-IMP-UMA 2B	UMA 2B	CARRIER	39LC-15	Unidad de Manejadora de Aire-Agua	Segundo piso	380V/60Hz/3KW/4HP/6.4A
300-IMP-UMA 3A	UMA 3A	CARRIER	39LC-15	Unidad de Manejadora de Aire-Agua	Tercer piso	380V/60Hz/3KW/4HP/6.4A
300-IMP-UMA 3B	UMA 3B	CARRIER	39LC-15	Unidad de Manejadora de Aire-Agua	Tercer piso	380V/60Hz/3KW/4HP/6.4A
100-IMP-DUC-HUM.01	HUMIDIFICADOR 1	AxAir	Defensor Mk5 60(A+B)	Humectador de Aire	Azotea	380V/60Hz/41.9kw/63.5A
100-IMP-DUC-HUM.02	HUMIDIFICADOR 2	AxAir	Defensor Mk5 60(A+B)	Humectador de Aire	Azotea	380V/60Hz/41.9kw/63.5A
50-AGFR-CH.01	CHILLER 1	CARRIER	30RABO27385TK	Enfriador de Agua	Azotea	380V/50Hz/41.9KW/63.5A
50-AGFR-CH.02	CHILLER 2	CARRIER	30RABO27385TK	Enfriador de Agua	Azotea	380V/50Hz/41.9KW/63.5A
100-AGCAL-BOM.01	BOMBA DE AGUA 1	DAB	KPL 40/900M	Circulación de Agua para Calefacción	Primer piso	220V/60HZ/1HP/6.4A
100-AGCAL-BOM.02	BOMBA DE AGUA 2	DAB	KPL 40/900M	Circulación de Agua para Calefacción	Primer piso	220V/60HZ/1HP/6.4A

Tabla 4.2 Listado de Instrumentación de Entrada y Codificación (Sensores)

TAG	Descripción	Marca	Modelo	Servicio	Señal	Ubicación	PLC				HMI
							Wire N°	Slot I/O	Canal I/O	Dir. Memoria	Dir. Memoria
100-IMP-UMA1A-FITO1	Sensor de Velocidad de Flujo	Dwyer	641 Air Velocity Transmitter	Medicion Ducto UMA 1.1	4-20mA	Ducto Salida UMA1.1	11-12	2	0	%MW100	MW0100
100-IMP-UMA1B-FITO2	Sensor de Velocidad de Flujo	Dwyer	641 Air Velocity Transmitter	Medicion Ducto UMA 1.2	4-20mA	Ducto Salida UMA1.2	13-14	2	1	%MW101	MW0101
200-IMP-UMA2A-FITO3	Sensor de Velocidad de Flujo	Dwyer	641 Air Velocity Transmitter	Medicion Ducto UMA 1.3	4-20mA	Ducto Salida UMA1.3	15-16	2	2	%MW102	MW0102
200-IMP-UMA2B-FITO4	Sensor de Velocidad de Flujo	Dwyer	641 Air Velocity Transmitter	Medicion Ducto VEX 5.1	4-20mA	Ducto Salida UMA1.1	17-18	3	0	%MW104	MW0104
300-IMP-UMA3A-FITO5	Sensor de Velocidad de Flujo	Dwyer	641 Air Velocity Transmitter	Medicion Ducto VEX 5.2	4-20mA	Ducto Salida UMA1.1	19-20	3	1	%MW105	MW0105
300-IMP-UMA3B-FITO6	Sensor de Velocidad de Flujo	Dwyer	641 Air Velocity Transmitter	Medicion Ducto VEX 5.2	4-20mA	Ducto Salida UMA1.1	21-22	3	2	%MW106	MW0106
100-IMP-DUC-FSL02	Switch Air Flow #1	ITT McDonne ll	AF1 AF1-S	Ducto Área 1 piso	Relé N/C N/O	Salida Ducto UMAS 1A	23-24	0	12	%I0.0.12	MW 0000/12
200-IMP-DUC-FSL02	Switch Air Flow #2	ITT McDonne ll	AF1 AF1-S	Ducto Área 2 piso	Relé N/C N/O	Salida Ducto UMAS 2A	25-26	0	13	%I0.0.13	MW 0000/13

300-IMP-DUC-FSL02	Switch Air Flow #3	ITT McDonnell	AF1 AF1-S	Ducto Área 3 piso	Relé N/C N/O	Salida Ducto UMAS 3A	27-28	0	14	%I0.0.14	MW 0000/14
100-INSI-TI-TSL01	Termometro-Termostato	AKO	14112	Sensor de temp.Mínima	Relé N/C N/O	sistema 1er PISO	41-42	0	9	%I0.0.9	MW 30.0
100-INSI-TI-TSH02	Termometro-Termostato	AKO	14112	Sensor de temp. Mínima	Relé N/C N/O	sistema 1er PISO	43-44	0	10	%I0.0.10	MW 30.1
100-INSI-MSL	Higróstato-Ambiente	JUMO	A6080001	Sensor de Humedad	N/C N/O	sistema 1er PISO					
100-INSI-HUM01-MS01	Humidistato	Condair	HSC 120 F905	Control de Humedad	N/C N/O	sistema 1er PISO					
100-INSI-HUM02-MS02	Humidistato	Condair	HSC 120 F905	Control de Humedad	N/C N/O	sistema 1er PISO					
100-INSI-SERPC-TSL03	Termostato	Honeywell	S/I	Control de serpentín Calefacción	N/C N/O	sistema 1er PISO					
100-INSI-MI01	Medidor de humedad	Veto	S/I	Medición área de sistema	N/C N/O	sistema 1er PISO					
100-IMP-DUC-UMA1A-SERPC-TCV01	Controlador Temp. Refrigeración	Honeywell	T991	Control de Válvulas UMA 1A	Potenciómetro	Sala de Máquinas					
100-IMP-DUC-UMA1B-SERPR-TCV02	Controlador Temp. Refrigeración	Honeywell	T991	Control de Válvulas UMA 1B	Potenciómetro	Sala de Máquinas					

200-IMP-DUC-UMA2A-SERPR-TCV03	Controlador Temp. Refrigeracion	Honeywell 1	T991	Control de Válvulas UMA 2A	Potenciómetro	Sala de Máquinas					
200-IMP-DUC-UMA2B-SERPR-TCV04	Controlador Temp. Refrigeracion	Honeywell 1	T991	Control de Válvulas UMA 2B	Potenciómetro	Sala de Máquinas					
300-IMP-DUC-UMA3A-SERPR-TCV05	Controlador Temp. Refrigeracion	Honeywell 1	T991	Control de Válvulas UMA 3A	Potenciómetro	Sala de Máquinas					
300-IMP-DUC-UMA3B-SERPR-TCV06	Controlador Temp. Refrigeracion	Honeywell 1	T991	Control de Válvulas UMA 3B	Potenciómetro	Sala de Máquinas					

Tabla 4.3 Listado de Instrumentación de Salida y Codificación (Actuadores).

TAG	Descripción	Marca	Modelo	Servicio	Señal	Ubicación	PLC			HMI	
							Wire N°	Slot I/O	Canal I/O	Dir. Memoria	Dir. Memoria
100-IMP-VDF01	VDF	Danfoss	VLT 2830	Motor Ventilador UMA 1A	4-20mA	Tablero Control 1	47-48	4	0	%MW 300	MW 300
100-IMP-VDF02	VDF	Danfoss	VLT 2830	Motor Ventilador UMA 1B	4-20mA	Tablero Control 1	49-50	4	1	%MW 301	MW 301
200-IMP-VDF03	VDF	Danfoss	VLT 2830	Motor Ventilador UMA 2A	4-20mA	Tablero Control 1	51-52	4	2	%MW 302	MW 302
200-IMP-VDF04	VDF	Danfoss	VLT 2830	Motor Ventilador UMA 2B	4-20mA	Tablero Control 1					
300-IMP-VDF05	VDF	Danfoss	VLT 2830	Motor Ventilador UMA 3A	4-20mA	Tablero Control 2	53-54	5	1	%MW 304	MW 304
300-IMP-VDF06	VDF	Danfoss	VLT 2830	Motor Ventilador UMA 3B	4-20mA	Tablero Control 2	55-56	5	1	%MW 305	MW 305
100-IMP-UMA 1A-VT01	Ventilador Axial			Generación Aire UMA 1A	Mecánica	Interior UMA 1A					
100-IMP-UMA 1A-VT01-MT01	Motor	Weg	GN46578	Movimiento Ventilador	380v	Interior UMA 1A					
100-IMP-UMA 1B-VT02	Ventilador Axial			Generación Aire UMA 1A	Mecánica	Interior UMA 1B					
100-IMP-UMA 1B-VT02-MT02	Motor	Weg	GN46578	Movimiento Ventilador	380v	Interior UMA 1B					

200-IMP-UMA 2A-VT03	Ventilador Axial			Generación Aire UMA 1A	Mecánica	Interior UMA 2A					
200-IMP-UMA 2A-VT03-MT03	Motor	Weg	GN46578	Movimiento Ventilador	380v	Interior UMA 2A					
200-IMP-UMA 2B-VT04	Ventilador Axial			Generación Aire UMA 1A	Mecánica	Interior UMA 2B					
200-IMP-UMA 2B-VT01-MT04	Motor	Weg	GN46578	Movimiento Ventilador	380v	Interior UMA 2B					
300-IMP-UMA 3A-VT05	Ventilador Axial			Generación Aire UMA 1A	Mecánica	Interior UMA 3A					
300-IMP-UMA 3A-VT01-MT05	Motor	Weg	GN46578	Movimiento Ventilador	380v	Interior UMA 3A					
300-IMP-UMA 3B-VT05	Ventilador Axial			Generación Aire UMA 1A	Mecánica	Interior UMA 3B					
300-IMP-UMA 3B-VT01-MT05	Motor	Weg	GN46578	Movimiento Ventilador	380v	Interior UMA 3B					
100-IMP-UMA 1A-YV.01	Dámper	BELIMO	LF 24 US	Control de Pasa de Aire UMA 1A	24VCC	Ducto Salida UMA 1A					
100-IMP-UMA 1B-YV.02	Dámper	BELIMO	LF 24 US	Control de Pasa de Aire UMA 1B	24VCC	Ducto Salida UMA 1B					
200-IMP-UMA 2A-YV.03	Dámper	BELIMO	LF 24 US	Control de Pasa de Aire UMA 2A	24VCC	Ducto Salida UMA 2A					
200-IMP-UMA 2B-YV.04	Dámper	BELIMO	LF 24 US	Control de Pasa de Aire UMA 2B	24VCC	Ducto Salida UMA 2B					
300-IMP-UMA 3A-YV.05	Dámper	BELIMO	LF 24 US	Control de Pasa de Aire UMA 3A	24VCC	Ducto Salida UMA 3A					

300-IMP-UMA 3B-YV.06	Dámper	BELIMO	LF 24 US	Control de Pasa de Aire UMA 3B	24VCC	Ducto Salida UMA 3B					
100-IMP-UMA 1A-FV01	Válvula Actuador	Honeywell	HL7984	Control Agua Fría UMA 1A	4-20mA	Casa Máquinas					
100-IMP-UMA 1B-FV02	Válvula Actuador	Honeywell	HL7984	Control Agua Fría UMA 1B	4-20mA	Casa Máquinas					
200-IMP-UMA 2A-FV03	Válvula Actuador	Honeywell	HL7984	Control Agua Fría UMA 2A	4-20mA	Casa Máquinas					
200-IMP-UMA 2B-FV04	Válvula Actuador	Honeywell	HL7984	Control Agua Fría UMA 2B	4-20mA	Casa Máquinas					
300-IMP-UMA 3A-FV05	Válvula Actuador	Honeywell	HL7984	Control Agua Fría UMA 3A	4-20mA	Casa Máquinas					
300-IMP-UMA 3B-FV06	Válvula Actuador	Honeywell	HL7984	Control Agua Fría UMA 3B	4-20mA	Casa Máquinas					

Tabla 4.4 Listado de Equipos del Sistema de Automatización.

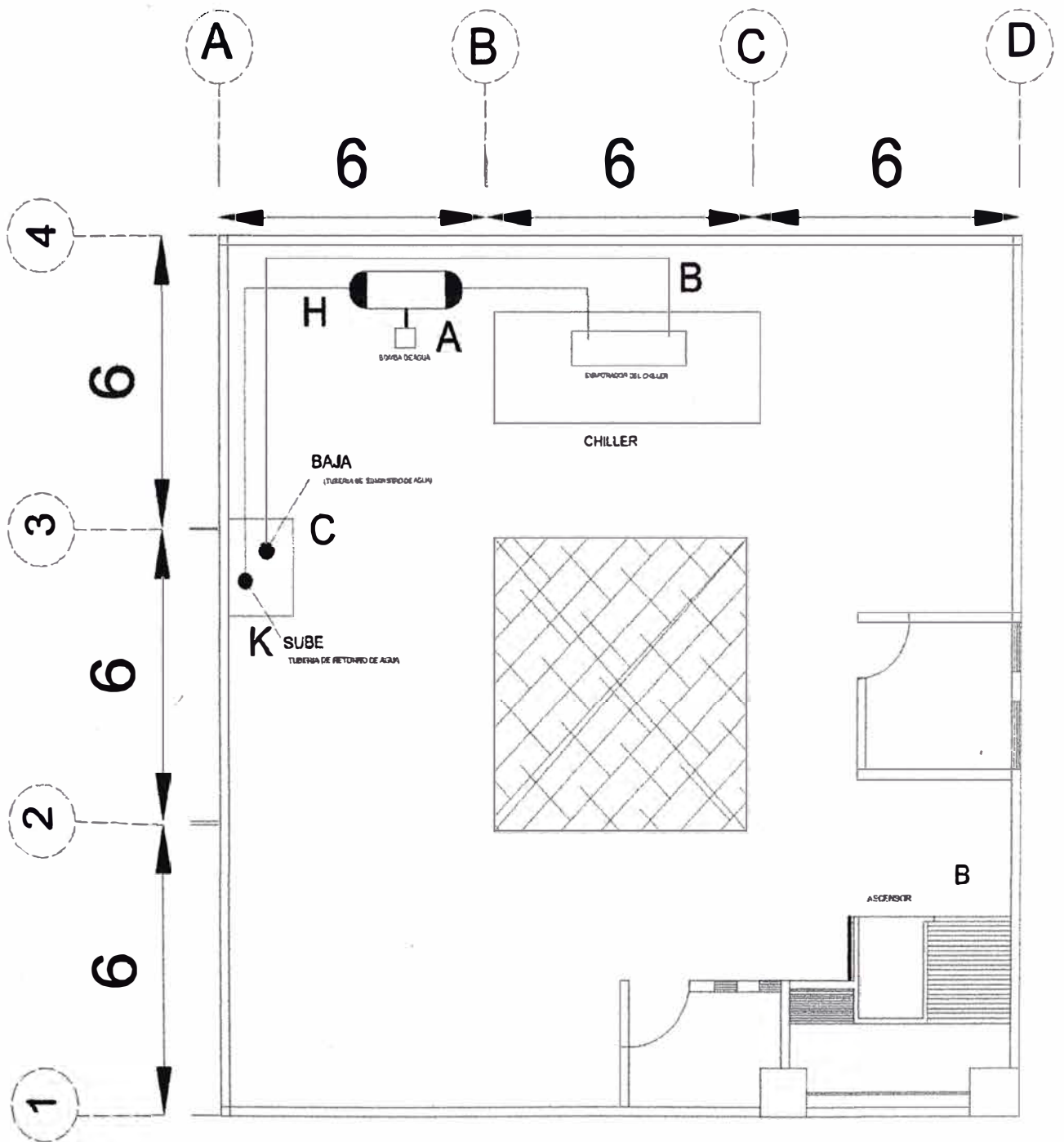
DESCRIPCIÓN EQUIPOS	N° DE EQUIPOS	MARCA	MODELO	SERVICIO	UBICACIÓN	
PLC(Modular)	1	LGSIS	GLOFA GM6	Controlador Lógico Programable	Tablero de Control N°2	
CPU Module	1	LGSIS	CPUB	Unidad Central de Procesos	Tablero de Control N°2	
Power Supply Module	1	LGSIS	PAFB	Alimentación PLC	Tablero de Control N°2	
Digital Input Module	1	LGSIS	D21A	Entrada Digital 8 Puntos 24Vcc	Tablero de Control N°2	40mA
Digital Input Module	1	LGSIS	D22A	Entrada digital 16 Puntos 24Vcc	Tablero de Control N°2	70mA
A/D Conversión Module	2	LGSIS	AD2A	Entrada Análoga 4 canales 4-20mA	Tablero de Control N°2	50mA
D/A Conversión Module	2	LGSIS	DA2I	Salida Análoga 4 Canales 4-20mA	Tablero de Control N°2	50mA
Digital Output Module	2	LGSIS	RY2A	Salida Digital 16 Puntos Relé	Tablero de Control N°2	50mA
HMI	1	M2I	TOP3MAE	Monitorio y Supervisión	Tablero HMI-PC	500mA
PC ESCRITORIO	1	S/M	P4 3.06Ghz 512Ram	Desarrollo de Ingeniería	Tablero HMI-PC	200W
UPS	1	EAST	1200VA/720W	Respaldo de Emergencia PLC-PC	Tablero UPS	720W

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

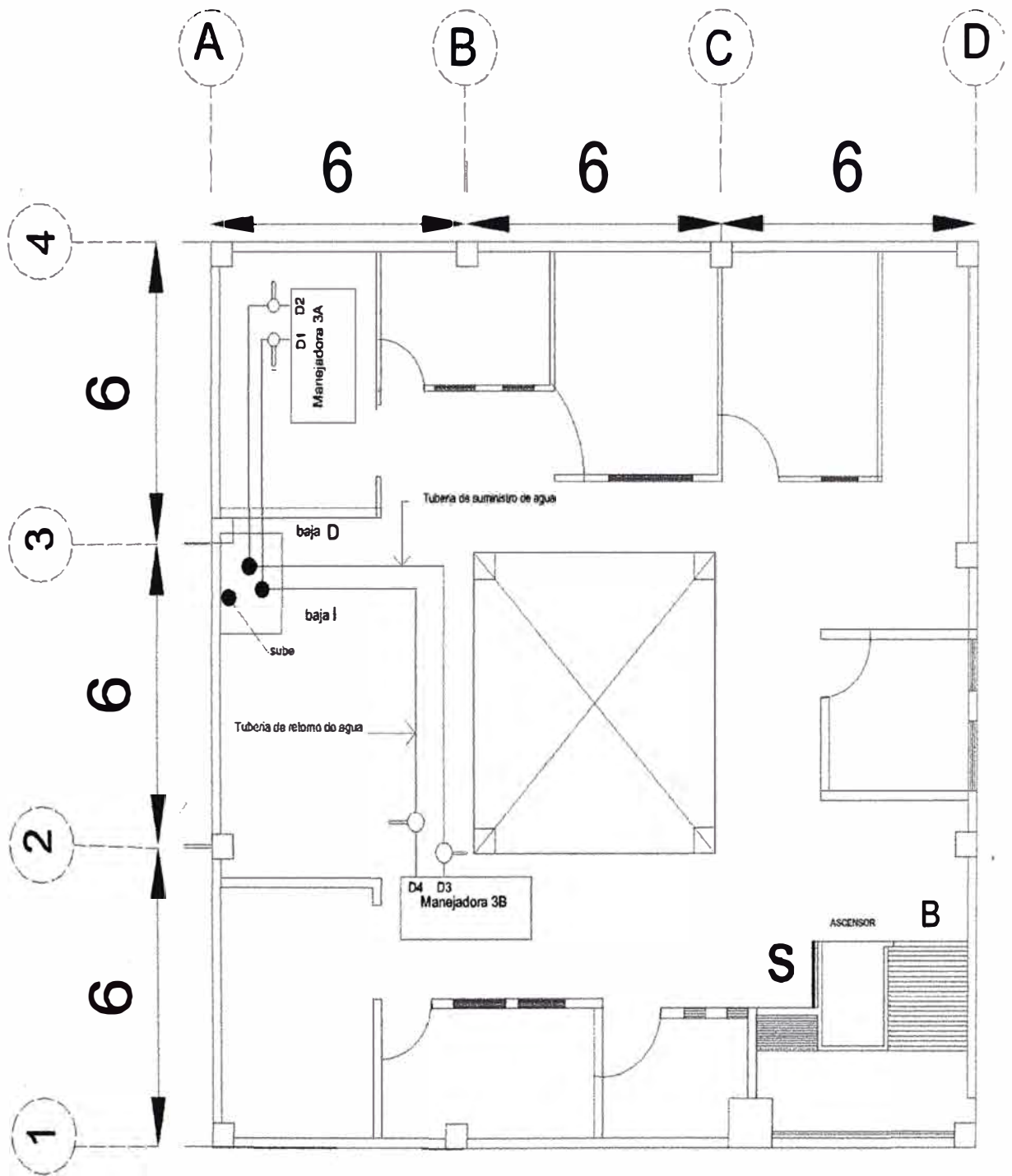
- 1.** Los sistemas de climatización centralizados con volumen de agua constante y válvula de tres vías, se han vuelto obsoleto en la actualidad por el alto consumo de energía eléctrica que implica su operación. Además tienen como inconveniente el aumento de los costos de mantenimiento por el trabajo excesivo al que están sometidos los componentes del sistema.
- 2.** Los sistemas de climatizados centralizados con bombeo primario secundario con flujo variable y válvula de dos vías se imponen ante los sistemas de volumen de agua constante a pesar de su costo inicial elevado, pues disminuyen notablemente los costos asociados a mantenimiento ya a consumo de energía eléctrica, obteniendo periodos de recuperación de la inversión atractivos un año aproximadamente.
- 3.** La ley de Proporcionalidad que describe la dependencia de flujo y consumo de energía (potencia) propia de los ventiladores y extractores respecto de la velocidad del motor de inducción. Por lo tanto, se concluye que el uso de un convertidor de frecuencia es una buena alternativa en el ahorro de energía.
- 4.** Se estudio en forma teórica las combinaciones para el control secuencial.

ANEXO A
DISTRIBUCIÓN DE LOS PLANOS DE LA RED HIDRAULICA Y UBICACIÓN
DE EQUIPOS

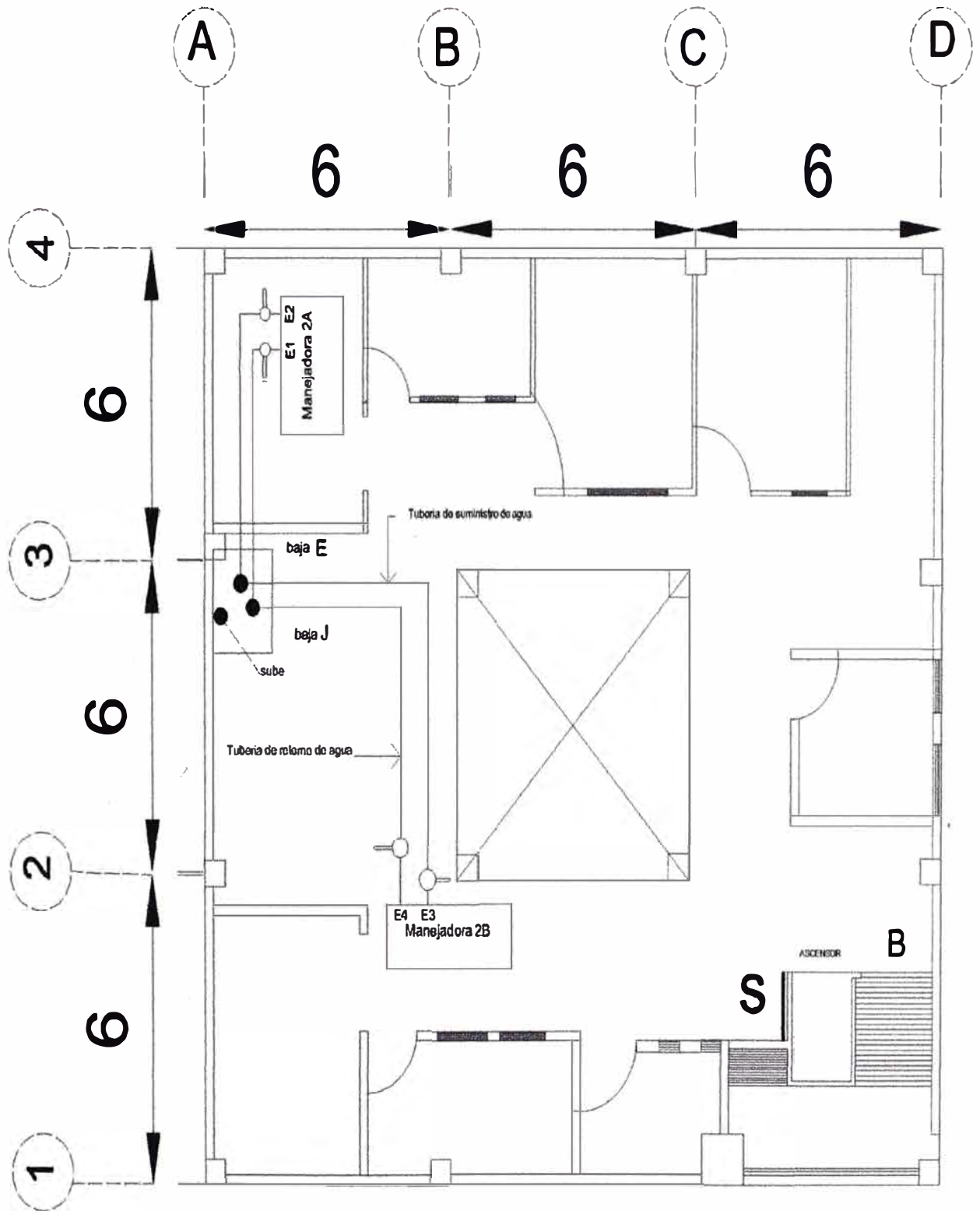


PLANTA DE DISTRIBUCION
 CUARTO NIVEL ESCALA 1:150

Figura A.1 Plano Hidráulico de la Terraza del Edificio

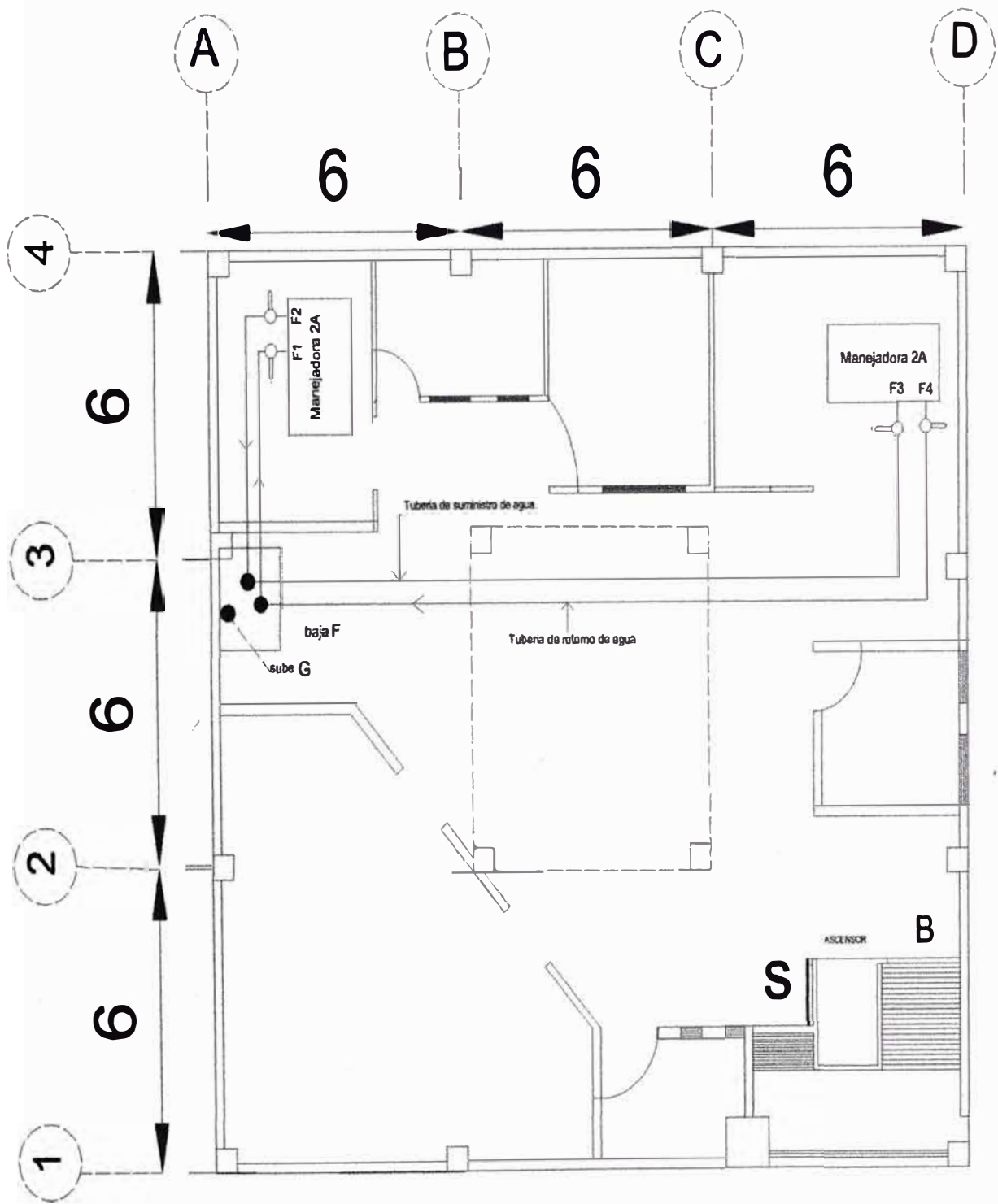


PLANTA DE DISTRIBUCION
 TERCER NIVEL ESCALA 1:150



PLANTA DE DISTRIBUCION
 SEGUNDO NIVEL ESCALA 1:150

Figura A.3 Plano Hidráulico del Segundo Nivel del Edificio



PLANTA DE DISTRIBUCION
 PRIMER NIVEL ESCALA 1:150

Figura A.4 Plano Hidráulico del Primer Nivel del Edificio

ANEXO B
CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

PLC GLOFA GM6 “LG”

Características GM6:

- Alto rendimiento con diseño compacto.
- Proceso de alta velocidad con un procesador operación dedicado incluido.
- Diseñado para estándar internacional de lenguaje (IEC61131-3): IL, LD, SFC.
- Protocolo de comunicaciones de redes abiertas de acuerdo con especificaciones de estándares internacionales.
- Varios módulos especiales que agrandan la gama del uso del PLC.
- Puntos máximos de la entrada-salida 384 puntos.

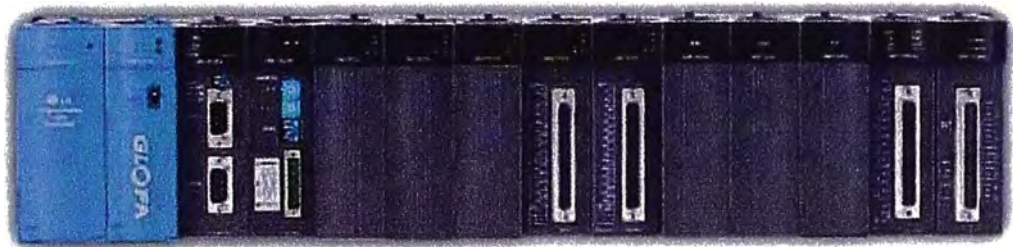


Figura B1 PLC GLOFA GM6.

Configuración total de la serie GLOFA-GM6.

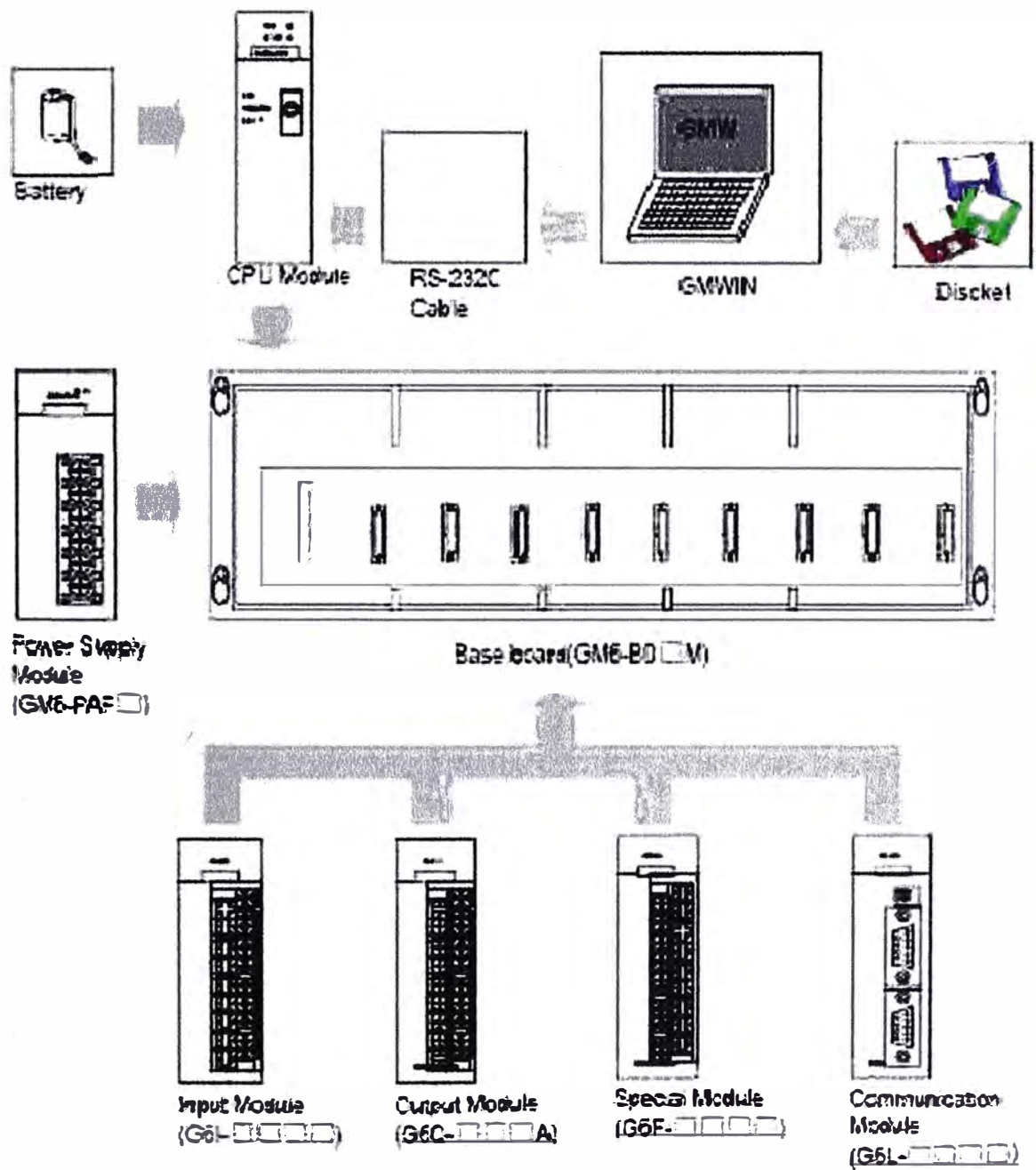


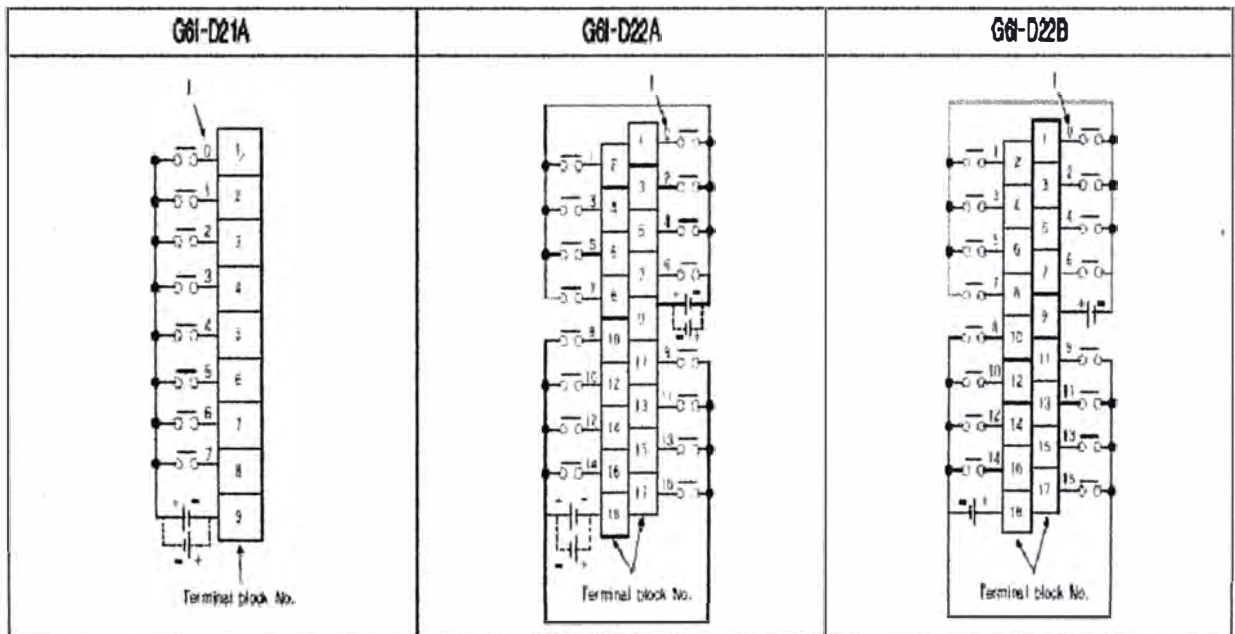
Figura B2 Configuración en Base Borrada.

GM6		GM6-CPUA	GM6-CPUB	GM6-CPUC	Remark
Operation method		Cyclic execution of stored program, Time-driven operation, Internal task operation			
I/O control method		Scan synchronized batch processing method (Refresh method)			
Program language		IL (Instruction list) / LD (Ladder diagram) / SFC (Sequential function chart)			
Number of Instructions	Operator	LD: 13, IL: 21			
	Basic function	194			
	Basic function block	11			
	Special function block	Each special module has its own special function block			
Processing speed	Operator	0.5 μ s/instruction			
	Basic function	0.5 μ s/step			
	Basic function block				
Programming memory capacity		68K			Built-in flash memory (128K)
I/O points	With 32-pt modules	192 points			
	With 64-pt modules	384 points			
	With remote I/Os	512 points			
Data memory	Direct variable area (DVA)	2--0K			Setting in GMWIN
	Symbolic variable area (SVA)	30K - Direct variable area			
Timer		No limitation. Time range: 0.001~4294967.295 sec (1193 hours)			20 bytes per 1 timer in SVA
Counter		No limitation. Count range: -32,768~32,767			8 bytes per 1 counter in SVA
Operation mode		RUN, STOP, PAUSE, DEBUG			
Data retention at power failure		Set to 'Retain' at data declaration			
Number of program blocks		100			
Program types	Scan	100 - (Number of program blocks)			8 in total
	Time-driven tasks	8			
	External interrupt tasks	8			
	Internal tasks	8			
	Initialization task	1 (_INIT)			
Self-diagnostic functions		Watchdog timer, Memory error, I/O error, Battery error, Power supply error			
Restart mode		Cold, Warm			
Base type		4/6/8/12 slot *1)			Extension is not available
Built-in functions		· Cnet (RS-232C) *2)	· PID control · Cnet (RS-422/485) · RTC function	· PID control · Cnet (RS-232C) *2) · HSC (50kHz) · RTC function	
Internal current consumption		170mA	210mA	170mA	

Especificaciones B1.

Especificaciones B2 Módulos entrada.

Input type		DC Input				AC input ^(*)		
Part number		G6I-D21A	G6I-D22A	G6I-D22B	G6I-D24A	G6I-D24B	G6I-A11A	G6I-A21A
Input point		8 points	16 points		32 points		8 points	
Rated input		DC 12/24V	DC 12/24V	DC 24V	DC 12/24V	DC 24V	AC 100~120V	AC 100~240V
Rated input current		3/7mA	3/7mA	7mA	3/7mA	7mA	7mA	5/11mA
On voltage/current		DC 9.5V or more/ 3.5mA or more	DC 9.5V or more/ 3.5mA or more	DC 15V or more/ 4.3mA or more	DC 9.5V or more/ 3.5mA or more	DC 15V or more/ 4.3mA or more	AC 80V or more/ 5mA or more	AC 80V or more/ 3mA or more
Off voltage/current		DC 5V or less/ 1.5mA or less	DC 5V or less/ 1.5mA or less	DC 5V or less/ 1.7mA or less	DC 5V or less/ 1.5mA or less	DC 5V or less/ 1.7mA or less	AC 30V or less/ 2mA or less	AC 30V or less/ 1mA or less
Response time	Off-On	5ms or less	5ms or less	5ms or less	5ms or less	5ms or less	15ms or less	15ms or less
	On-Off	5ms or less	5ms or less	5ms or less	5ms or less	5ms or less	25ms or less	25ms or less
Common		8 points/1COM			32 points/1COM		8 points/1COM	
Operating indicator		LED						
Insulation method		Photocoupler insulation						
Current consumption (DC 5V)		40mA	70mA		75mA		35mA	

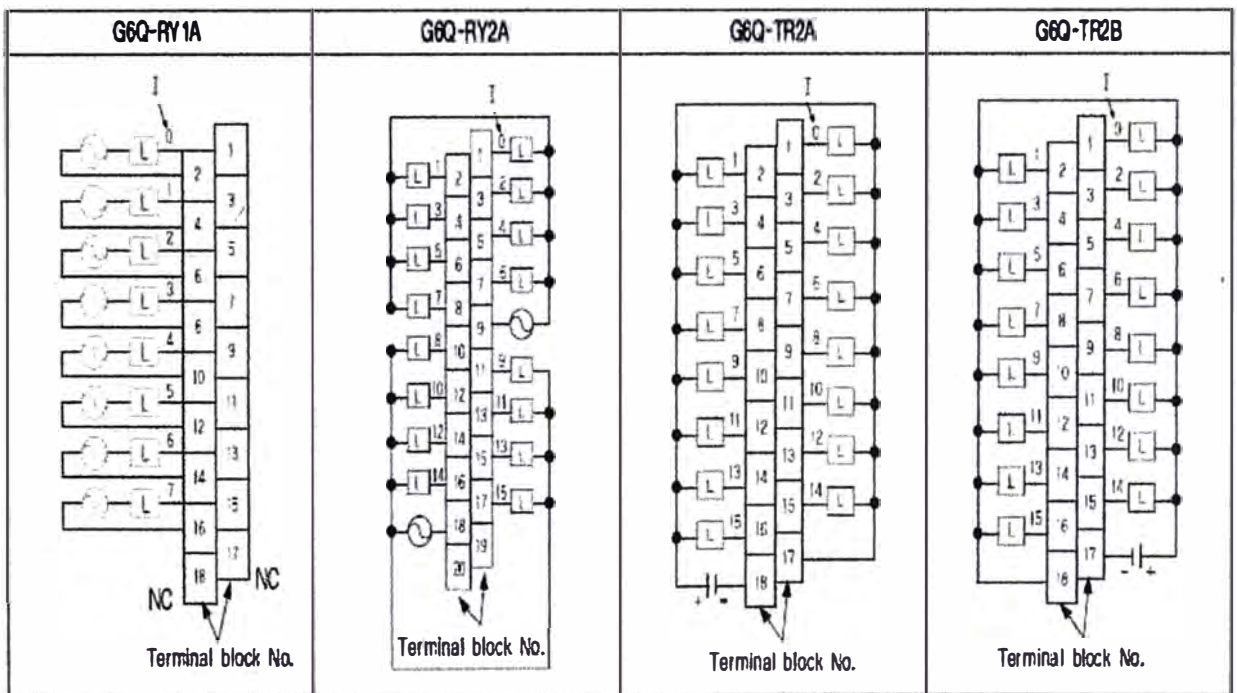


Especificaciones B2 Módulos entrada.

Especificaciones B3 Módulos entrada.

Output module type	Relay output		Transistor output				Trlac output
Part number	G6Q-RY1A	G6Q-RY2A	G6Q-TR2A	G6Q-TR2B	G6Q-TR4A	G6Q-TR4B	G6Q-SS1A
Output point	8 points	16 points	16 points	16 points	32 points	32 points	8 points
Rated load voltage	DC 12/24V, AC 110/220V (50/60Hz)		DC 12/24V				AC 110/220V (50/60Hz)
Off leakage current	0.1mA or less						2.5mA or less
On voltage drop	-		DC 1.5V or less		DC 2.5V or less	DC 3V or less	AC 1.5V or less
Rated load current	1 Point	2A	0.5A		0.1A		1A
	1 Common	-	5A	3A	2A		4A
Response time	Off → On	10ms or less		2ms or less			1ms or less
	On → Off	12ms or less		2ms or less			0.5cycle+1ms or less
Common	1 point/1COM	8 points/1COM	16 points/1COM		32 points/1COM		8 points/1COM
Operating indicator	LED						
Insulation method	Relay		Photocoupler				
Surge absorber	-		Clamp diode				Varistor, CR absorber
Current consumption (DC 5V)	210mA	400mA	180mA	170mA	140mA	145mA	190mA
External power supply	-		DC24V				-

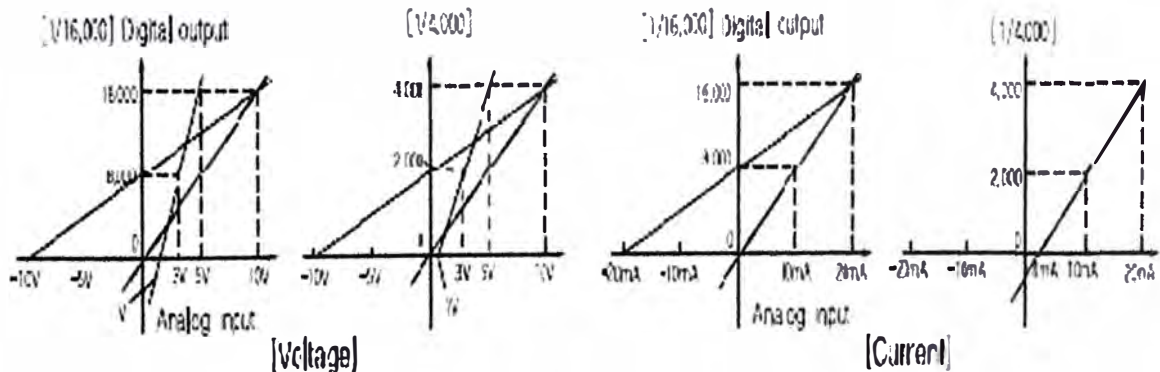
* G6Q-TR2A/TR4A: Sink type. G6Q-TR2B/TR4B: Source type



Especificaciones B3 Módulos salida.

Item		GF-AD2A *1)	GF-AD3A	GF-AD2A *2)
CPU		SM4-CPUA/H/C		SM6-CPUA/H/C
Analog input	Voltage	DC -5~+5	DC 1~5V	DC 1~5V
		DC -10~+10V	DC 0~10V	DC 0~10V, -10~+10V
	Current *3)	DC -20~+20mA	DC 4~20mA	DC 4~20mA
	Voltage/Current select	input range selector switch	input selection switch	input range selector switch
voltage range select	Program			
Digital output		-192~19,191 -8,192~8,191	-45~4,047	-48~4047 -2,348~2,947
Resolution	DC 1~5V	-	1.0mV (1/4,000)	1.0mV (1/4,000)
	DC 0~10V	-	2.5mV (1/4,000)	2.5mV (1/4,000)
	DC -5~5V	0.625mV (1/16,000)	-	-
	DC -10~10V	1.25mV (1/16,000)	-	5mV (1/4,000)
	DC -20~20mA	2.5uA (1/16,000)	-	-
	DC 4~20mA	-	4uA (1/4,000)	4uA (1/4,000)
Accuracy		±0.5% (Full scale) +0.3% at 25°C	±0.5% (Full scale) +0.3% at 25°C	±0.5% (Full scale) -0.3% at 25°C
Max. conversion speed		5ms/Ch	5ms/Ch	5ms/Ch
Max. absolute output	Voltage	±2V		
	Current	±20mA		
Analog input point		4 Channels	8 Channels	4 Channels
Offset/gain		Available	Not available	
Isolation method		Between input terminal and PLC power supply: Photo-coupler, Between channels: No insulation		
Current consumption		60mA (5V)	630mA (5V)	10mA (+5V), 50mA (+15V), 30mA (-15V)

Especificaciones B4 Módulos entrada Análoga



Características conversión A/D.

ANEXO C
MANEJADORA DE AIRE (UMA)

MANEJADORA DE AIRE



Potente y sólida

La manejadora de aire más probada del mercado.

Características constructivas que permiten tener en un sólo conjunto las

Siguientes alternativas:

- Aspiración a través de la serpentina en arreglo horizontal o vertical.
- Precalentamiento con enfriamiento.
- Enfriamiento con recalentamiento.
- Calefacción solamente.
- Ventilación solamente.
- Volumen de Aire Variable.
- Gabinete construido en chapa galvanizada con protección mecánica, que permite la utilización en condiciones climáticas severas.
- Motores y transmisión ubicados en un medio de aire en movimiento donde sólo circula aire filtrado, frío y deshumidificado, a fin de garantizar una larga vida de sus rodamientos con mínimo mantenimiento.

El VLT 6000 HVAC ofrece un pleno control del motor directamente desde la interfaz de usuario. “HAND START” permite el arranque y el control de la velocidad del motor, “OFF” lo desconecta y “AUTO START” cambia el control a las entradas digitales y/o a la comunicación serie.

Rendimiento y ahorro de energía.

El uso de convertidores de frecuencia en sistemas HVAC se realiza, principalmente, con el fin de obtener el máximo ahorro de energía. El VLT 6000 HVAC está diseñado teniendo en cuenta los sistemas HVAC. Por consiguiente, contiene una serie de funciones específicas muy útiles para estas aplicaciones, de las que a continuación se describen algunas.

La exclusiva función AEO (Optimizador automático de energía) de Danfoss Drives permite ahorrar hasta un 5-10% adicional en la factura eléctrica. Esta función optimiza la corriente de magnetización del motor según la carga específica. Conversor de Frecuencia VLT optimización de energía, se reduce el sobrecalentamiento innecesario del motor y de su entorno.

El VLT 6000 incluye también la función de modo de reposo, que permite aumentar el ahorro de energía en los sistemas HVAC. Si una bomba o un ventilador está funcionando a baja velocidad y no está contribuyendo realmente al parámetro controlado (p. ej., temperatura, presión, etc.), se para automáticamente. Cuando el sistema necesita energía, el convertidor de frecuencia arranca el motor nuevamente.

En los sistemas HVAC se puede producir resonancia entre la bomba/ventilador y el armario en el que está alojado, p. ej. En un climatizador. Este problema suele ocurrir sólo en algunas frecuencias determinadas, produce una gran cantidad de ruido y puede originar daños en los componentes. Este problema se soluciona mediante la función de bypass de frecuencia del VLT 6000 HVAC, donde el convertidor de frecuencia puede ser programado con hasta 4 frecuencias de bypass.

Para los fabricantes de bombas, Danfoss Drives ofrece una nueva y exclusiva función denominada “Control de bomba sin sensores”. Esta función permite al convertidor controlar la presión en un circuito de agua sin tener que utilizar un transmisor de presión. Esto supone un ahorro de costes en la puesta en servicio para el fabricante de la bomba, así como un ahorro en el transmisor, la instalación, etc.

- Brinda máxima economía y gran durabilidad. Totalmente ensamblada en fábrica; su sistema de construcción es simple y sencillo, reduciendo considerablemente el tiempo de instalación y su costo asociado.
- Serpentina construida con caño de cobre de 1/2" de OD, aletados de aluminio y placas de acero galvanizado. Diseño OPTI-FIN® (exclusivo de Carrier) que permite máxima eficiencia en la transferencia de calor. Disponibles con 4, 6 u 8 hileras, con aletados de 8 ó 14 aletas por pulgada y en circuitados denominados cuarto, medio, completo y doble (el cuarto viene sólo en 4 filas y el doble en 6 u 8 filas solamente). Los colectores de la serpentina están contruidos en caño schedule 40.

ANEXO D
VARIADOR DE FRECUENCIA

El VLT 6000 HVAC de Danfoss, específico para aplicaciones HVAC, proporciona un rendimiento inigualable, un gran ahorro de energía y un control mejorado de los sistemas HVAC, incluida la interacción con sistemas de gestión de edificios. El control preciso de la temperatura, la presión y el flujo en aplicaciones HVAC produce el mejor rendimiento medioambiental para los propietarios y operadores de edificios.



FIGURA C1 Conversor de Frecuencia VLT 6000 HVAC.

Características y ventajas

Gama del producto.

1,1 - 45 kW (200 - 240 V)

1,1 - 450 kW (380 - 460 V)

1,1 - 500 kW (525 - 600 V)

Fácil de poner en marcha y utilizar.

Un menú rápido guía con facilidad en las tareas de programación limitada que deben realizarse para ajustar el convertidor a las necesidades de cada planta.

Figura A-4.1 VLT 6000 HVAC.

Filtro RFI y supresión armónica.

El VLT 6000 incorpora filtros RFI en toda su gama de productos, que cumplen la norma EN55011, clase A1 y B. Así pues, no será necesario emplear filtros externos caros y voluminosos.

Un convertidor de frecuencia genera distorsión armónica de la línea de CA. Un VLT 6000 HVAC incorpora reactores de enlace de CC, lo que reduce la distorsión armónica a un 40% aproximadamente. Esta reducción permite, por ejemplo, disminuir notablemente las dimensiones del cable. En cuanto a la distorsión armónica, el VLT 6000 HVAC cumple con las normas IEC 61000-3-2 y 61000-3-4, así como con la VDE 0160. Para reducir aún más la distorsión armónica, Danfoss ofrece filtros pasivos externos de distorsión de corriente de un 5% y un 10% (AHF 005/010).

Accesorios

Opciones de aplicación.

Tarjeta de relé

Controlador en cascada

Protocolos de bus de campo.

Como protocolos integrados estándar:

- Modbus RTU
- FLN
- Metasys N2

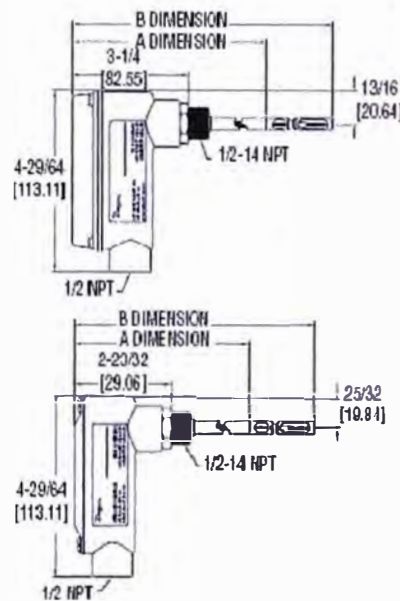
Como opciones de alto rendimiento optativas:

- Profibus
- DeviceNet
- LonWorks

ANEXO F
SENSOR DE FLUJO DE AIRE

Sensor Flujo de Aire (Air Velocity Transmitter)

La Serie 641 Transmisor de Velocidad de Aire es el instrumento ideal para supervisar el Flujo de aire. Este transmisor usa un sensor de flujo másico térmico (calentado) que permite medidas exactas de la velocidad en varios caudales y temperaturas. Posee 16 rangos decampo seleccionables que proporcionan la flexibilidad para seleccionar varios usos del flujo de aire. El LED opcional produce una solución completa y económica para la indicación local del flujo de aire.



641 AVT WITH DISPLAY OPTION	
A DIMENSION	B DIMENSION
7-63/64 [202.80]	9-13/16 [249.24]
13-63/64 [355.20]	15-13/16 [401.64]
19-63/64 [507.60]	21-13/16 [554.04]
25-63/64 [685.40]	28-13/16 [731.84]
32-63/64 [897.80]	34-13/16 [884.24]
37-63/64 [964.80]	39-13/16 [1011.24]

641 AVT WITHOUT DISPLAY OPTION	
A DIMENSION	B DIMENSION
7-7/16 [188.91]	9-9/32 [235.74]
13-7/16 [341.31]	15-0/32 [388.14]
19-7/16 [493.71]	21-9/32 [540.54]
25-7/16 [671.51]	26-9/32 [718.34]
29-7/16 [747.71]	34-9/32 [870.74]
37-7/16 [950.91]	39-9/32 [997.74]

Figura D6 641 Air Velocity Transmitter.

Características:

- Rango de 15.000 FPM (Pies por minuto) o 75 MPS (Metros por segundo).
- Display de LED brillante opcional.
- Botón de configuración de fácil disposición.
- Cubierta compacta.
- Salida 4-20 mA.
- Filtro Digital de señal humedecida.

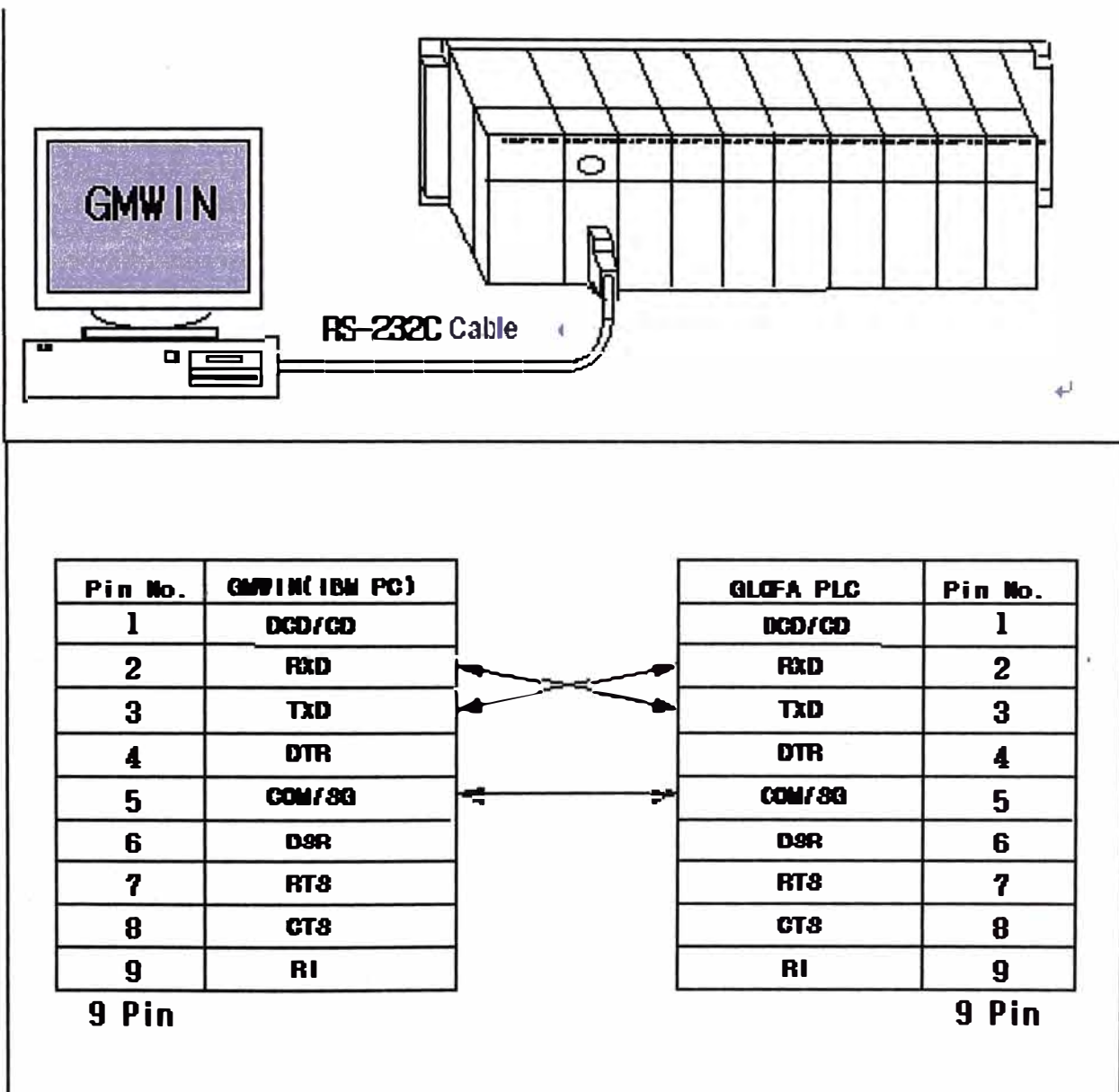
Usos:

- Supervisión del flujo en apilado del extractor.
- Control del aire en procesos de sequía.
- Medidas de la velocidad del aire en HVAC.
- Suministro de Aire y Rastreo de Gases de Combustión.

ANEXO E
DESCARGA DE PROGRAMA EN PLC GLOFA GM6

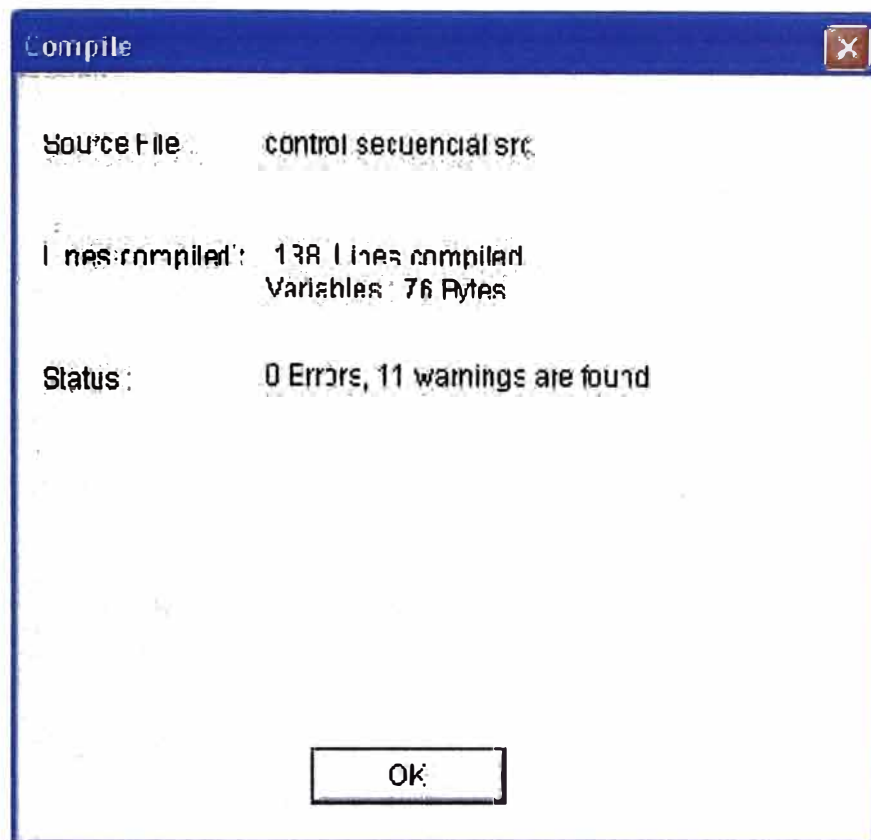
Descarga de Programa En PLC GLOFA GM6.

Para descargar el programa *.scr, se debe realizar la conexión que se muestra en la figura N° 3.9, por medio de un cable con conector DB-9 macho en el extremo del PLC y DB-9 hembra en el extremo del PC.



Conexión PC -PLC GLOFA.

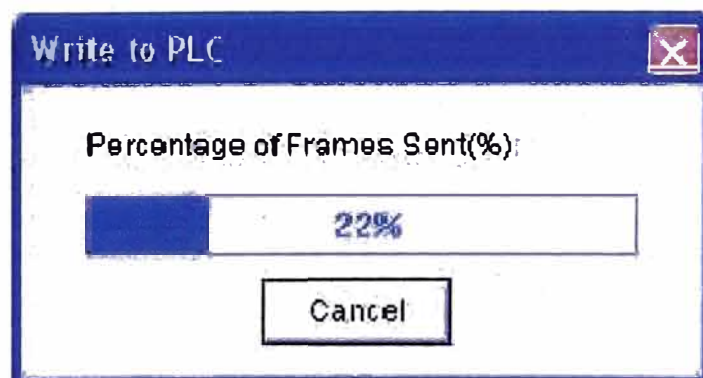
Una vez realizada el programa se debe de compilar para verificar los posibles errores. Esto se realiza en la barra de herramienta, en el ícono que se muestra a continuación.

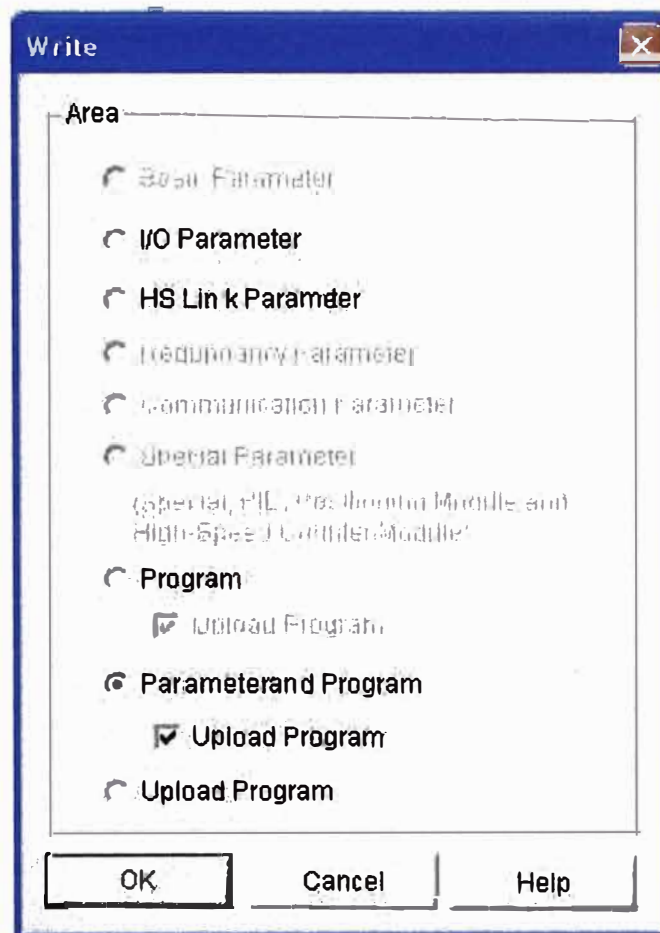


Compilación de Programa GMWIN

Luego para descargar en el PLC, existe un interruptor frontal en la CPU el cual debe hacer la transición entre (pause – stop – pause) para poder cargar el programa.

Seleccionar desde el Menú (Online)-(connect). Luego (Online)-(Write) y pulsar (OK).



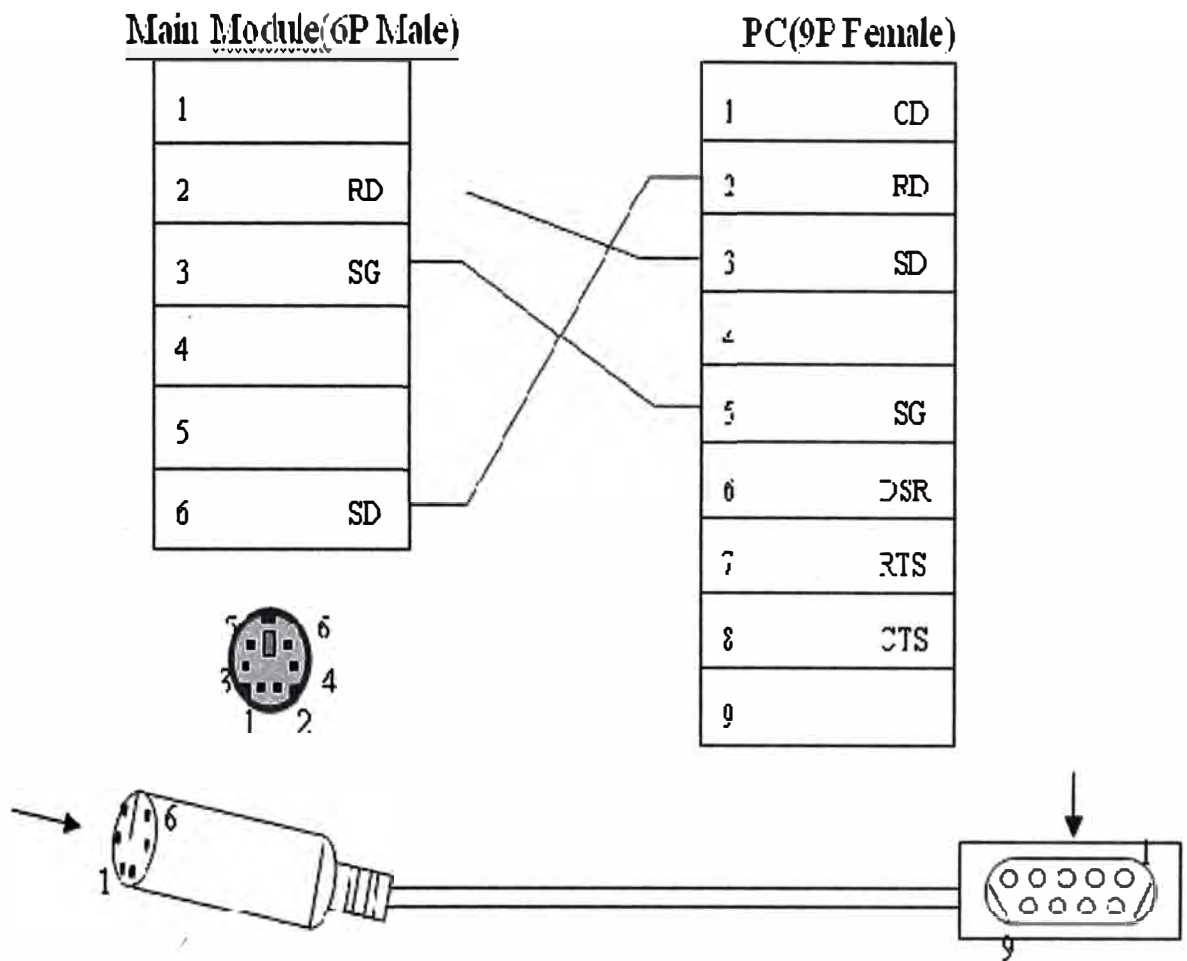


Transferencia del Proyecto en PLC.

Una vez terminada la escritura en la memoria del programa del PLC, ésta listo para su funcionamiento normal.

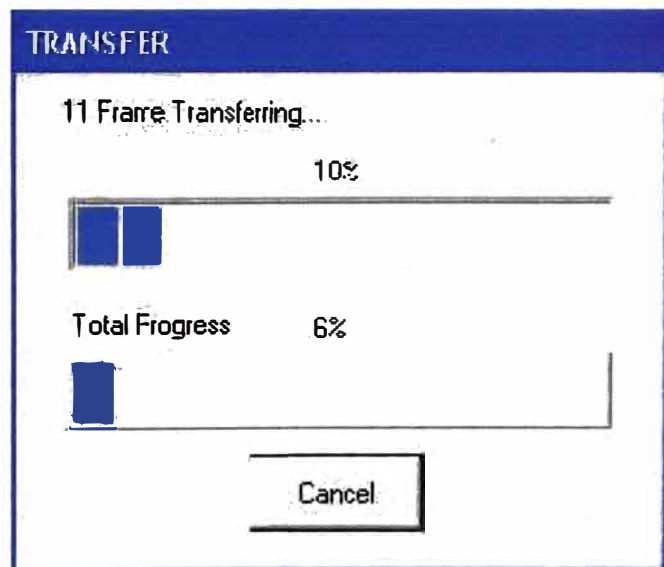
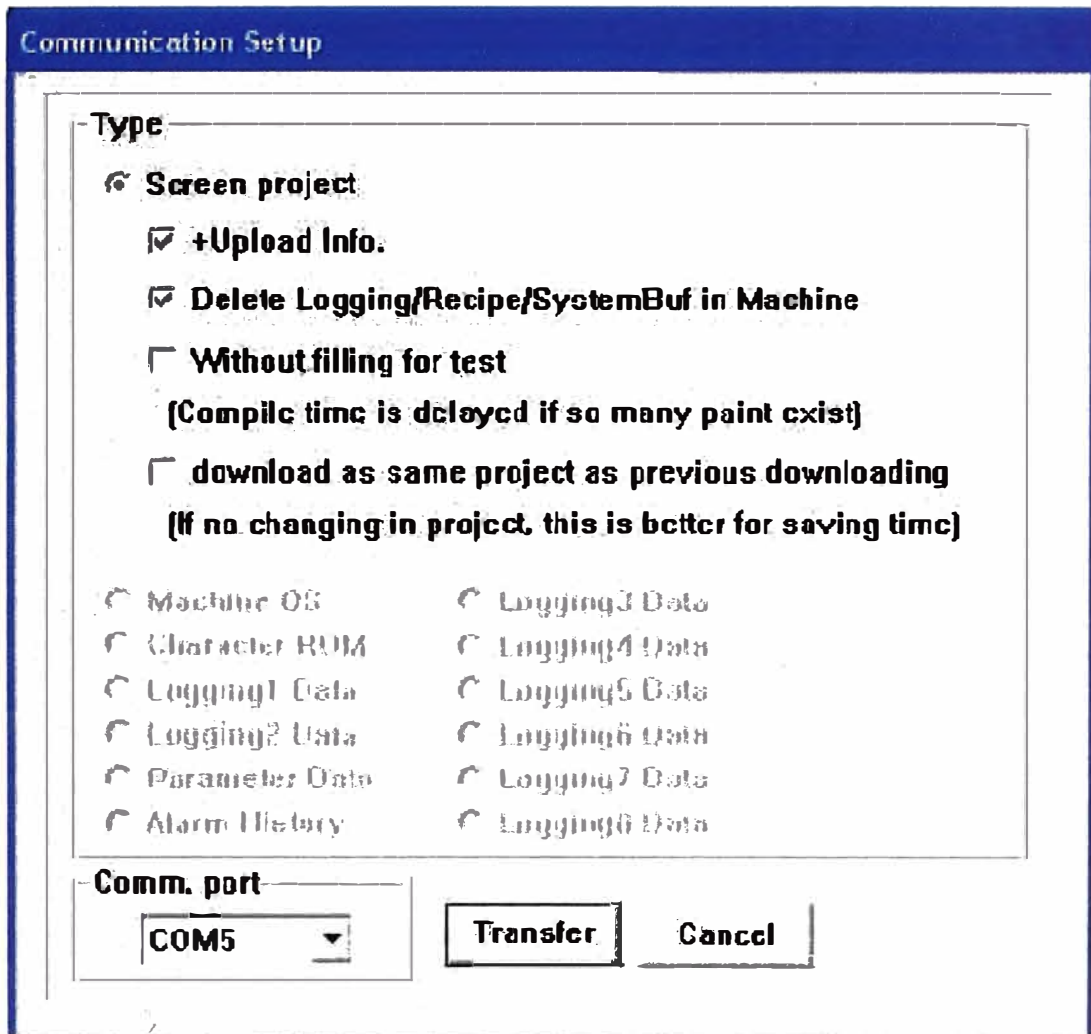
Descarga de programa En HMI TOP3MAE.

Conexión de Descarga de programa TOP – Desinger por medio de protocolo RS-232. Unión de Módulo Principal HMI 6P (Conector Macho) y ordenador personal 9P (Conector Hembra).



Conexión PC - HMI TOP3MAE.

Al finalizar el diseño de la pantalla Touch, se debe transferir el archivo *TOP. Para esto se hace clic en el ícono Transfer de la barra de herramientas y se pulsa nuevamente Transfer. Aquí la compilación se realiza automáticamente antes de la descarga del archivo.



BIBLIOGRAFIA

- [1] Reingeniería y ahorro de energía en la elaboración y operación de proyectos de aire acondicionado (Ing. Daniel Herencia Q.)
- [2] Manual de Aire Acondicionado Carrier (Carrier International Limited)
- [3] Catalogo de Aire Acondicionado York.
- [4] Grassa División de refrigeración www.grasso-global.com.
- [5] Análisis comparativo de estrategias de operación en sistemas de climatización centralizados por agua helada carlos@fmec.ucf.edu.cu
- [6] Automatismo Industrial. camare@utp.edu.co
- [7] CAREL Technology & Evolutions u Chiller manual y uso.
- [8] Criterios para la selección de equipo mecánicos en sistema de Aire Acondicionado que utilizan Equipos Chiller Juan Francisco Quezada Escobar.