

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN “REY BALDUÍNO DE BÉLGICA”**

**DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL DE AIRE ACONDICIONADO
PARA PABELLONES HOSPITALARIOS**

**Trabajo para optar al Título Profesional de Ingeniero de
Ejecución Control e Instrumentación**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniería de Ejecución
en control e instrumentación Industrial

Alumno:

Wilson Layseca Burdiles

Profesor Guía:

Ricardo Vera Gonzalez

DEDICATORIA

“Quiero dar gracias a todas las personas que me apoyaron y me motivaron para seguir adelante durante los momentos malos y buenos.

Quiero dedicar este trabajo a mis padres que sin ellos no podría haber hecho nada ya que mi vida no sería la misma.

Agradezco a mis profesores que son mi motivo de inspiración ya que como son buenos en lo que hacen me motivan a seguir mejorando como profesional y esperar ser igual que ellos.”

RESUMEN

En este proyecto se describirá los componentes necesarios para realizar un sistema automatizado manipulado por pc, además que en este proyecto se definirán por capítulos los aspectos esenciales de cada tema para realizar un proyecto de esta envergadura.

En general:

Capítulo 1 Se da a conocer los objetivos buscados.

Capítulo 2 El sistema mecánico del sistema de aire acondicionado se describirán sus partes y objetivos.

Capítulo 3 Dan a conocer las especificaciones de los componentes electrónicos y los requisitos generales que se debe optar para poder realizar el sistema.

Capítulo 4 Muestra y describe el conexionado y programación de los componentes electrónicos.

Capítulo 5 Sintonización de las variables de interés.

Capítulo 6 Simulación por medio de una aplicación que se realizara en adobe flash player y otra en FactoryTalk (ambas presentas en el día de la presentación final)

Capítulo 7 Da a conocer las conclusiones de este proyecto.

Algo a tomar en cuenta este proyecto da un análisis de un proyecto ya implementado en la vida real en un hospital por lo que los datos del capítulo 5 se entregaran solo como datos en general y se considerara como se obtuvieron solamente.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
INTRODUCCIÓN	2
1 CAPITULO N°1: OBJETIVOS	4
1.1 OBJETIVOS GENERALES	5
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2 CAPITULO N°2: DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	6
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	7
2.2 SISTEMA DE CONTROL DE UNA MANEJADORA DE AIRE	7
2.2.1 Descripción de las etapas que componen una uma	8
2.2.1.1 Etapas de impulsión de aire (Vim)	8
2.2.1.2 Etapas de Transferencia de Calor. (Intercambiador)	9
2.2.1.3 Etapas de Filtrado de Aire	10
2.2.1.4 Etapas de extracción de aire (Vex)	17
2.3 NOMENCLATURA	18
2.4 MARCO NORMATIVO	23
3 CAPITULO N°3: DISEÑO TEÓRICO GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL	24
3.1 ESPECIFICACIONES DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO	25
3.1.1 Sistemas Operativos soportados para Factorytalk	25
3.1.2 Perfil de Dispositivo BACnet	25
3.1.3 HARDWARE MÍNIMO, PARA APLICACIÓN DE SERVIDOR:	25
3.1.4 Comunicaciones:	25
3.1.5 Cuentas De Usuario:	26
3.2 INTRODUCCIÓN A BACNET	26
3.3 INTRODUCCIÓN A ANDOVER CONTINUUM	28
3.3.1 Funcionalidad:	28
3.3.2 Buen Control y Compatibilidad:	28

3.3.3	Estructura Basada en Sistemas Windows:	29
3.3.4	Accesibilidad Incrementada con el Cliente Web	29
3.3.5	Ahorro de Tiempo Configurando Herramientas	29
3.3.6	Bacnet Permite Soporte para Múltiples Protocolos:	29
3.3.7	Soporte de Red.....	30
3.3.8	Sistema Flexible de Alarmas, Consolidadas.	30
3.3.9	Programación Flexible	30
3.4	CONTROLADORES DE CAMPO.....	31
3.5	SWITCH DE COMUNICACIONES	34
4	CAPITULO N°4: PROYECTO EN DETALLE “PUESTA EN MARCHA”.....	36
4.1	ARQUITECTURA DE CONTROL.....	37
4.2	CONTROL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	40
4.2.1	Programa Control de Presión.	40
4.2.2	Programa Control de Temperatura.....	42
4.2.3	Programa Adicionales que deben ser Ejecutados en los Controladores mencionados anteriormente.	44
4.3	CONFIGURACIÓN DE PANTALLAS CON FACTORYTALK	53
4.4	PANTALLAS GRÁFICAS DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO	68
5	CAPITULO N°5: SINTONIZACIÓN PID Y PROGRAMACIÓN.....	70
5.1	LA SINTONIZACIÓN DEL CONTROL PID DE PRESIÓN	71
5.2	LA SINTONIZACIÓN DEL CONTROL PID DE TEMPERATURA.....	77
6	CAPITULO N°6: SIMULACIÓN DEL SISTEMA.....	84
6.1	INFORMACIÓN ACERCA DE LA SIMULACIÓN	85
7	CAPITULO N°7: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y CONCLUSIÓN ...	90
7.1	CONCLUSIÓN	91
7.2	BIBLIOGRAFÍA.....	92

INDICE DE FIGURAS

Figure 1.Diagrama de Uma	7
Figure 2.Esquema general de una manejadora de aire	8
Figure 3.Conjunto motor-ventilador trifásico	9
Figure 4.Intercambiadores de calor	10
Figure 5.Representación de la etapa de filtrado	11
Figure 6.Filtro de aire de papel plegado 30%	15
Figure 7.Filtro de aire de bolsa 66%	16
Figure 8.Filtro de aire absoluto HEPA 99,97%	16
Figure 9.Esquema de los enlaces de comunicación a través de BACnet	27
Figure 10.Serie BCX1	31
Figure 11.Serie B3600	32
Figure 12.Serie B3810	32
Figure 13.Serie B3850	33
Figure 14.Serie XP I/O	33
Figure 15.Serie BCX1	35
Figure 16.Arquitectura del sistema	37
Figure 17.Conexionado Expansión Controlador Schneider	38
Figure 18.Conexionado Expansión Controlador Schneider	38
Figure 19.Conexión en tablero	39
Figure 20.ventana o interfaz de programa de equipos Andover continuum	44
Figure 21.Configurando renovaciones de aire cada 15 minutos Vim y Vex	47
Figure 22.Configuración de renovaciones en uma	50

Figure 23.Asistente de instalación de FactoryTalk	54
Figure 24.FactoryTalk View Studio y FactoryTalk View Client.....	55
Figure 25.FactoryTalk View Machine edition	55
Figure 26.Asistente de tipo de aplicación a crear	56
Figure 27.Primer menú archivo nuevo.....	57
Figure 28.Menú archivo existente.....	57
Figure 29.Opciones de trabajo de la nueva aplicación Scada -1	58
Figure 30.Opciones de trabajo de la nueva aplicación Scada-2.....	59
Figure 31.Modificación de Nombre proyecto.....	60
Figure 32.Creación de usuarios y dando contraseñas sus limitaciones.....	61
Figure 33.Menú Runtime line	62
Figure 34.Asistente para búsqueda o creación de tag	63
Figure 35Asistente para crear macros y mensajes (subrutinas.....	64
Figure 36.Asistente para crear eventos	64
Figure 37.Asistente para crear (buscar archivo creado), edición o para eliminar.....	65
Figure 38.Asistente de búsqueda de proyecto.....	66
Figure 39.Asistente para crear un proyecto con nuevas opciones	66
Figure 40.Asistente para crear un proyecto seleccionando los privilegios que va a tener	67
Figure 41Aplicación final que diseñare	68
Figure 42.Tags (formas de llenado)1	68
Figure 43.Tags (formas de llenado)2	69
Figure 44.Tags (formas de llenado)3	69
Figure 45.Tags (formas de llenado)4	69
Figure 46.Vista referencial de un pabellón	71
Figure 47.Ilustración real del sistema de apertura y cerrado del acceso a pabellón ...	72
Figure 48.Referencia de un sistema	74
Figure 49.Medición de la prueba de presión.....	76
Figure 50.Concentración de temperatura y humedad en verano 2008-2009	77
Figure 51.Concentración de temperatura y humedad en invierno 2008-2009	78

Figure 52.Grafica azul actuador trabajando y grafica roja temperatura.....	80
Figure 53	81
Figure 54.Grafica con control PID.....	82
Figure 55.Display “INICIO” en la aplicación hmi.....	86
Figure 56.Display “SISTEMA” en la aplicación hmi.....	86
Figure 57.Display “SISTEMA” en la aplicación hmi.....	86
Figure 58.Display “ALARMAS” en la aplicación hmi	87
Figure 59.Display “TENDENCIAS” en la aplicación hmi.....	87
Figure 60.Display “EQUIPOS” en la aplicación hmi	88
Figure 61.TAGS de la aplicación hmi.....	89
Figure 62.Display “EQUIPOS” en la aplicación hmi	89

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En este Proyecto de titulación tiene como fin es crear una aplicación animada en pc para hacer uso en pabellón hospitalario para poder controlar algunas variables físicas por lo que se debe considerar varios aspectos antes de poder plantearse un proyecto de este tipo.

Las variables si se pueden controlar o no: Esto implica si se pueden manejar estas variables ya que como se aplicará en un pabellón donde se tratan personas debe ser planteado de la forma más eficiente e higiénica.

El tema de la instrumentación que se usará será determinante ya que es igual de importante ya que una buena instrumentación entrega una mayor fiabilidad en la información recibida que luego será tratada por la electrónica durante el camino hasta llegar a un pc de donde será controlada esas variables. Sensores Mencionados que se pueden usar.

Los Controladores a utilizar se deben considerar en el entorno de trabajo que se maneja, el tipo de señal que recibirá y el tipo de señal que enviara, aspectos relevantes que se entrelazan con el punto anterior, dependiendo del tipo de sensores a utilizar enviara un tipo de señal que debe ser compatible con el controlador que se plantea adquirir y la forma que se enviara también toma relevancia ya que dependiendo de las distancias y el entorno por donde se transmita influirá fuertemente en la comunicación para que sea fiable. Se presentará unos controladores como ejemplo y sus conexiones haciendo muestra de sus interfaces “Entrada Salida”.

La comunicación en estos tipos de proyecto toma como vital importancia ya se deben considerar como es la información y como es que la queremos recibir por lo que debemos considerar por todos los caminos que recorrerá y protocolos que se usarán por lo que se conocerán aquí algunos protocolos usados para poder implementar estos tipos de proyectos.

El costo- beneficio cobra una vital importancia es por eso que se plantea estos tipos de proyectos ya que en la práctica son muy caros a largo plazo se pueden amortiguar esos costos e inclusive hay casos se sale recuperando la inversión, pero en este caso se plantea para un pabellón por lo que la calidad en una operación no tiene precio ya que un mal entorno puede arriesgar la vida tanto de los pacientes como de los trabajadores. Eso no debe ocurrir, pero sin embargo si el costo sale demasiado no podría ser ejecutado. Por lo que se debe realizar muy bien en la selección de componentes y que otro beneficio tendría este proyecto además de controlar.

Las normas que se usaran son de vital importancia y que estos dictan como se debe hacer o las mejores recomendaciones y si se permite realizar lo que uno desea hacer y pronto las mencionaremos.

La aplicación final que es nuestro objetivo principal que conoceremos en este proyecto que nos permite modificar las variables. Tema muy importante ya que hoy en día existen varias aplicaciones en el mercado eso implica distintos valores y calidades. Esto en este proyecto se muestra las características de lo que se necesita para poder usar una de estas aplicaciones o mejor dicho programa para hacer aplicaciones y esto conllevara para hacer una decisión de qué tipo de programa a utilizar, sin embargo, se usara Factory Talk un programa de un fabricante muy reconocido y esto nos da una fiabilidad de que nuestro sistema a puede perdurar en el tiempo y esto conlleva a mejor prestación a un costo fijo. Que pronto conocerán en este trabajo.

1 CAPITULO N°1: OBJETIVOS

1.1 OBJETIVOS GENERALES

Seleccionar la electrónica adecuada para la realización del proyecto.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mantener una “temperatura” estable dentro de un rango, previamente calculado por ingenieros especialistas en climatización.

Mantener una “presión” en el interior del pabellón mayor a la exterior, independiente de variaciones externas, con rangos dados por ingenieros de climatización.

2 CAPITULO N°2: DISEÑO GENERAL DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

El sistema de clima está compuesto por UMA (Unidades Manejadoras de Aire o HVAC en inglés), humidificadores, Calderas, bombas, y circuitos de calefacción central. Las lógicas de control de clima se encuentran dentro de los controladores de campo, es decir, el cerebro o centro de control del sistema de climatización, es el propio control centralizado, no, así como las demás especialidades como agua potable, grupos electrógenos, ascensores, etc. que son sistemas en que las lógicas de control se encuentran en sus propios equipos, y el control centralizado solo “Monitorea” el o los estados de estos sistemas.

2.2 SISTEMA DE CONTROL DE UNA MANEJADORA DE AIRE

La UMA es un equipo que trata el aire en una o más etapas, impulsa, calienta o enfría, filtra y humedece según requerimiento de cada sector. El siguiente diagrama básico de bloques, nos da una idea global de cómo se estructura una manejadora de aire, ver figura N°1.

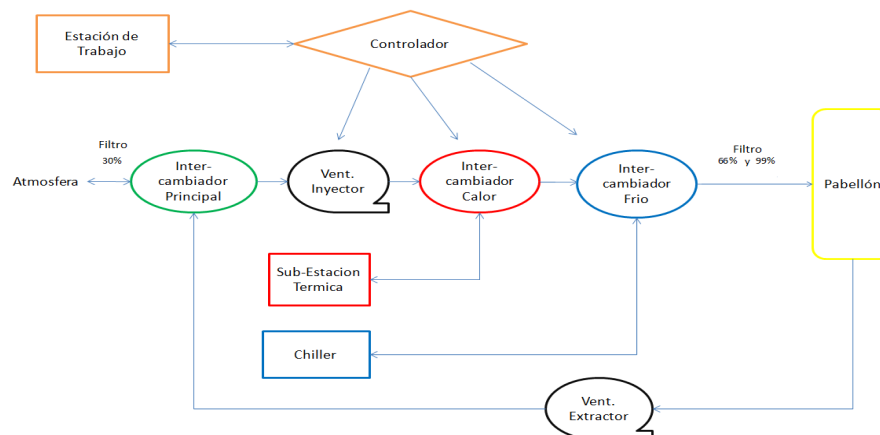


Figure 1. Diagrama de Uma

2.2.1 Descripción de las etapas que componen una uma

La siguiente imagen es una representación virtual - real de una unidad manejadora de aire (UMA) aplicada sobre una pantalla de control SCADA. ver Figura N°2

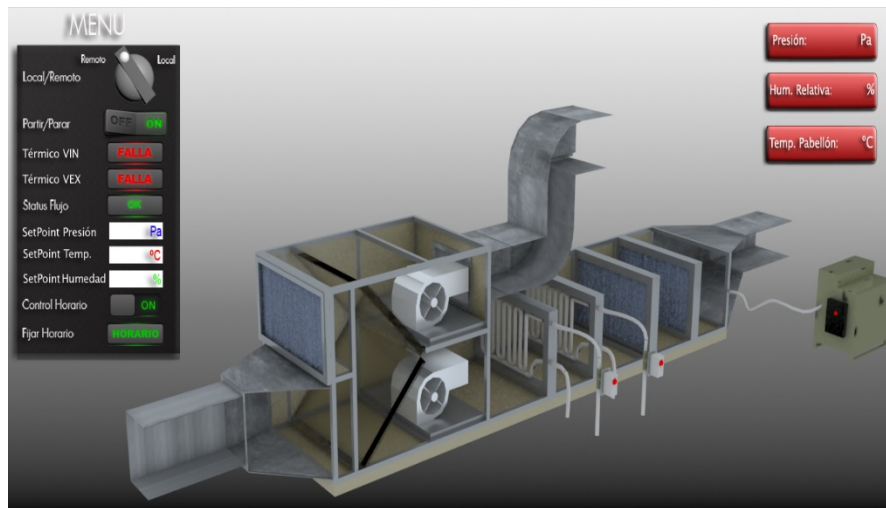


Figure 2. Esquema general de una manejadora de aire

2.2.1.1 Etapa de impulsión de aire (Vim)

Esta es la primera etapa de la uma y consiste en un conjunto motor-ventilador trifásico el cual inyecta aire al sistema ver figura N°3.

Este motor es comandado desde la sala de control en su modo “REMOTO”, y manualmente en el tablero de control en su modo “LOCAL”. Para realizar el cambio de “Remoto” a “Local”, el tablero posee un selector de 2 posiciones. La condición normal de este selector siempre debe ser “Remoto” para ser comandado desde el S.C.C. Cuando el selector es llevado a la posición “Local”, se activa una alarma en este sistema, indicando que alguien ha movido el selector. Para saber que la manejadora ha encendido, se ha instalado un switch de presión (Presostato) para ver el flujo de aire,

de manera que cuando haya aire en el ducto, el sensor avise al sistema que la manejadora ha partido. Otro parámetro que es monitoreado en la manejadora es el relé térmico del motor. Este elemento protege al motor para que la corriente consumida por éste nunca sea mayor que la corriente nominal del mismo. Es importante hacer notar que cuando opera un relé térmico, éste activa un relé de interface, el cual finalmente envía la señal a los controladores autónomos.

Este parámetro es visualizado en el C.C.D. activando una alarma en el “Visor de alarmas”

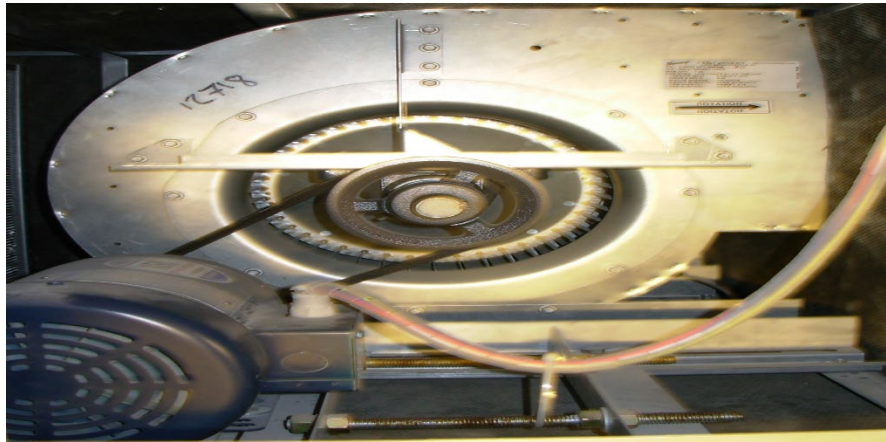


Figure 3. Conjunto motor-ventilador trifásico

2.2.1.2 Etapas de Transferencia de Calor. (Intercambiador)

Para la etapa de calentamiento del aire la manejadora trae incorporado un serpentín, en el cual circula agua caliente en su interior a 85°C, proveniente de la central térmica. El agua caliente intercambia calor con el aire que pasa a través del serpentín y la UMA expulsa aire caliente a los ductos para llegar finalmente al recinto a climatizar. Para regular o controlar el aire caliente o frío se debe controlar el flujo de agua caliente o fría que pasa a través de los serpentines. Ver Figura N°4.

Para realizar esto, las manejadoras utilizan válvulas motorizadas de 3 vías capaces de regular el caudal de agua caliente o fría que pasa por los serpentines de la UMA. La característica de estas válvulas, es que son del tipo proporcional que regula su apertura

de 0-100%, alimentada con 24 Vac, pero teniendo una señal de control de 2-10 Vdc. La señal de control proviene de un controlador autónomo instalado en un TCC.

Este controlador autónomo controla o decide cuanto porcentaje de apertura debe tener la válvula proporcional. Como ya se mencionó el que sea stand alone quiere decir que el controlador no depende de otros controladores de la red o de la Workstation para ejecutar sus rutinas para las que fue programado.

Para poder hacer un control de temperatura efectivo, el controlador utiliza el algoritmo PID teniendo como señal de retroalimentación un sensor de temperatura ambiental (tipo termistor 10k) ubicado en la zona donde la manejadora presta su servicio.

El montaje del sensor de temperatura para todos los equipos UMA, es a la salida del ducto o en la habitación, según proyecto de clima.

El SetPoint o punto de ajuste será de acuerdo al servicio indicado en especificaciones técnicas del proyecto de Climatización.

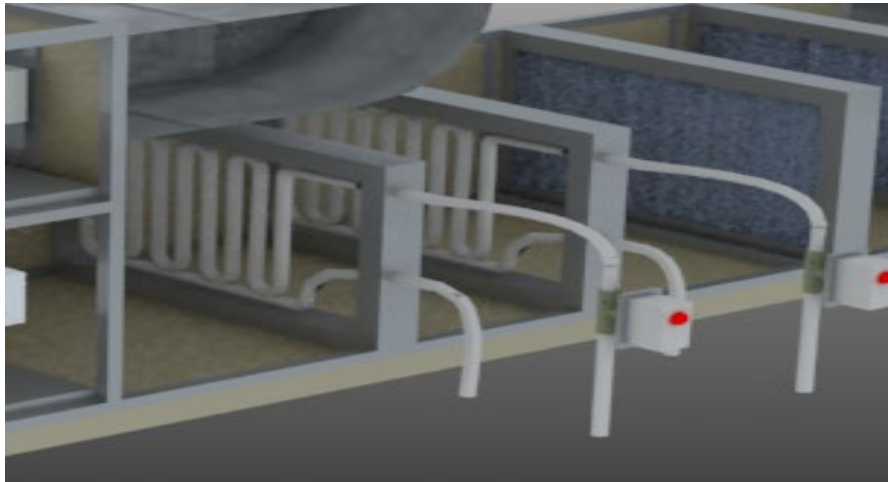


Figure 4. Intercambiadores de calor

2.2.1.3 Etapas de Filtrado de Aire

La UMA posee un gabinete porta filtros que es donde tiene lugar el filtrado de aire. Una UMA normalmente posee solo filtros de aire, como es para un pabellón

de cirugía, al ser más exigente el tema de pureza ambiental posee tres filtros, 30%, 66% y 99,9%. Ver Figura N°5.

Como todo filtro, con el tiempo y las horas de funcionamiento, comienzan a saturarse, y es necesario reemplazarlos. Unos switch de presión diferencial son los encargados de acusar la saturación parcial o total de los filtros. Se ha instalado un sensor por cada filtro, y este está regulado para anunciar falla al 80% de saturado del filtro. Estos se monitorean desde el CCD, y es posible ver la alarma en el “Visor de Alarmas”.

Los filtros elegidos para el proceso fueron de tres tipos: de Panel Plegado, de Bolsa Extendida y Absoluto.

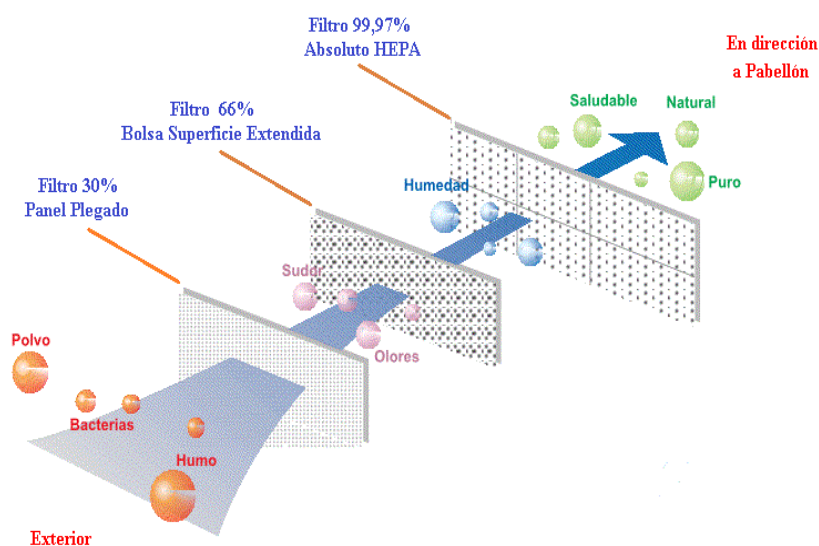


Figure 5. Representación de la etapa de filtrado

2.2.1.3.1 Descripción de los filtros:

2.2.1.3.1.1 De Panel Plegado 30% (Merv7-8 o G4):

Ver Figura N°6

características:

- Eficiencia compuesta: 25% a 40% en partículas de 3.0 a 10.0 micrones.
- Pliegues radiales con media filtrante 100% sintética y bondeadas térmicamente, que no permiten el crecimiento microbial.
- Media filtrante laminada a una malla desplegada de metal corrosivo, la cual ayuda a mantener la rigidez y permite una mayor capacidad de retención de polvo.
- Marco blanco de cartón cuajado y resistente a la humedad con doble pared, unido a la media en todos los puntos de contacto.
- No absorben humedad por lo que no propician crecimiento microbial.

beneficios:

Ofrecen una excelente combinación entre eficiencia y baja caída de presión.

aplicaciones:

Excelentes como filtros primarios o como pre-filtros, cuartos de computo, embotelladoras, cabinas de pintura, centros comerciales, procesos industriales, etc.

2.2.1.3.1.2 Bolsa Superficie Extendida 66% (Merv10-11 o F6)

Ver Figura N°7

características:

- Eficiencia compuesta: 60% a 70%
- Su avanzado diseño tiene una larga vida de servicio, baja caída de presión y alta capacidad de retención.
- Es fabricado para mejorar la calidad de aire interior, utilizado también como pre-filtro anterior al absoluto o HEPA.

- Poseen superficie sintética con anti-microbial.
- Están compuestos por bolsas individuales cuyo número varía según las especificaciones. Cada una de estas bolsas se subdivide, a su vez, a través de costuras intermedias selladas que corren a lo largo de la bolsa, en secciones tubulares. Estas costuras crean un canal uniforme a través del cual fluye el aire con una resistencia mínima y aseguran una alta capacidad de retención; el refuerzo interno mantiene las bolsas en una forma controlada bajo diferentes condiciones durante la operación, maximizando el uso de la media filtrante y alargando su vida útil.
- Los bordes exteriores o las orillas de la bolsa son cerradas con un sobrehilado de 2 y 5 hilos con cadena de seguridad para evitar el "bypass" de aire y garantizar máxima durabilidad y seguridad.
- Una resina termoplástica especial contra fugas de aire, sella, protege y asegura el despliegue controlando de la media.
- Marco reforzado troquelado de lámina galvanizada de 1" de espesor fabricado de una sola pieza. Dentro del marco se encuentra una parrilla de acero extra rígida para hacer más fuerte al filtro, que cuenta con los divisores metálicos a los que se adhiere cada bolsa. Cada divisor metálico se encuentra sellado, por el frente del filtro con un clip separador de 1,2" para evitar el bypass del aire además de proteger el extremo crítico.

beneficios:

- Máxima capacidad de retención de polvos fino, polen, humos, bacteria, pelusas, etc.
- Configuración aerodinámica que permite el uso óptimo de la media filtrante previniendo daños a la misma en operación, además de dar rigidez y fuerza al filtro.
- Reduce costos de operación y ahorro de energía al requerir un menor esfuerzo por su baja caída de presión.
- Larga vida útil y reducción de costos en mantenimiento.

usos y aplicaciones:

- Sistemas de aire acondicionado
- Laboratorios
- Salas de cómputo
- Industria electrónica;
- Industria alimenticia;
- Industria siderúrgica
- Hospitales, quirófanos, salas de expulsión, salas de recuperación, etc.

2.2.1.3.1.3 Absoluto HEPA 99,97% (U13-14) características:

-Eficiencia compuesta: 99,97%

-Los filtros HEPA High Efficiency Particulate Air Filters, están compuestos por una malla de fibras dispuestas al azar. Las fibras típicamente están compuestas por fibra de vidrio y con diámetros entre 0,5 y 2,0 μm .

-Los factores más importantes a tener en cuenta en un filtro HEPA son el diámetro de las fibras, el espesor del filtro y la velocidad de las partículas.

-El espacio entre las fibras es mucho mayor de 0,3 μm , pero eso no significa que las partículas con un diámetro menor puedan pasar.

-Están preparados para retener contaminantes y partículas mucho más pequeñas. Esas partículas son atrapadas (se adhieren a una fibra) mediante una combinación de estos mecanismos:

1. Intercepción: Donde las partículas que siguen a un flujo de aire rozan una fibra y se adhieren a ella.
2. Impacto: Donde las partículas grandes no son capaces de evitar las fibras mientras siguen al flujo de aire y son obligadas a impactar directamente con

una de ellas. Este efecto aumenta con la disminución de la separación entre fibras y el aumento de velocidad en el flujo de aire.

3. Difusión: Las partículas más pequeñas, especialmente las menores de $0,1\ \mu\text{m}$, colisionan con las moléculas de gas lo que impide y retrasa su paso por el filtro. Este comportamiento es similar al movimiento browniano y aumenta la probabilidad de que una partícula sea detenida por uno de los dos mecanismos anteriores. Es la más dominante cuando el flujo de aire es lento.

La difusión predomina en partículas inferiores a $0,1\ \mu\text{m}$ de diámetro.

La intercepción y el impacto predominan en partículas mayores de $0,4\ \mu\text{m}$.

Para partículas con un tamaño intermedio, $0,3\ \mu\text{m}$ es el tamaño de partícula más penetrante, la difusión y la intercepción son bastante ineficientes. Las especificaciones de los filtros HEPA utilizan la retención de estas partículas intermedias para definir el tipo de filtro.

Aplicaciones:

Los filtros HEPA evitan la propagación de bacterias y virus a través del aire y, por tanto, son muy importantes para prevenir infecciones. Los sistemas de filtrado HEPA con fines médicos suelen incorporar luz ultravioleta de alta energía para eliminar cualquier bacteria viva y virus atrapado por el filtro físico. Algunas de las unidades HEPA mejor valoradas tienen una eficiencia del 99,995% lo que asegura un alto nivel de protección contra enfermedades que se transmitan por el aire



Figure 6. Filtro de aire de papel plegado 30%



Figure 7. Filtro de aire de bolsa 66%



Figure 8. Filtro de aire absoluto HEPA 99,97%

2.2.1.4 Etapas de extracción de aire (Vex)

El ventilador de extracción VEX tienen la función de extraer el aire viciado del interior del pabellón hacia el exterior (atmosfera)

Obs: En vista que, en su física funcional y estructural, los Vin y Vex son equipos iguales, la imagen representativa seguirá siendo la figura N°3 mostrada con anterioridad.

Consisten en un conjunto motor-ventilador trifásico el cual extrae aire del sistema. Estos ventiladores a diferencia de las manejadoras no poseen Partir/Parar en el SCC ni en los tableros ya que siempre son enclavados por la manejadora, es decir trabajan en conjunto UMA-VEX

Para realizar el cambio de “Remoto” a “Local”, los tableros poseen un selector de 2 posiciones por VEX (En caso de que aplique).

La condición normal de este selector siempre debe ser “Remoto” para ser comandado desde el SCC. Cuando el selector es llevado a la posición “Local”, se activa una alarma en este sistema, indicando que alguien ha movido el selector.

Para conocer en el SCC que el VEX ha encendido, se ha instalado un switch de flujo en los ductos, de manera que cuando haya aire en el ducto, el sensor avise al SCC que el VEX ha partido.

Otro parámetro que es monitoreado en el VEX es el relé térmico del motor. Este elemento protege al motor para que la corriente consumida por el motor nunca sea mayor que la corriente nominal del mismo. Es importante hacer notar que cuando opera un relé térmico, este activa un relé de interface, el cual finalmente envía la señal a los controladores autónomos. Tenga en cuenta que el relé es también un elemento a ser revisado cuando aparezca alguna falla. Revise periódicamente el funcionamiento de los relés, su bobina y sus contactos.

Este parámetro es visualizado en el CCD activando una alarma en el “Visor de alarmas”.

2.3 **NOMENCLATURA**

UMA: Unidad Manejadora de Aire.

VEX: Ventilador de extracción (de aire)

BACNET: Building Automation and Control Network. (Automatización de Edificios y Control de red).

MS/TP: Master-Slave/Token-Passing. (Maestro-Esclavo/Paso-Testigo).

HEPA: High Efficiency Particulate absorbing. (Alta Eficiencia en Absorción de Partículas).

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. (Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado).

ANSI: American National Standards institute. (Instituto Nacional Americano de Normalización). (E.E.U.U. de Norte America).

HVAC: Heating, Ventilation and Air-Conditioning. (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado).

BMS: Building Management System (Sistema de manejo de edificios)

SCC: Sistema de control centralizado

CCD: Control centralizado distribuido

TCC: Tablero de control centralizado

STAND ALONE: Asignado a un controlador que no depende de otros controladores de la red o de la Workstation, para ejecutar las rutinas a las que fue programado.

MOVIMIENTO BROWNIANO: Movimiento aleatorio que se observa en algunas partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido.

RELÉ DE INTERFACE: Dispositivo capaz de aislar etapa de fuerza y control (Contactor)

RS-485: También conocido como EIA-485 (Electronic Industries Alliance), Está definido como un sistema en bus de transmisión multipunto diferencial, es ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbit/s hasta 10 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es un par entrelazado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo hilo, con una longitud máxima de 1200 metros operando entre 300 y 19.200 bit/s y con comunicación half-duplex (semiduplex).

RS-232: (Recommended Standard 232, también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C) es una interfaz que designa una norma para el intercambio de una serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (*Data Communication Equipment*, Equipo de Comunicación de datos)

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

- Fiabilidad: El protocolo soporta acuso de recibo (acknowledgements) extremo a extremo con reintentos automáticos.

- Variedad de medios de comunicación: tanto cableado como radio. Entre los que están soportados: Par trenzado, red eléctrica, radio frecuencia, cable coaxial y fibra óptica.
- Tiempo de Respuesta: Se utiliza un algoritmo propietario para predicción de colisiones que consigue evitar la degradación de prestaciones que se produce por tener un medio de acceso compartido.
- Bajo coste de los productos: Muchos de los nodos LON son simples dispositivos como interruptores o sensores. El protocolo ha sido diseñado para poder ser implementado en un único chip de bajo coste.

LONWORKS: Es un estándar propietario desarrollado por la empresa Echelon. El estándar ha sido ratificado por la organización ANSI como oficial en octubre de 1999 (ANSI/EIA 709.1-A-1999).

ECHELON: Empresa creadora del estándar LONWork

EIB: El Bus de Instalación Europeo (EIB o EIBus) es un sistema de domótica e inmótica basado en un Bus de datos.

BATIBUS: Es un protocolo de domótica totalmente abierto, es decir, que lo puede implementar cualquier empresa interesada en introducirlo en su cartera de productos

EHS: El estándar EHS (European Home System) ha sido otro de los intentos de la industria europea (año 1984), auspiciada por la Comisión Europea, de crear una tecnología que permitiera la implantación de la domótica en el mercado residencial de forma masiva.

TCP/IP: Son las siglas de Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (en inglés *Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), un sistema de protocolos

que hacen posibles servicios Telnet, FTP, E-mail, y otros entre ordenadores que no pertenecen a la misma red.

TCP: El Protocolo de Control de Transmisión (TCP) permite a dos anfitriones establecer una conexión e intercambiar datos. El TCP garantiza la entrega de datos, es decir, que los datos no se pierdan durante la transmisión y también garantiza que los paquetes sean entregados en el mismo orden en el cual fueron enviados.

IP: El Protocolo de Internet utiliza direcciones que son series de cuatro números octetos (byte) con un formato de punto decimal, por ejemplo: 69.5.163.59

Los Protocolos de Aplicación como HTTP y FTP se basan y utilizan TCP/IP.

PROTOCOLO DE NIVEL 3: Protocolo de red, también denominado de Capa 3, y son :IP (IPv4, IPv6), X.25, ICMP, IGMP, NetBEUI, IPX, Appletalk.

CONTINUUM BCX1 CONTROLLER/BACNET ROUTER: El “Andover Continuum bCX1 Series” es una serie de routers y controladores BACnet nativos que se dirige a la familia de controladores BACnet. Estos controladores residen en el nivel de red y enrutan mensajes BACnet entre BACnet / IP, BACnet a través de redes de MS / TP y Ethernet. Puede servir como un dispositivo de gestión de difusión BACnet (BBMD) que permite el enrutamiento de mensajes entre redes IP.

Hay dos modelos básicos bCX1:

bCX1-R (sólo Router): Proporciona toda la funcionalidad de mensajes entre redes BACnet.

bCX1-CR (Controller / Sólo Router): Es una función completa BACnet Building Controller (B-BC).

El bCX1-CR realiza las funciones de enrutamiento de la bCX1-R con el poder adicional de un sistema de automatización con capacidades de E / S de expansión.

BACNET WORKSTATION (B-OWS): BACnet Operador de estación de trabajo, es un conjunto de herramientas de software que puede ser usado para construir un BACnet

HVAC: HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) es la tecnología de cubierta vehicular de confort ambiental. El Diseño del sistema HVAC es una subdisciplina de la ingeniería mecánica, basada en los principios de la termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor. Refrigeración a veces se añade la abreviatura del campo como HVAC & R o HVACR o ventilación como en HACR (tales como la designación de HACR valorados interruptores automáticos) .

HVAC Es un equipamiento importante en el diseño de medianos y grandes edificios industriales y de oficinas , tales como los rascacielos y en ambientes marinos , tales como acuarios , donde las condiciones seguras y saludables de construcción están regulados con respecto a la temperatura y la humedad , el uso de aire fresco del exterior .

La ventilación en el sistema de corriente de aire descendente , por impulso , o el principio de ' pleno ' , aplicado a las aulas (1899)

TRANSMISIÓN DE DATOS EN EL BACKBORNE DE LA RED: *Backbone* se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos a través de países, continentes y océanos del mundo mediante cables de fibra óptica

2.4 MARCO NORMATIVO

Las Normas que rigen este proyecto son:

- Leyes 15076 y 19644 (leyes del servicio de salud)
- NCH Electricidad 4/2003 referente a Instalaciones de consumo de baja Tensión.
- Nch 2-84, Nch 4-84, Nch 10-84 y NSEG 5 En. 71 y Ley General de Servicios Eléctricos.
- NSEG 5. E.n.71. Electricidad Instalaciones de Corrientes Fuertes.
- NSEG 20. E.n.78. Electricidad Subestaciones Transformadoras Interiores.
- Norma Técnica Básica Atención Abierta. Ministerio de Salud
- HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics 2° Ed. ASHRAE.

3 CAPITULO N°3: DISEÑO TEÓRICO GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1 ESPECIFICACIONES DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO

Requerimientos mínimos para Factorytalk Workstation y servidor de archivos:

2.4 GHz Intel Core PC,
1 GB RAM,
40GB Disco Duro,
CD drive,
10/100 Puerto Ethernet, paralelo o USB.

3.1.1 Sistemas Operativos soportados para Factorytalk

Microsoft Windows 7, Windows 8, Windows 8.1 todos en 32 y 64 bits excepto en windows7 solo 64 bits, Windows Server 2012 Std (64-bit), Windows Server 2012 R2 Std (64-bit).

3.1.2 Perfil de Dispositivo BACnet

B-OWS, Operador de BACnet Workstation.

3.1.3 HARDWARE MÍNIMO, PARA APLICACIÓN DE SERVIDOR:

3 GHz Intel Core PC, 1 GB RAM, 40GB disco duro, CD drive, 10/100 Puerto Ethernet, paralelo o puerto USB.

3.1.4 Comunicaciones:

Conectividad de RED: Ethernet TCP/IP.

Conectividad BACnet: BACnet/IP, para estándar ASHRAE BACnet.

. Perfil de Dispositivo BACnet: B-OWS, Operador de BACnet Workstation.

Número máximo de dispositivos Ethernet, incluyendo Factorytalk s: 4 millones

3.1.5 Cuentas De Usuario:

Seguridad de Usuario para usuarios de cuentas Continuum (encriptadas). La base de datos puede ser particionada de tal manera que solo usuarios autorizados tengan acceso a ciertos objetos del sistema. Por ejemplo, particionado por sitio, por construcción, por función, etc. Y por departamento un mínimo largo de password puede ser configurado con periodo de expiración.

Auto Desconexión Usuarios se desconectan después de 0-255 minutos de inactividad (individualmente configurado por el usuario).

Máximo de Cuentas de Usuario: 4 millones.

Máximo se alarmas y registro de eventos: Limitado solo por el espacio en disco duro.

3.2 **INTRODUCCIÓN A BACNET**

BACnet es un protocolo norteamericano para la automatización de viviendas y redes de control que fue desarrollado bajo el patrocinio de una asociación norteamericana de fabricantes e instaladores de equipos de calefacción y aire acondicionado.

El principal objetivo, a finales de los años ochenta, era la de crear un protocolo abierto (no propietario) que permitiera interconectar los sistemas de aire acondicionado y calefacción de las viviendas y edificios con el único propósito de realizar una gestión energética inteligente de la vivienda.

Se decidió empezar usando, como soporte de nivel físico, la tecnología RS-485 (similar al RS-232 pero sobre un par trenzado y transmisión diferencial de la señal, para hacerla más inmune a las interferencias electromagnéticas). Incluso a principios de los años 90, cuando apareció el protocolo LonTalk usado en Lonworks, ocurrió que esta asociación se planteó su inclusión como parte del protocolo BACnet, a pesar de que Echelon demostró que no pensaba ceder los derechos de patente ni dejar de cobrar royalties por los chips que implementan en Lonworks. Todo ello iba en contra de las bases fundacionales del grupo de trabajo BACnet como protocolo abierto. La parte más interesante de este protocolo es el esfuerzo que han realizado para definir un conjunto

de reglas HW y SW que permiten comunicarse a dos dispositivos independientemente si estos usan protocolos como el EIB, el BatiBUS, el EHS, el LonTalk, TCP/IP, etc... Para tomar una referencia de cómo se trabaja en BACnet, se entrega un esquema lineal representativo de cómo se interconectarán los sistemas de comunicación. Ver Figura N° 9.

El BACnet no necesita cerrarse a un nivel físico o a un protocolo de nivel 3 concreto, realmente lo que se pretende definir es la forma en que se representan las funciones que puede hacer cada dispositivo, llamadas "objetos" cada una con sus propiedades concretas. Existen objetos como entradas/salidas analógicas, digitales, bucles de control (PID, etc.) entre otros. Algunas propiedades son obligatorias otras son opcionales, pero la que siempre se debe configurar es la dirección o identificador de dispositivo el cual permite localizar a este dentro de una instalación compleja BACnet. Actualmente existe incluso una iniciativa en Europa para la estandarización del BACnet como herramienta para el diseño, gestión e interconexión de múltiples redes de control distribuido.

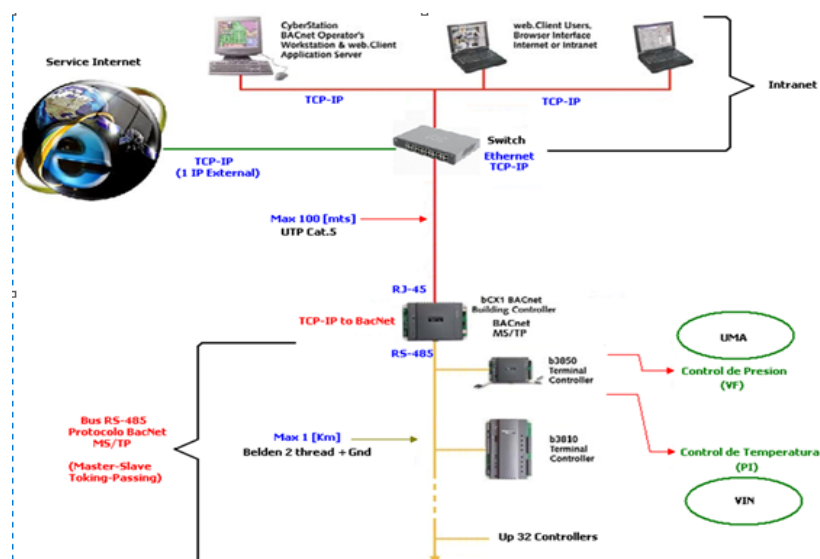


Figure 9. Esquema de los enlaces de comunicación a través de BACnet

3.3 INTRODUCCIÓN A ANDOVER CONTINUUM

Es por decirlo de algún modo, el sistema operativo o interfaz gráfica utilizada para realizar toda tarea referida al sistema de control centralizado, ya sea configuraciones, informes, alarmas, etc. sobre la actividad que está ocurriendo en terreno.

3.3.1 Funcionalidad:

La estación de operador de Factorytalk incluye funcionalidad BACnet nativa, expandiendo el alcance de la Factorytalk al sistema Continuum BCX1 de Controller/BACnet Router. Toda la familia de controladores Continuum MS/TP BACnet, y de terceros como un operador BACnet Workstation (B-OWS), la Factorytalk ofrece display completo de monitoreo de alarmas y display de control de todos los dispositivos BACnet-compatible sobre su red, a través de una poderosa interface gráfica.

3.3.2 Buen Control y Compatibilidad:

Permite tomar el control completo del edificio a través de una sola plataforma de trabajo perteneciente a BACnet, el software Factorytalk además soporta compatibilidad completa y simultánea con todos los controladores Continuum, incluyendo controladores HVAC, controladores de acceso security/card, controladores de iluminación, como también sistemas de terceros. Además, el software Factorytalk se integra así mismo con grabadores de video digital de Integral Technologies y pelco, permitiendo la visión de video en vivo desde cualquier cámara que sea colocada dentro de un ambiente grafico BACnet.

3.3.3 Estructura Basada en Sistemas Windows:

La Factorytalk aplicado por software está construido sobre fundamentos sólidos, diseñado e implementado en estricto rigor con el estándar ASHRAE BACnet para facilitar el esfuerzo en la interoperabilidad con sistemas BACnet de terceros. La Factorytalk corre sobre Microsoft Windows 7,8 y 8.1 y emplea cualquiera de las 2 bases de datos Microsoft MSDE o SQL. Se puede configurar desde una sola estación a múltiples estaciones con un servidor de archivos central.

3.3.4 Accesibilidad Incrementada con el Cliente Web

Con el paquete opcional Web-client™, el sistema BACnet puede ser accedido de cualquier lado, sobre la red a través de un navegador estándar. Ver gráficas, modificar set-points, cambio de horarios, ver reportes, responder a alarmas y manejar el edificio sin estar enclavado a una estación de trabajo dedicada. La funcionalidad del Web-client puede ser agregada al sistema más pequeño disponible con facilidad. Usando las mismas gráficas, perfiles de usuarios y el sistema de base de datos de un Cyber Station estándar.

3.3.5 Ahorro de Tiempo Configurando Herramientas

La Factorytalk auto-descubre todos los dispositivos BACnet sobre la red BACnet junto con sus propiedades y objetos. Esto hace la integración BACnet muy fácil, evitando la necesidad de mapear los puntos dentro de la base de datos.

3.3.6 Bacnet Permite Soporte para Múltiples Protocolos:

La oportunidad de que la configuración sea multi-lenguaje permite integrar por ejemplo un chiller que se comunique por BACnet, un controlador de iluminación que se comunique por LONWorks, un monitor de energía Modbus, una vieja alarma de incendios con su propio protocolo. El sistema Conntinuum permite la interoperabilidad

entre todos los tipos de dispositivos simultáneamente, ofreciendo una fuerte plataforma común para manejar el edificio proactivamente.

3.3.7 Soporte de Red

Si se tiene dispositivos BACnet desplegados a través de múltiples redes IP o incluso sobre internet, se puede habilitar la transmisión BBMD (BACnet Broadcast Management Device) y configurar la Factorytalk para comunicarse a estos dispositivos Remotos.

3.3.8 Sistema Flexible de Alarmas, Consolidadas.

Todas las alarmas, pueden ser originadas desde un controlador BACnet o un controlador Continuum y son mostradas en la misma pantalla activa de alarmas, permitiendo un rápido reconocimiento de cada alarma y condición. Se toma ventaja del poderoso motor de alarmas de la Factorytalk y notificación de eventos incluidas en la Workstation con despacho de alarmas por páginas, por mail o personalizadas. Todas las alarmas incluyendo detalles de reconocimiento, texto y registros, se encuentran registradas en la base de datos central. Los reportes de alarmas son fácilmente generados, basados en la hora y fecha por prioridad, tipo de alarma o criterio.

3.3.9 Programación Flexible

Desde la Factorytalk los usuarios pueden escribir programas para dispositivos BACnet usando el lenguaje de programación Andover Plain English. Con English, es posible tomar el control de cualquier propiedad BACnet reprogramable, por ejemplo, en caso de una emergencia, Plain English puede comandar todos los dampers de humo, resguardando todos los productos BACnet que se encuentren conectados a los dampers.

3.4 CONTROLADORES DE CAMPO

Los controladores de campo se comunican por medio de un bus de campo RS-485 a través de un protocolo abierto como BACnet. Ver figuras 10,11,12,13 y 14.

Serie BCX1: La serie BCX1 de Andover Continuum es una serie de Routers nativos de BACnet y Routers/controladores que encabezan la familia BACnet de controladores Andover Continuum. Estos controladores residen en el nivel de red y enrutan los mensajes BACnet entre BACnet/IP, BACnet sobre Ethernet y redes MS/TP además pueden servir como dispositivo de manejo y transmisión BACnet (BACnet Broadcast Management Device) (BBMD) permitiendo el enrutamiento de mensajes entre redes IP.



Figure 10.Serie BCX1

Serie B3600: Está diseñada para monitorear una concentración pequeña o grande de entradas y salidas desde un solo controlador.



Figure 11.Serie B3600

Serie B3810: Ha sido diseñado para equipamiento stand-alone de control de unidades de aire o de manejo de aire u otro equipamiento mecánico. Presenta 8 entradas universales y un sensor inteligente Smart Sensor/Room. más 8 salidas digitales programables.



Figure 12.Serie B3810

Serie B3850: Está diseñado para aplicaciones de manejadoras de aire de un solo ducto, con cuatro entradas universales más un sensor de flujo de aire on-board.



Figure 13.Serie B3850

Serie XP I/O “Expansión”: La familia de expansión de Andover Controls xP I/O provee una conveniente y económica manera de agregar entradas adicionales, salidas o Display local para la familia de controladores distribuidos de la familia Infinet o BACnet.

Hasta 2 módulos, más un display local puede ser alimentado directamente desde cualquiera de los controladores. El Router/Controlador bCX1 puede además ser usado para conectar módulos de Expansión xP (y un Display) y son los únicos controladores que soportan los módulos de tipo xPBA4 y xPBD4. Ningún suministro de energía es necesario para alimentar los módulos.



Figure 14.Serie XP I/O

Características en general de estos equipos

- Capacidad de programación y configuración según requerimientos del sistema.
- Memoria Flash para aplicaciones.
- Funcionamiento autónomo.
- Comunicación en red por medio de un bus RS-485.
- Registro de historial de variables monitoreadas y controladas.
- Entradas universales configurables por software (incluyendo las supervisadas).

3.5 SWITCH DE COMUNICACIONES

Un switch, al igual que un puente (bridge), es un dispositivo de capa 2 (nivel de enlace de datos). De hecho, el switch se denomina puente multi puerto. La función del Switch es tomar decisiones basándose en las direcciones MAC, esto permite que la LAN sea mucho más eficiente. Los switch hacen esto conmutando los datos sólo hacia el puerto al que está conectado el host de destino apropiado. El propósito del switch es concentrar la conectividad, haciendo que la transmisión de datos sea más eficiente; y esto lo hace conmutando paquetes desde los puertos (interfaces) entrantes a los puertos salientes, suministrando a cada puerto el ancho de banda total (la velocidad de transmisión de datos en el backbone de la red).

Características del Switch De Comunicación:

- Soporte para comunicaciones de datos, inalámbricas y voz que le permite instalar una única red para todas sus necesidades de comunicación.

- Capacidad de Power over Ethernet para que puedan implementar nuevas funcionalidades como voz y tecnología inalámbrica sin tener que realizar un nuevo cableado.
- Opción de Fast Ethernet (transferencia de datos de 100 Mbps) o Gigabit Ethernet (transferencia de datos de 1000 Mbps), dependiendo del precio y las necesidades de rendimiento.
- Múltiples modelos de configuración, con la habilidad para conectar escritorios, servidores, teléfonos IP, puntos de acceso inalámbrico, cámaras de TV de circuito cerrado u otros dispositivos de red.
- Capacidad de configurar LANs virtuales de forma que los empleados estén conectados a través de funciones de organización, equipos de proyecto o aplicaciones en lugar de por criterios físicos o geográficos.
- Seguridad integrada
- Funciones de monitorización de red y solución de problemas de conectividad mejoradas.
- Actualizaciones de software sin gastos adicionales.
- Garantía limitada de hardware de por vida.



Figure 15.Serie BCX1

4 CAPITULO N°4: PROYECTO EN DETALLE
“PUESTA EN MARCHA

4.1 ARQUITECTURA DE CONTROL

En este capítulo se tratará en el aspecto de control físico del sistema se verá el cableado (como están conectado físicamente los componentes del sistema y se visualiza en las figuras 16 a la 19) y se explicara el procedimiento que se tuvo que considerar. Aunque se omitirá la configuración y e instalación(conexionado) de los sensores y actuadores ya que estos una vez conectados se configuran en los dispositivos de comunicación es por eso que se omitirán, pero a modo de detalle se dejara un archivo adicional donde están los componentes utilizados (anexo n°1).

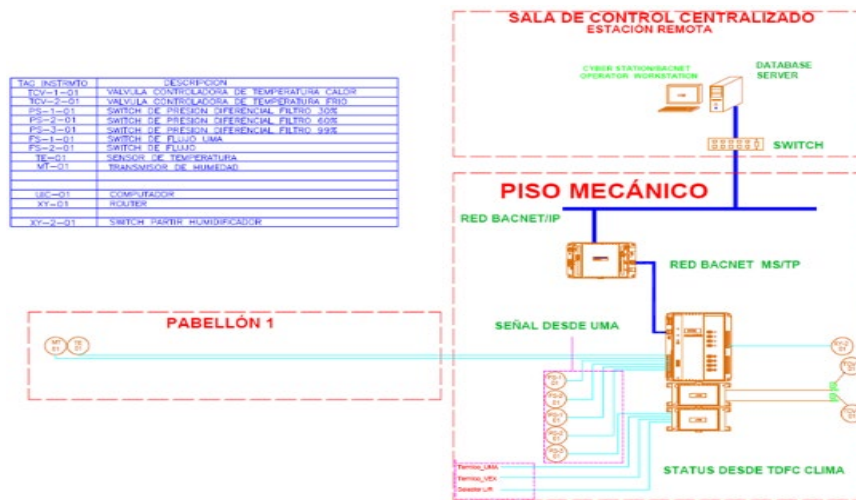


Figure 16.Arquitectura del sistema

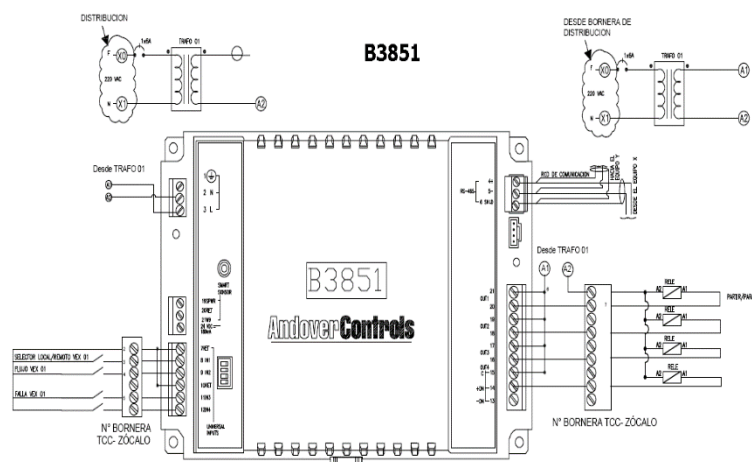


Figure 17. Conexión Expansión Controlador Schneider

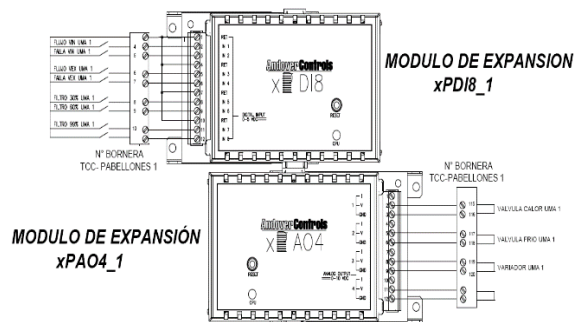
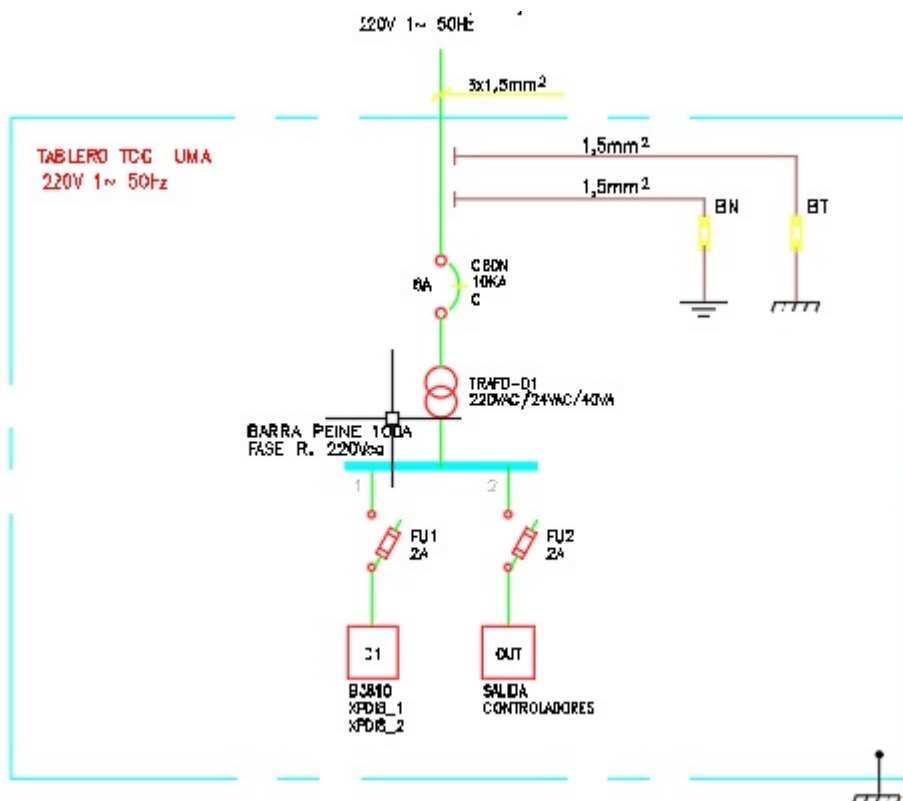


Figure 18. Conexión Expansión Controlador Schneider



4.2 CONTROL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

En esta etapa del proyecto se dará una muestra de los programas para los dispositivos de control mencionados anteriormente por medio de su descripción y luego posteriormente su conexión que es el paso final para poder ejecutar el proyecto. Luego de presentar los programas en este capítulo pasaremos igual en esta parte la configuración y los pasos básicos del sistema para poder controlar de forma remota este sistema de aire acondicionado “UMA”.

4.2.1 Programa Control de Presión.

En el siguiente programa se encuentra el Control PID para control automático de Presión de la sala de Pabellón Quirúrgico.

Los parámetros calculados son para valores de 0 a 100% de presión y 0 a 100% de velocidad del motor inyector de aire.

constante $K_p=0.04$ Constante Integrativa $K_i=0.00015$ $K_d=0$ para un control PI

“lerr” e “intrg” son valores usados por el control PID, dejándolos en cero se reinicia el control PID.

' REFERENCIA VARIADOR, 0% ES 2.3 VOLTS 100% 5.3 VOLTS

Datetime CUENTA

Numeric lerr, intg, TIEMPO

If BACNET\BCX_TCC1\TCC2_B3851_3\UMA2.3_OUT is On then
TIEMPO = DiffTime(Second, CUENTA, Date)

```

If TIEMPO >= 30 then
    BACNET\BCX_TCC1\TCC2_B3851_3\VDF_ANALOG =
    PID_PRESSION(SENSOR_PRESSION_A, PRESSION_SETPOINT, 0.04, 0.00015, 0, 0,
    0, lerr, intg) * 100
    TIEMPO = 40
Endif
Else
    intg and lerr = 0
    CUENTA = Date
Endif

```

-El programa anterior hace un llamado a una Función de Subrutina de Control PID que se muestra a continuación:

'Función PID que produce una señal de 0 a 1 que representa el 0-100% de capacidad de salida.

Arg 1 cv '	variable controlada (lo que mide el sensor)
Arg 2 sp '	SetPoint
Arg 3 kp '	proportional gain - constant
Arg 4 ki '	integral gain - constant
Arg 5 kd '	derivative gain - constant
Arg 6 bias '	valor inicial cuando no existe error , el offset
Arg 7 actn '	directional relationship of cv and output capacity (1=DA 0=RA) accion directa o accion inversa
Arg 8 lerr '	error from previous scan - stored in calling program
Arg 9 intg '	integral value - stored in calling program
Arg 10 lstm '	last time the function was called - datetime variable
Numeric err '	difference between sp and cv
Numeric dltn'	difference between current time and lstm
Numeric op '	output capacity (0-1) - returned to calling program

```

If (passed(10)) then
    dltn = maximum((Date - lstm), Scan)
    lstm = Date
Else
    dltn = Scan
Endif
err = ((cv - sp) * (actn = 1)) + ((sp - cv) * (actn = 0))
op = maximum(minimum(((kp * err) + (ki * intg) + (kd * ((err - lerr) / dltn)) + bias),
1), 0)
intg = intg + (err * dltn * (((op < 1) or (err < 0)) and ((op > 0) or (err > 0))))
lerr = err
Return (op)

```

El programa en ejecución, habilita el control PID después de un periodo de estabilización.

Puesto que para lograr un funcionamiento estable desde que se pone en marcha el sistema, se inicializa el variador a marcha casi completa (90%), esto es para levantar la presión de la sala e iniciar el control de PID desde un nivel de presión más estable.

4.2.2 Programa Control de Temperatura.

En el siguiente programa se encuentra el Control PID para controlar la Temperatura de la sala de Pabellón Quirúrgico.

Los parámetros calculados son para Temperatura en °C y apertura de la válvula de agua caliente al serpentín de 0-100%.

'constante proporcional $K_p=0.002$ Constante Integrativa $K_i=0.0056$ para un control PI

Numeric lerr, intg

If UMA2.3_OUT is On then

 If UMA2.3_SET_TEMP > UMA2.3_STA then

 UMA2.3_VVC = PID_VALVULA(UMA2.3_STA, UMA2.3_SET_TEMP, 0.002, 0.0056, 0, 0.1, 0, lerr, intg) * 100

 Else

 UMA2.3_VVC = 0

 Endif

Else

 UMA2.3_VVC, intg and lerr = 0

Endif

-El programa anterior hace un llamado a una Función de Subrutina de Control PID que se muestra a continuación:

'Función PID que produce una señal de 0 a 1 que representa el 0-100% de apertura de válvula

```

Arg 1 cv '      controlled variable (sensor)
Arg 2 sp '      SetPoint
Arg 3 kp '      proportional gain - constant
Arg 4 ki '      integral gain - constant
Arg 5 kd '      derivative gain - constant
Arg 6 bias '    initial output value when no error exists
Arg 7 actn '    directional relationship of cv and output capacity (1=DA 0=RA)
Arg 8 lerr '    error from previous scan - stored in calling program
Arg 9 intg '    integral value - stored in calling program
Arg 10 lstm '   last time the function was called - datetime variable

Numeric err '   difference between sp and cv
Numeric dltn '  difference between current time and lstm
Numeric op '    output capacity (0-1) - returned to calling program
If (passed(10)) then
  dltn = maximum((Date - lstm), Scan)
  lstm = Date
Else
  dltn = Scan
Endif

err = ((cv - sp) * (actn = 1)) + ((sp - cv) * (actn = 0))
op = maximum(minimum(((kp * err) + (ki * intg) + (kd * ((err - lerr) / dltn)) + bias),
1), 0)
intg = intg + (err * dltn * (((op < 1) or (err < 0)) and ((op > 0) or (err > 0))))
lerr = err

Return (op)

```

El programa en ejecución, habilita el control PID de Temperatura realizando un muestreo para obtener el error y luego realizar el cambio correspondiente para mover la válvula, para así finalmente estabilizar la temperatura al set-point deseado.

4.2.3 Programa Adicionales que deben ser Ejecutados en los Controladores mencionados anteriormente.

Estructura Programa Filtros

- INFINITY NUMERIC: (UMA1_SFILTROS) – *BINARYVALUE*

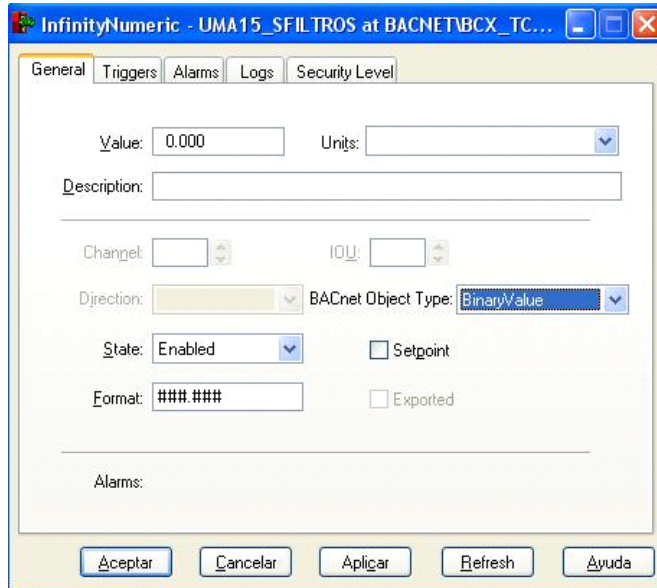


Figure 20.ventana o interfaz de programa de equipos Andover continuum

Función Filtros

Arg 1 SPD30

Arg 2 SPD95

Arg 3 SPD99

Numeric FILTROS

If SPD30 is On then

 If SPD95 is On then

 If SPD99 is On then

 FILTROS = 8

 Else

 FILTROS = 5

 Endif

 Else

 If SPD99 is On then

 FILTROS = 7

 Else

 FILTROS = 2

 Endif

 Endif

Else

 If SPD95 is On then

 If SPD99 is On then

 FILTROS = 6

 Else

 FILTROS = 3

 Endif

 Else

 If SPD99 is On then

 FILTROS = 4

 Else

 FILTROS = 1

 Endif

 Endif

Endif

Return (FILTROS)

Programa Filtros“Revisa Estado de los Filtros”

```

BACNET\BCX_TCC23\TCC18_B3624\UMA36A_SFILTROS = FUN_FILTROS
(BACNET\BCX_TCC23\TCC18_B3624\UMA36A_SPD_30,
BACNET\BCX_TCC23\TCC18_B3810\UMA36A_SPD_95)
BACNET\BCX_TCC23\TCC18_B3624\UMA36B_SFILTROS =
FUN_FILTROS_3095 (BACNET\BCX_TCC23\TCC18_B3624\UMA36B_SPD_30,
BACNET\BCX_TCC23\TCC18_B3624\UMA36B_SPD_95,
BACNET\BCX_TCC23\TCC18_B3624\UMA36B_SPD_99)

```

Estructura Programa Detección de Flujo Uma

- SELECTOR: (UMA1_SLR)
- OUT DE LA UMA: (UMA1_OUT)
- FLUJO DE LA UMA: (UMA1_FLUJO)
- INFINITY NUMERIC: (ALAR_FLUJ_UMA1) – *BINARYVALUE*
- PROGRAMA FLUJO:

Programa Flujo Uma“Prog_Flujo_Uma1”

Line Inicio

```

If BACNET\BCX_TCC5\TCC6_B3851_B\UMA1_OUT = On then
  If BACNET\BCX_TCC5\TCC6_B3624_A\UMA1_SLR = Off and
BACNET\BCX_TCC5\TCC6_B3624_A\UMA1_FLUJO = Off then Goto Alarma
  Goto Inicio
Else
  Turn Off ALAR_FLUJO_UMA1
  Goto Inicio
Endif

```

Line Alarma

```

If TS > 10 then
  If BACNET\BCX_TCC5\TCC6_B3624_A\UMA1_FLUJO = Off then
    Goto Inicio
    Turn On ALAR_FLUJO_UMA1
  Else
    Turn Off ALAR_FLUJO_UMA1
    Goto Inicio
  Endif
Endif

```

Estructura Programa Flujo Vex

- SELECTOR: (UMA1_SLR)
- OUT DE LA UMA: (UMA1_OUT)
- FLUJO DEL VEX: (VEX1_FLUJO)
- INFINITY NUMERIC: (ALAR_FLUJ_VEX1) – *BINARYVALUE*
- PROGRAMA FLUJO Programa Flujo Vex

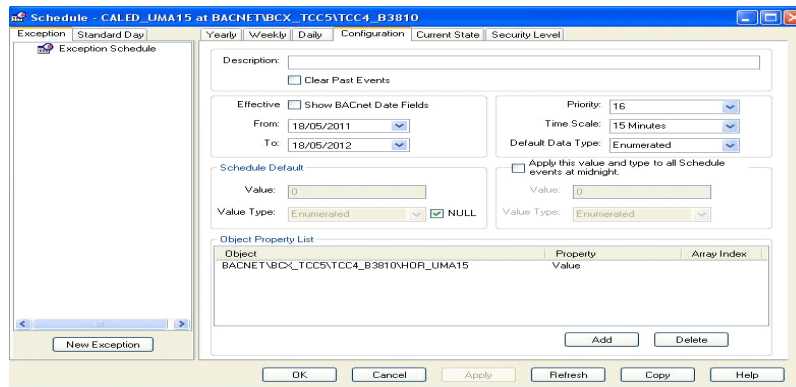


Figure 21. Configurando renovaciones de aire cada 15 minutos Vim y Vex

“Prog Flujo Vex1”

ine Inicio

If BACHETBCX_TCC5\TCC4_B3810\UMA1_OUT = On then
 If UMA1_SLR = Off and VEX1_FLUJO = Off then Goto Alarma
 Goto Inicio

Else

Turn Off VEX1_FLUJO

Goto Inicio

Endif

Line Alarma

If TS > 10 then

If VEX15_FLUJO = Off then

Turn On ALAR_FLUJ_VEX1

Goto Inicio

Else

Turn Off ALAR_FLUJ_VEX1

Goto Inicio

Endif

Endif

ESTRUCTURA PROGRAMA ENCENDER UMA

- INFINITY NUMERIC: (BOTONERA_UMA1)
- INFINITY NUMERIC: (HOR_UMA1)
- INFINITY NUMERIC: (HAB_CALED_UMA1)
- SCHEDULE: (CALED_UMA1 ADD HOR_UMA1

. “ENCENDIDO DE UMA”

Arg 1 hab_cald_uma

Arg 2 uma_hor

Arg 3 uma_sw

Numeric umaa

If hab_cald_uma is On then

 If uma_hor is On then

 Turn On umaa

 Turn On uma_sw

 Else

 Turn Off umaa

 Turn Off uma_sw

 Endif

Else

 If uma_sw is On then

 Turn On umaa

 Else

 Turn Off umaa

 Endif

Endif

Return (umaa)

FUNCION“SBOTONERA, PERMITE LA PARTIDA”

```
Arg 1 hab_cald_uma
Arg 2 uma_hor
Arg 3 uma_sw
Numeric umaa
If hab_cald_uma is On then
  If uma_hor is On then
    Turn On umaa
    Turn On uma_sw
  Else
    Turn Off umaa
    Turn Off uma_sw
  Endif
Else
  If uma_sw is On then
    Turn On umaa
  Else
    Turn Off umaa
  Endif
Endif
Return (uma_sw)
```

PROGRAMA ENCENDER UMA

“ENC UMA1”

```
UMA31_OUT      =      ENC_UMA(HAB_CALED_UMA1,      HOR_UMA1,
BOTONERA_UMA1)
BOTONERA_UMA1  =  SBOTONERA(HAB_CALED_UMA1,  HOR_UMA1,
BOTONERA_UMA1)
```

ESTRUCTURA PROGRAMA ENCENDER VEXH

Este programa enciende un vex que no está enclavado con su UMA respectiva, hace referencia a vex autónomo.

- INFINITY NUMERIC: (BOTONERA_VEXH)
- INFINITY NUMERIC: (HOR_VEXH)
- INFINITY NUMERIC: (HAB_CALED_VEXH)
- SCHEDULE: (CALED_VEXH ADD HOR_VEXH)

Schedule - CALED_UMA15 at BACNET\BCX_TCC5\TCC4_B3810

Exception | Standard Day | Yearly | Weekly | Daily | Configuration | Current State | Security Level

Exception Schedule

Description:

☐ Clear Past Events

Effective ☐ Show BACnet Date Fields

From: 18/05/2011 To: 18/05/2012

Priority: 16

Time Scale: 15 Minutes

Default Data Type: Enumerated

Schedule Default

Value: 0

Value Type: Enumerated ☒ NULL

☐ Apply this value and type to all Schedule events at midnight

Value: 0

Value Type: Enumerated

Object Property List

Object	Property	Array Index
BACNET\BCX_TCC5\TCC4_B3810\HOR_UMA15	Value	

New Exception

Add Delete

OK Cancel Apply Refresh Copy Help

Figure 22. Configuración de renovaciones en uma

FUNCION“ENCENDER VEX”

Arg 1 hab_cald_vex

Arg 2 vex_hor

Arg 3 vex_sw

Numeric vexx

If hab_cald_vex is On then

 If vex_hor is On then

 Turn On vexx

 Turn On vex_sw

 Else

 Turn Off vexx

 Turn Off vex_sw

 Endif

Else

 If vex_sw is On then

 Turn On vexx

 Else

 Turn Off vexx

 Endif

Endif

Return (vexx)

FUNCION“BOTONERA VEX”

Arg 1 hab_cald_vex

Arg 2 vex_hor

Arg 3 vex_sw

Numeric vexx

If hab_cald_vex is On then

If vex_hor is On then

Turn On vexx

Turn On vex_sw

Else

Turn Off vexx

Turn Off vex_sw

Endif

Else

If vex_sw is On then

Turn On vexx

Else

Turn Off vexx

Endif

Endif

Return (vex_sw)

4.3 CONFIGURACIÓN DE PANTALLAS CON FACTORYTALK

En esta etapa describiremos el programa de FactoryTalk desde un punto de vista práctico todos los elementos necesarios para poder crear nuestra pantalla Scada para poder tomar el control.

Para empezar para poder empezar a usar Factorytalk

- se necesita tener ya una lista de variables ya instaladas en forma de etiquetas llamadas tag, de las cuales fueron ya inicializadas en los controladores continuum.
- Que sean de algún protocolo compatible para que puedan comunicarse en este caso están configuradas con el protocolo opc.

Teniendo estos puntos claros podemos ya pasar al tema del uso de esta aplicación.

Ahora en la fase de instalación de la aplicación se debe instalar los programas que tiene incluidos, aunque no necesariamente todos ya que dependerá de qué forma se piense controlar a través de un punto (1 estación de trabajo o múltiples estaciones). y a su vez en cada estación si se va a trabajar con 1 o más computadoras.

Como en este caso se va a trabajar con 1 sola computadora se instalarán todos los programas allí (si se trabaja con más de 1 se puede colocar una aplicación de tipo histórico que viene incluida en el paquete de Factorytalk para poder crear un base de datos y a partir de ahí sacar conclusiones del funcionamiento del sistema, pero en este caso no hare una base de datos.

1er paso: Instalación

En la figura N°23 muestra el primer paso primero debemos instalar los productos que aparecen en la imagen del instalador de FactoryTalk como en nuestro caso vamos a trabajar con 1 pc en de esta forma debemos colocar todos los programas en él.(se instalan uno a uno). Algo a tener en cuenta ya que nuestro propósito además de trabajar con 1 pc solo trabajaremos controlando solo del pc y de ninguna HMI (no se instalara el Stand alone Transfer Utility Studio for Machine Edition y el Machine Edition Station for Windows). Aquí



Figure 23. Asistente de instalación de FactoryTalk

Una vez instalados el resto de los programas se trabajará solo con 3 figura 24 y 25.



Figure 24. FactoryTalk View Studio y FactoryTalk View Client



Figure 25. FactoryTalk View Machine edition

El programa de la figura N° 24 es para ejecutar programas en HMI Y los programas de la figura N°25 son los que trabajaremos ya que uno crea, edita, depura y borra y el segundo es una aplicación para abrir directamente la aplicación.

2do paso: FactoryTalk View Studio

Aquí en esta aplicación una vez abierta aparece una ventana (ver figura N° 22) en donde aparece cuatro opciones: Network Distributed, Network Station, Local Station Y Machine Edition.

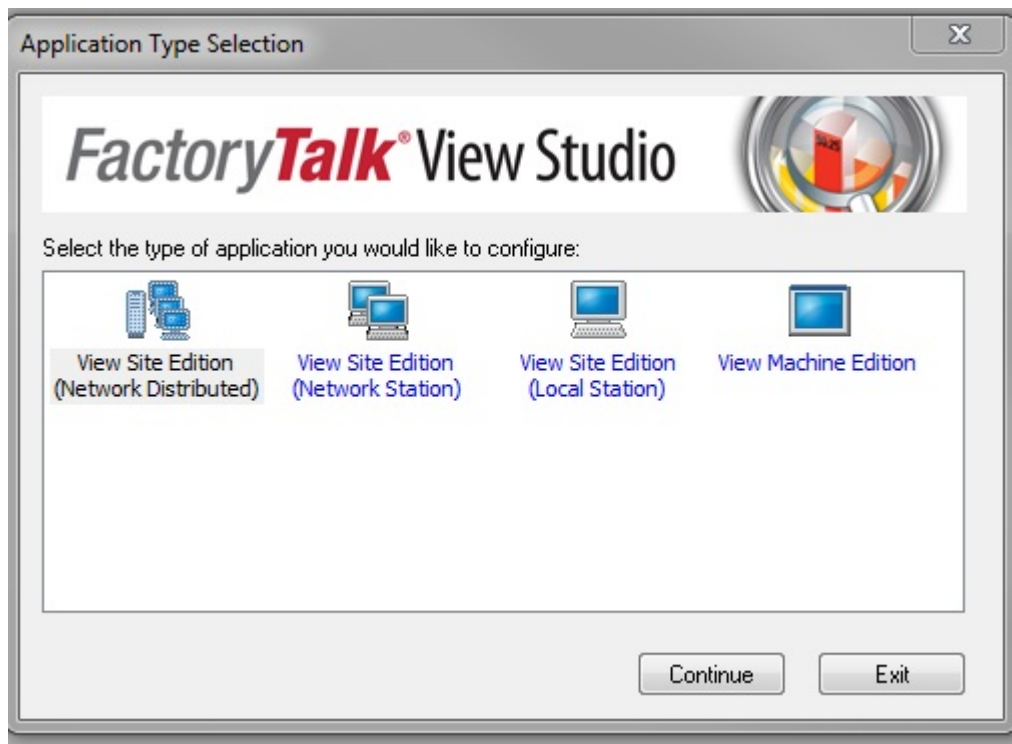


Figure 26. Asistente de tipo de aplicación a crear

Figura N°26 asistente de tipo de aplicación a crear

Network Distributed: Crea aplicaciones que se utilizan en varias redes.

Network Station: Crea aplicaciones que se utilizan en una red.

Local Station: Crea aplicaciones que se usa solo en el pc que se creó.

Machine Edition: Crea aplicaciones para HMI de equipos.

Todas estas opciones tienen los mismos menús la única diferencia que tienen es que tienen distintas configuraciones de seguridad debido a que pasan por varias redes y trabajan varios pc.

En este caso seleccionamos Local Station ya que solo se trabajará en este pc.

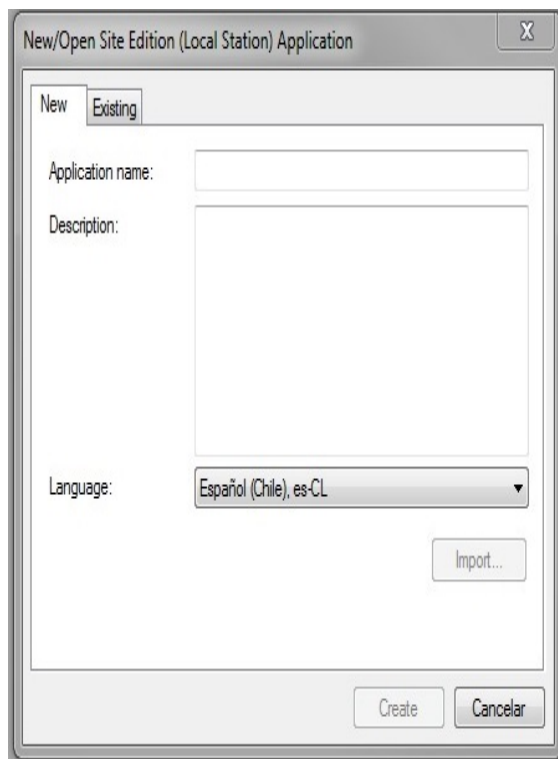


Figure 27. Primer menú archivo nuevo

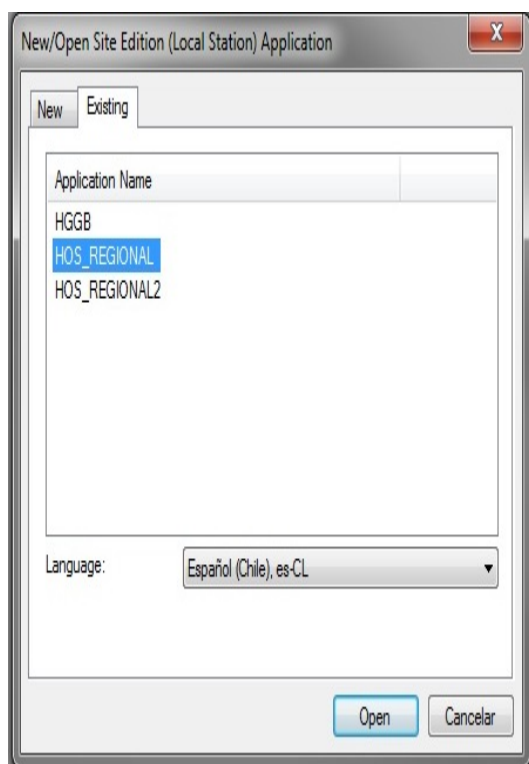


Figure 28. Menú archivo existente

Una vez seleccionada el tipo de aplicación aparecen estas opciones es crear un proyecto o abrir un nuevo proyecto y desde ahí crear otro existente.

Se selecciona nuevo proyecto en el cual pide nombre que va a tener la aplicación, una descripción (opcional) y el lenguaje de la aplicación.

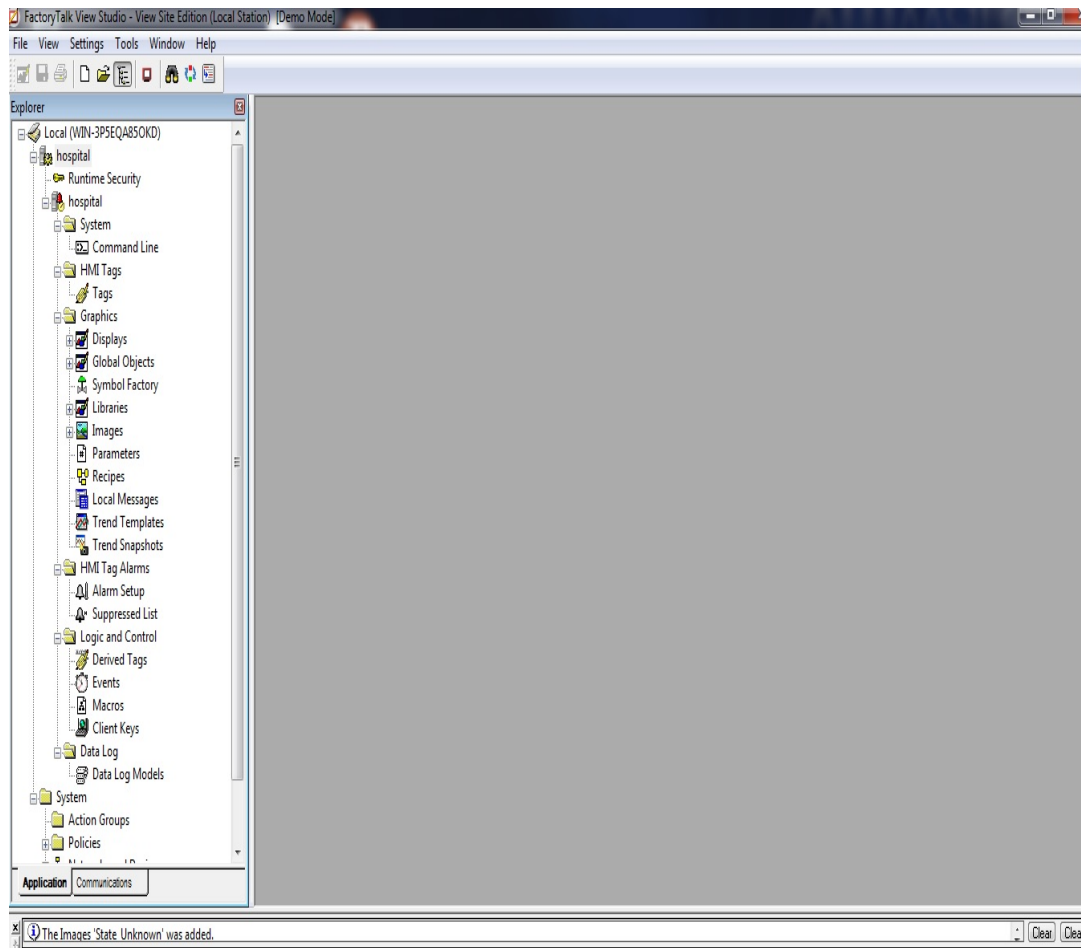


Figure 29.Opciones de trabajo de la nueva aplicación Scada -1



Figure 30. Opciones de trabajo de la nueva aplicación Scada-2

Las opciones relevantes que aparecen en la figura N° 29y30 son:

Menú de hospital: Acceso donde se ejecutan las propiedades del proyecto e general.

Se puede acceder al menú:

- Seguridad: Crea usuarios y contraseñas y establece privilegios a cada uno. (ver figura N° 32)
- Agregar Servidores: Establece los sistemas que se pueden comunicar en este caso se agrega el servidor opc para poder comunicarse con los controladores continuum (la configuración es bastante intuitiva se selecciona los privilegios y se reconoce los elementos que tienen ese tipo servidor seleccionado el resto lo hace el programa),
- Modificación de nombre del proyecto. (ver figura N° 31)

Tanto en la figura N° 31 y 32 se pueden obtener haciendo click derecho con el mouse y selecciona cualquiera de estas opciones en el menú hospital (nombre de archivo hmi).

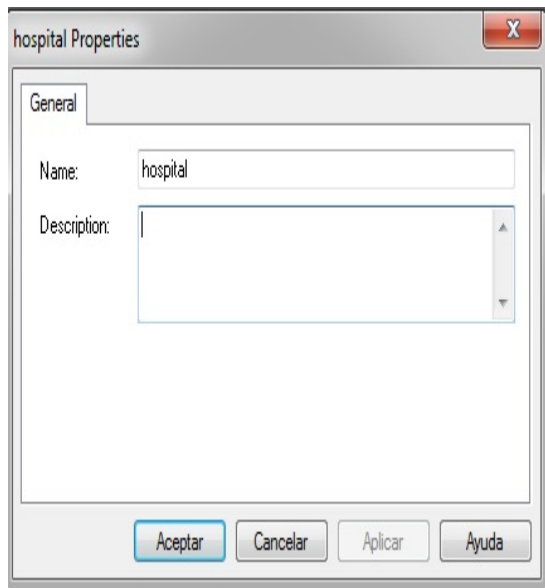


Figure 31. Modificación de Nombre proyecto

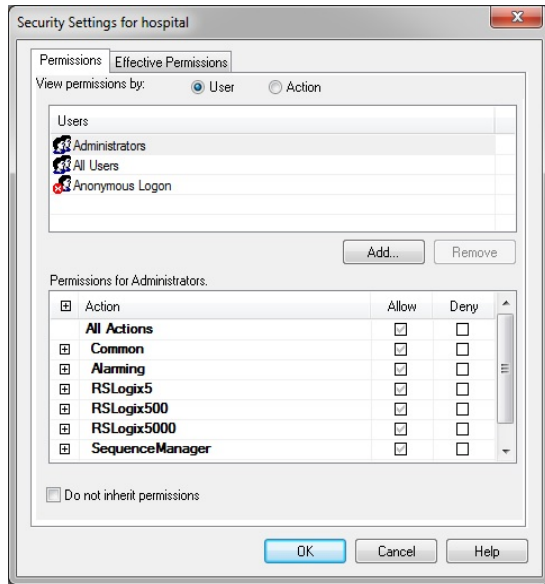


Figure 32. Creación de usuarios y dando contraseñas sus limitaciones

Menú Runtime Security:

- Estable diversos métodos de rutina para crear seguridades adicionales dentro del proyecto.
- Desde simples macros a lenguajes informáticos y también en tiempo real

Esta opción es necesaria si se desea crear algo mientras corre para probar algún suceso o solo para hacer registros esporádicos (ver figura N° 33).

Solicita un nombre, contraseña, el usuario que tendrá la rutina guardada (debe haber una cuenta de usuario creado previamente en grupos de usuarios para elegir o solo estará en el usuario por defecto) y selecciona que hará (rutinas de fábricas predeterminadas).

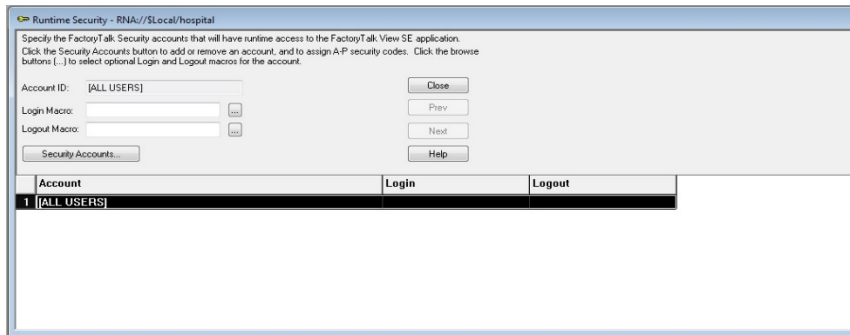


Figure 33. Menú Runtime line

Menú Comand line: Es una consola que se utiliza visual basic para aplicar cambios en tiempo real y modo offline.

Menú HMI Tags: Aparecen aquí los Tags y aquí es donde se buscan los Tags.

Esta opción es necesaria si se desea crear Tags o buscar Tags (ver figura N° 34). Solicita un nombre del tag, el tipo de señal digital o analógica, indicar memoria si es un lugar donde está guardado en el pc (el dato de la variable medida) o si es un dispositivo en terreno se selecciona Device. En el caso que ya están en el sistema los tag en la red solo se busca dónde están alojados los datos y se selecciona el tag buscado.

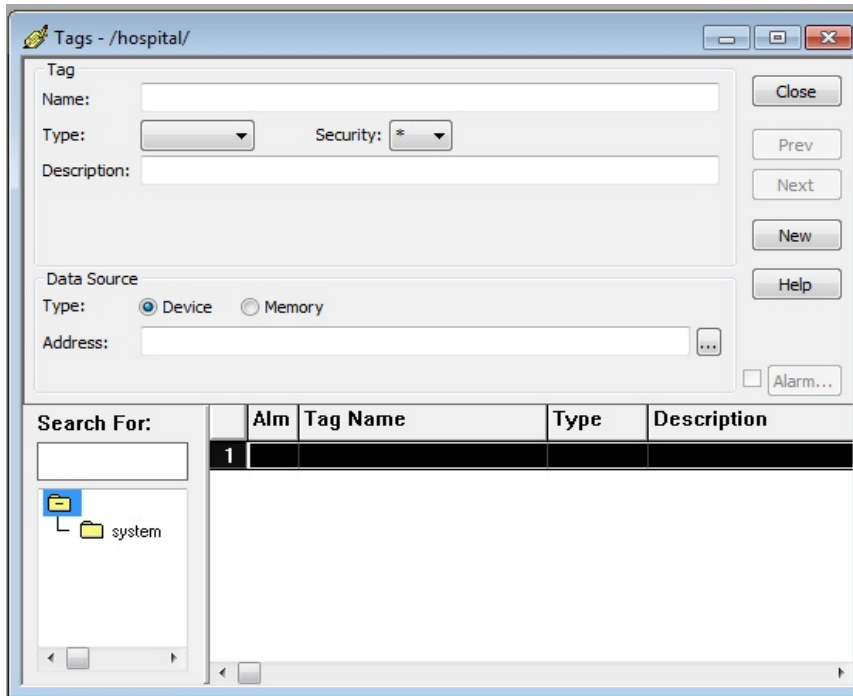


Figure 34. Asistente para búsqueda o creación de tag

Menú Graphics: Menú donde aparecen todas las opciones de edición de dibujos, botones, display, alarmas etc.

Aquí hay dos formas de crear estos objetos usados en la aplicación a partir de cero o la otra opción es sacar estos de otras aplicaciones y luego de su diseño se presiona botón secundario y aparece las opciones de edición: color, animaciones, tag, variables, referencias y expresiones entre otras (hay más opciones, pero son estas las básicas y las fundamentales que usare para correr cualquier aplicación).

Menú logig and Control: En esta parte de la aplicación se pueden crear subrutinas en forma de macro, crear eventos.

En la figura N°35 y 36 se pueden diferenciar que en la primera imagen se pueden desarrollar una mini aplicación para el proyecto de cero y en la segunda imagen

respectivamente se pueden hacer subrutinas con determinadas condiciones ya que las estructuras de cada servicio ya están hechas como, por ejemplo: Arrancar una aplicación o encender algo ya está hecho, pero solo se debe decir que cosa encender y solo detalles.

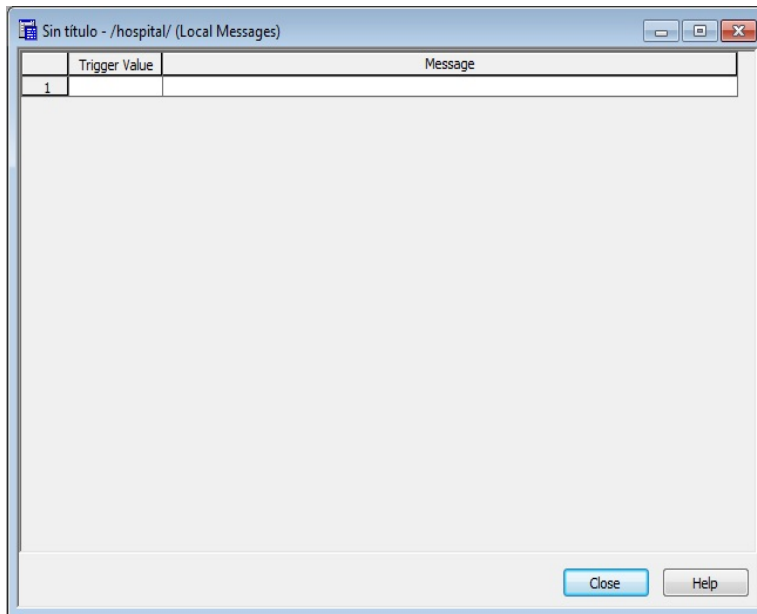


Figure 35. Asistente para crear macros y mensajes (subrutinas)

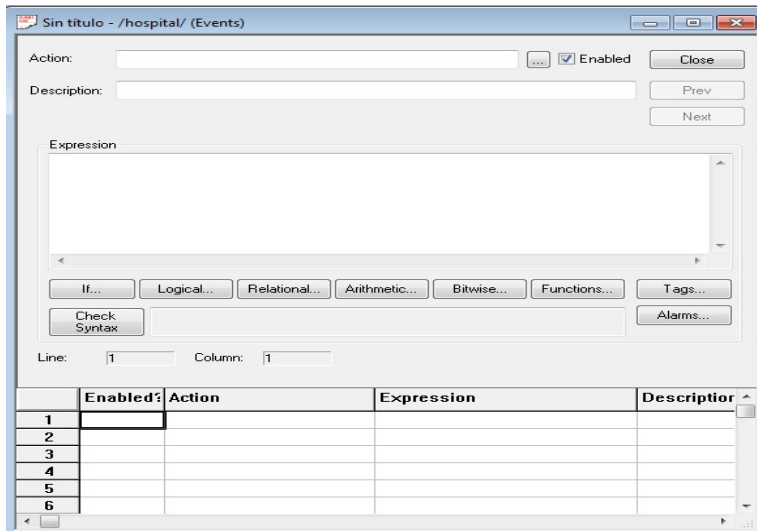


Figure 36. Asistente para crear eventos

Menú Comunicaciones: Aquí se ve la parte referida con la comunicación de los distintos servidores y en su interior los distintos equipos aquí aparecen y se seleccionan

actualizando presionando refrescar y los dispositivos que no se reconocen se deben revisar el menú secundario y actualizar su driver de conexión y la opción siguiente si sigue el problema es que se debe añadir en el menú nombre de aplicación el servidor de la aplicación buscada.

3er paso: Ejecutar FactoryTalk View Vview Client

Este último paso es realizar una vez creada el proyecto anterior (ver figura N° 37) se selecciona new y es donde va a dar un nuevo nombre o se mantiene, luego (ver figura N° 38) se busca donde se guardó el archivo ejecutable y se ejecuta run para ejecutar el archivo la otra opción es continuar (ver figura N° 39) y realizar modificaciones por lo que se elige que tipo de aplicación va a ser y después se eligen los parámetros de la aplicación de esta forma modificando algunos parámetros de la aplicación anteriormente creada (ver figura N° 40).

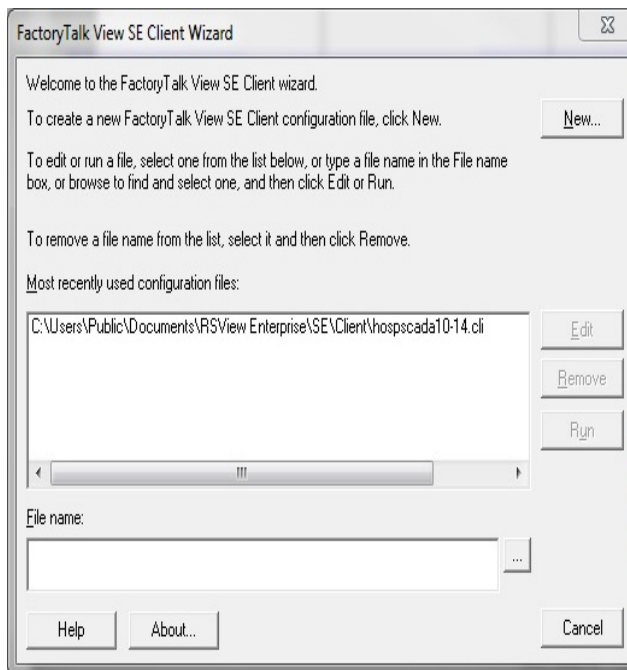


Figure 37. Asistente para crear (buscar archivo creado), edición o para eliminar.

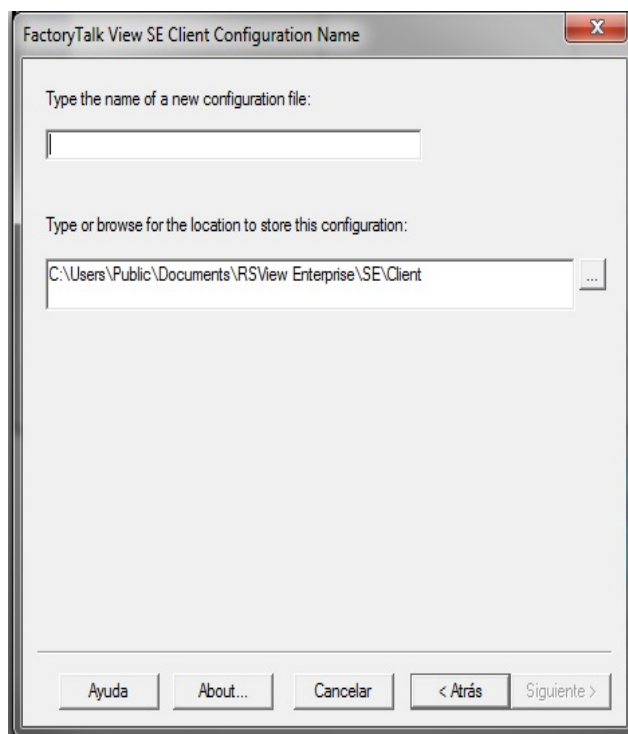


Figure 38. Asistente de búsqueda de proyecto

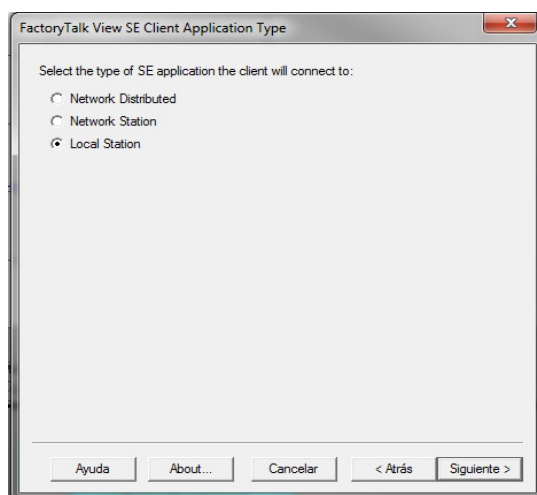


Figure 39. Asistente para crear un proyecto con nuevas opciones

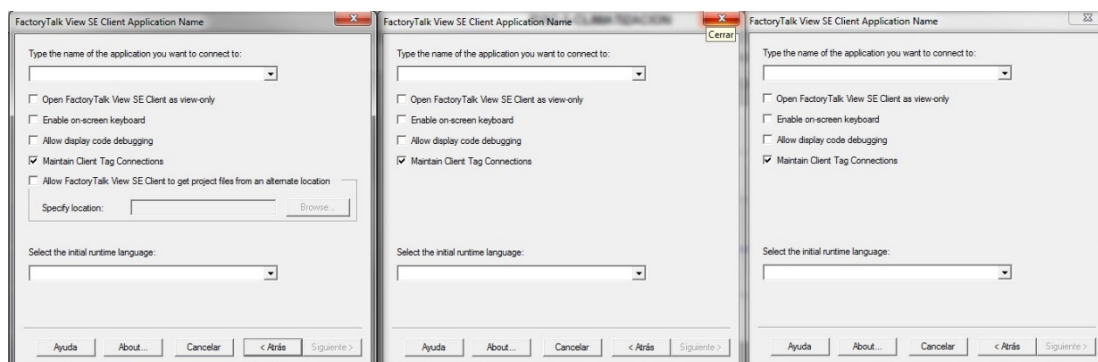


Figure 40. Asistente para crear un proyecto seleccionando los privilegios que va a tener

4.4 PANTALLAS GRÁFICAS DE LA ESTACIÓN DE TRABAJO

Pantalla que realizare y expondré en la presentación final.

En la figura N°41 está la aplicación que diseñare, hare los dibujos en la aplicación de FactoryTalk u optativamente podre hacer en otra aplicación los dibujos y exportarlos, los tag que realizare son los que están en la imagen por los cual los configurare en la aplicación y los simulare por medio de controladores virtuales y hare su funcionamiento. A modo de ejemplo deajo algunos tag hechos como deben llenarse al igual como puse en la descripción anteriormente.

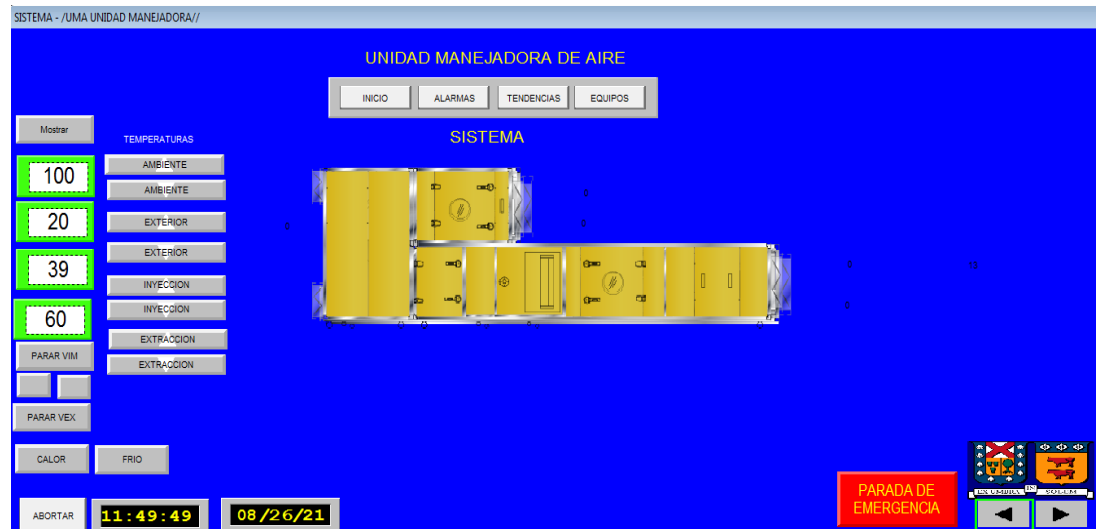


Figure 41 Aplicación final que diseñare

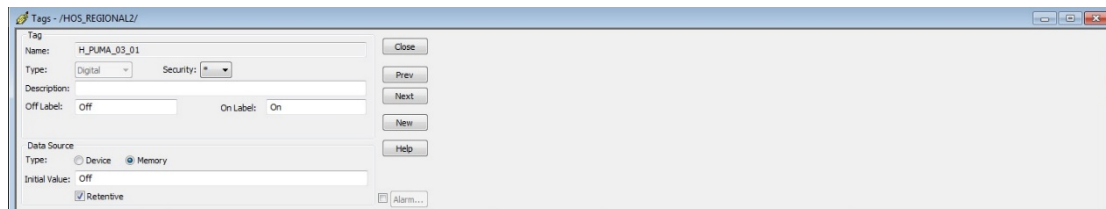


Figure 42.Tags (formas de llenado)1

The screenshot shows a software window titled 'Tags - /HOS_REGIONALZ/'. Inside, there's a 'Tag' configuration panel. The 'Name' field is 'L_PUMA_03_01'. The 'Type' is set to 'Digital' and 'Security' is set to '*'. The 'Description' field is empty. Below it, 'Off Label' is 'OFF' and 'On Label' is 'On'. The 'Data Source' section has 'Type' set to 'Memory' (selected with a radio button) and 'Initial Value' is '0'. There's a checked checkbox for 'Retentive'. On the right side of the panel, there are buttons: 'Close', 'Prev', 'Next', 'New', 'Help', and 'Alarm...'. The background of the window is a large, empty light gray area.

Figure 43.Tags (formas de llenado)2

The screenshot shows the same 'Tags - /HOS_REGIONALZ/' window. The 'Name' field is 'H_LJMA_TEMP_01'. The 'Type' is set to 'Analog' and 'Security' is set to '*'. The 'Description' field is empty. Below it, 'Minimum' is '0', 'Scale' is '1', 'Units' is empty, 'Maximum' is '50', and 'Offset' is '0'. The 'Data Type' dropdown is set to '(Default)'. The 'Data Source' section has 'Type' set to 'Memory' (selected with a radio button) and 'Initial Value' is '0'. There's a checked checkbox for 'Retentive'. On the right side of the panel, there are buttons: 'Close', 'Prev', 'Next', 'New', 'Help', and 'Alarm...'. The background of the window is a large, empty light gray area.

Figure 44.Tags (formas de llenado)3

The screenshot shows the same 'Tags - /HOS_REGIONALZ/' window. The 'Name' field is 'L_LJMA_TEMP_01'. The 'Type' is set to 'Analog' and 'Security' is set to '*'. The 'Description' field is empty. Below it, 'Minimum' is '0', 'Scale' is '1', 'Units' is empty, 'Maximum' is '50', and 'Offset' is '0'. The 'Data Type' dropdown is set to '(Default)'. The 'Data Source' section has 'Type' set to 'Memory' (selected with a radio button) and 'Initial Value' is '0'. There's a checked checkbox for 'Retentive'. On the right side of the panel, there are buttons: 'Close', 'Prev', 'Next', 'New', 'Help', and 'Alarm...'. The background of the window is a large, empty light gray area.

Figure 45.Tags (formas de llenado)4

5 CAPITULO N°5: SINTONIZACIÓN PID Y PROGRAMACIÓN

5.1 LA SINTONIZACIÓN DEL CONTROL PID DE PRESIÓN

Ya es conocida la importancia de mantener una zona esterilizada al máximo, para evitar el problema de las infecciones intrahospitalarias. Más aún si se trata de salas de cirugías. Independiente del control de la Temperatura que se realice en un área estéril, se le otorga mucha mayor importancia mantener a raya la entrada de partículas y microorganismos. Ver figura N° 46



Figure 46. Vista referencial de un pabellón

Independientemente de la limpieza aparente del lugar, y la limpieza de los funcionarios, es inevitable que microorganismos logren entrar a la sala de pabellón, transportados por el flujo del aire. Para evitar esto, la principal solución que aportan las UMAS (Unidades Manejadoras de Aire) es la de proporcionar un Filtrado casi Absoluto de Partículas, que permita una máxima descontaminación del aire en pabellón. Algo casi

perfecto, ya que, al abrir la puerta de pabellón, entra aire contaminado y se pierde su efectividad.

Para solucionar el problema del movimiento del aire hacia el interior, se abre la necesidad de establecer la solución aumentando la presión atmosférica de la sala de pabellón y la continua renovación del aire dentro de la sala, para evitar un aire viciado dentro de la misma. Para permitir la expulsión de los agentes patógenos que son alojados dentro de la sala, los cuales generalmente son llevados dentro del cuerpo del paciente al ser operado.

Esto se logra sellando completamente la entrada de la sala y automatizando el acceso a la sala.

Con una compuerta con interruptor que al pasar la mano sin tocarlo abre de manera automática la puerta, la que después de 1 segundo abierta, se cierra automáticamente. De esta manera se permite el acceso a personal manteniendo

el campo estéril. Ver Figura N°47.



Figure 47. Ilustración real del sistema de apertura y cerrado del acceso a pabellón

Para evitar que entren microorganismos a la sala de pabellón se necesita de esta manera una presión mayor dentro de la sala, que la del exterior; para que de esta manera las circulaciones de las corrientes de aire solo sean en un solo sentido, hacia afuera.

Sería fácil encender la UMA y dejarla funcionando para inyectar constantemente aire a una presión definida. Pero se nos agregan algunas variables a tomar en cuenta:

- El hecho de que cuando alguien entre o salga de la sala, la presión de esta bajará inevitablemente y necesitará compensarse para evitar la entrada de aire contaminado.
- Con el paso del tiempo los filtros para limpiar el aire Inyectado desde la UMA al pabellón sufren una saturación que va aumentando y reduce el paso del aire, lo que disminuye la presión inyectada en la sala.
- El aire renovado es inyectado desde el exterior y el aire viciado dentro del pabellón es evacuado también hacia el exterior. Esto presenta perturbaciones en la presión de inyección del aire debido al movimiento del viento en el exterior lo que se refleja en una variación de la presión de aire inyectada.

Debido a las causas antes mencionadas, lo que justifica emplear un lazo de control PID para poder ajustar la presión de la sala dentro de ciertos márgenes de funcionamiento.

Para poder desarrollar un cálculo de PID y poder programar el controlador, lo primero que se debe hacer es el entendimiento del sistema.

En este caso específico, el modelamiento del sistema es idéntico al caso de un sistema típico conocido; el cuál es “un sistema de llenado y vaciado de un estanque” pero acondicionado claramente para flujo de aire. Ver figura N° 48.

Entonces fue así como se hizo una equivalencia en estos sistemas semejantes, para hacer el desarrollo del PID para el control de presión.

Nivel de líquido en un tanque

Se tiene un tanque el cual se llena continuamente con un fluido y a la vez se vacía por un agujero en el fondo del mismo.

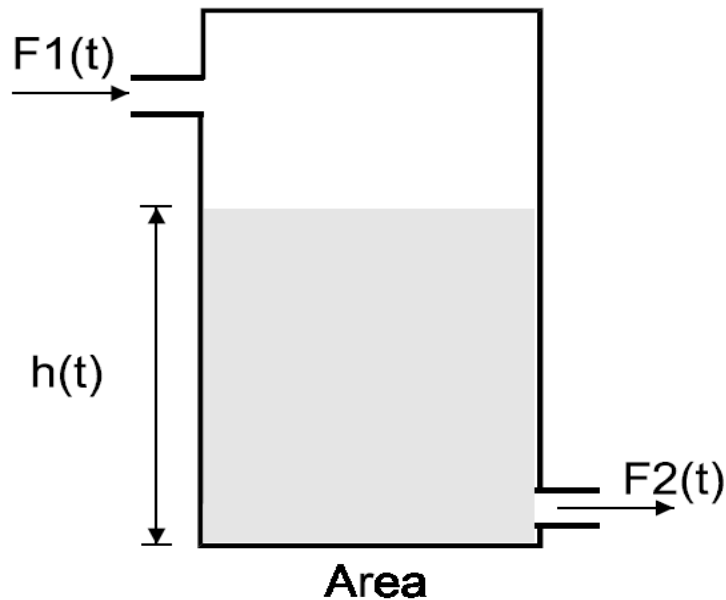


Figure 48. Referencia de un sistema

Para este caso específico se trata de Aire inyectado a una sala Donde la equivalencia es:

$F1(t)$: Correspondería al flujo de Aire inyectado

$F2(t)$: Correspondería al flujo de Aire extraído

Área: La equivalencia es la misma para el caso de líquido que el de Aire

$h(t)$: Para el caso de llenado y vaciado de Agua se refiere a la altura, pero para nuestro caso es la presión a la que se ha llenado de Aire la sala.

Finalmente, se hace la comparación de estos 2 sistemas dejando a un lado el desarrollo matemático, y el cambio de densidades (agua por aire) para explicar que la función de transferencia del sistema es la misma en ambos casos.

$$G(s) = \frac{h(s)}{F_1(s)} = \frac{K_P \cdot e^{-Ls}}{1 + Ts}$$

Saber esto, nos permite hacer las cosas más fáciles, ya que se ha hecho anteriormente el modelado de estos sistemas. Ahora podremos aplicar las reglas de Sintonización Empírica de lazos de control PID.

Existen varios modelos matemáticos que pueden ayudar a la sintonización PID, aun cuando ninguno de ellos puede ser fiable en un 100%, existen reglas que se acercan bastante como la de Ziegler-Nichols.

En este caso Particular usaremos las fórmulas de “ASTRON y HAGGLUND para la respuesta a Escalón”

Una breve reseña:

“En 1942, John G. Ziegler y Nathaniel B. Nichols idearon el método de la sintonización de lazo-cerrado de su mismo nombre. En aquella época, el control de lazos era, en el mejor de los casos, "ensayo y error".

En 1951, los hermanos Swarthout llevaron el control de lazo cerrado a su siguiente etapa cuando introdujeron el primer controlador electrónico de lazo cerrado. El resto como dicen ellos, es historia.

Luego en 1994, después de extensas simulaciones numéricas por computadora, ASTRON Y HAGGLUND lograron desarrollar una versión mejorada de las fórmulas de Ziegler-Nichols para la respuesta a escalón.” Finalmente, para poder resolver el control, se realizó una respuesta a un escalón, de esta manera relacionaremos la velocidad del variador en un

porcentaje de 0-100% con la medición de la presión diferencial en la sala de pabellón en Pascales.

De Acuerdo a las especificaciones técnicas entregadas por los ingenieros de clima, se recomienda un mínimo de 2 pascales de diferencia de presión y alrededor de 12 -15 pascales en régimen permanente para garantizar que no entren partículas externas a la sala.

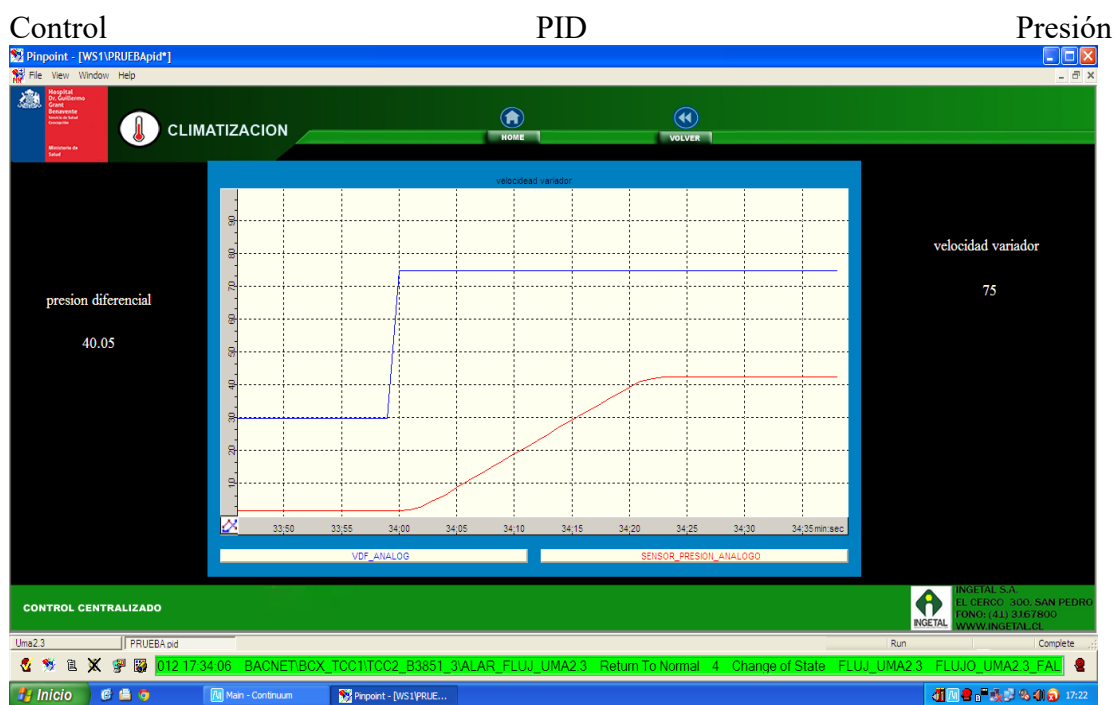


Figure 49. Medición de la prueba de presión

Se hizo la prueba y con una velocidad de variador correspondiente al 75% del total de la capacidad de la UMA, en la sala se detectó una presión de 40 pascales. Ver figura N° 49.

5.2 LA SINTONIZACIÓN DEL CONTROL PID DE TEMPERATURA

Para este caso se busca una equivalencia simulada con un sistema conocido para obtener la función de transferencia característica.

Gracias a la información obtenida del departamento Meteorológico de la Universidad de Concepción solicitado por el hospital Regional Guillermo Grant Benavente se obtuvo un registro de las temperaturas obtenidas durante los años 2008 y 2009. De lo cual, se logró obtener los registros psicrométricos (ver figura N° 50 y 51) para así poder simular de manera aproximada la función de transferencia del sistema climático de Concepción. Con tal de obtener un patrón conocido y aproximado del clima de Concepción.

Diagrama psicrométrico del clima en el centro de Concepción, según estación meteorológica de la Universidad de Concepción. Estadísticas de 2 años.

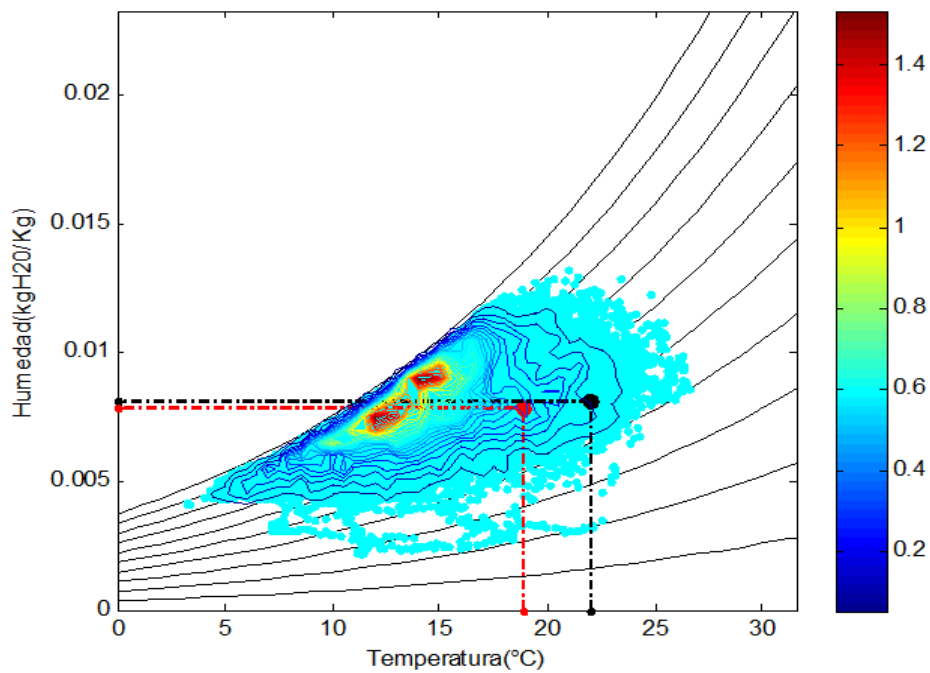


Figure 50. Concentración de temperatura y humedad en verano 2008-2009

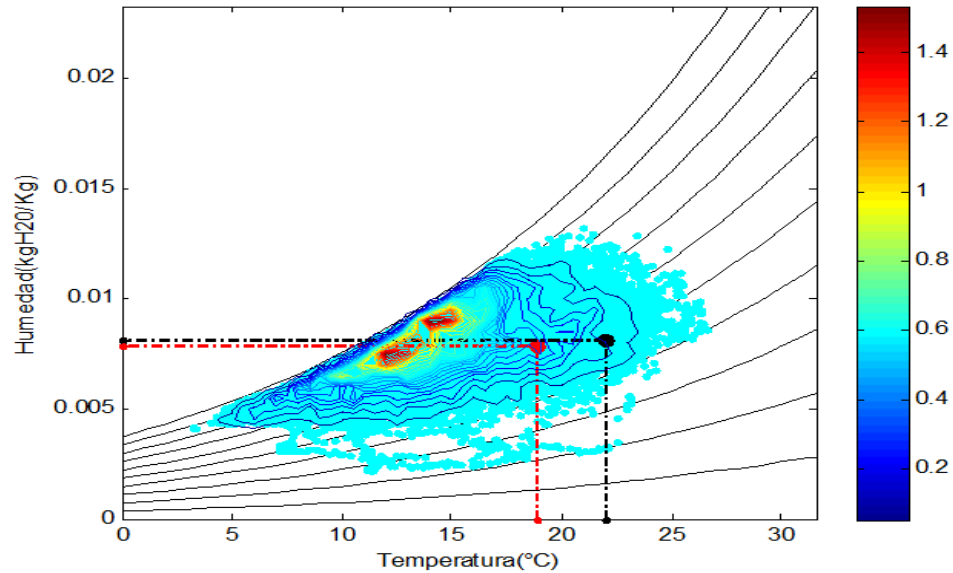


Figure 51. Concentración de temperatura y humedad en invierno 2008-2009

Debido a los datos se debió realizar un modelamiento matemático. Usando formulas otorgadas gracias a el departamento de Clima de la empresa encargada, las que se expresan a continuación:

Fórmulas para el modelado matemático y Simulación en Matlab

- Modelos de simulación
- - Zona térmica
 - - Balance de energía del aire (Energía Térmica dentro del Pabellón)

$$M_a c_p \frac{dT_a}{dt} = \sum_{mi=1}^m h_{mi} A_{mi} (T_{mi} - T_a) + \dot{m}_s c_p (T_s - T_a) + \dot{m}_{inf} c_p (T_{ext} - T_a) + Q_G$$

$$m_w c_w \frac{dT_w}{dt} + \dot{m}_w c_w (T_w - T_{w0}) + \frac{1}{R_w} (T_{w0} - T_s) = 0$$

– Baterías de frío y calor

- Balance de energía del agua de circulación (T° del Agua que Circula por los Radiadores)

$$seco: m_s c_s \frac{dT_s}{dt} + \frac{1}{R_a} (T_s - T_{a0}) + \frac{1}{R_w} (T_s - T_{w0}) = 0$$

- Balance de energía en la superficie del serpentín (Irradiación Térmica del Serpentín al Aire Tratado)

Para poder Comprender el Concepto de Carga Térmica, se debe revisar el Cuadro de balance térmico en Anexo N° 2

En deducción de lo anterior, resumiendo el desarrollo matemático los parámetros obtenidos para simular la función de transferencia fueron los siguientes:

Parámetros de la simulación Térmica del pabellón

K=0.8 Ganancia del sistema Térmico del Pabellón simulado

Tau=2.6 Constante de Tiempo del sistema Simulado

Theta=4.0 Tiempo muerto antes de un cambio en segundos. También conocido como L

T0=1.0 Tiempo de Muestreo de la simulación del sistema en segundos.

Dado los parámetros de la respuesta Anterior se usaron los Siguientes Parámetros para el Control del Lazo de PID, con la ayuda de la sintonización simulada en Matlab:

Kp=0.0022 ganancia proporcional

ti=240seg. tiempo integral

td=0.0 tiempo derivativo

Antes del estudio de Control de Temperatura, en el proceso de automatización de Pabellones, generalmente se encontraban con el problema de mantención y corta duración de válvulas de flujo de agua caliente (ver figura N° 52). Esto debido a una mala sintonización y poca efectividad en el ahorro energético que involucraba.

Estado anterior del control de T° usado por la empresa en otros recintos Hospitalarios

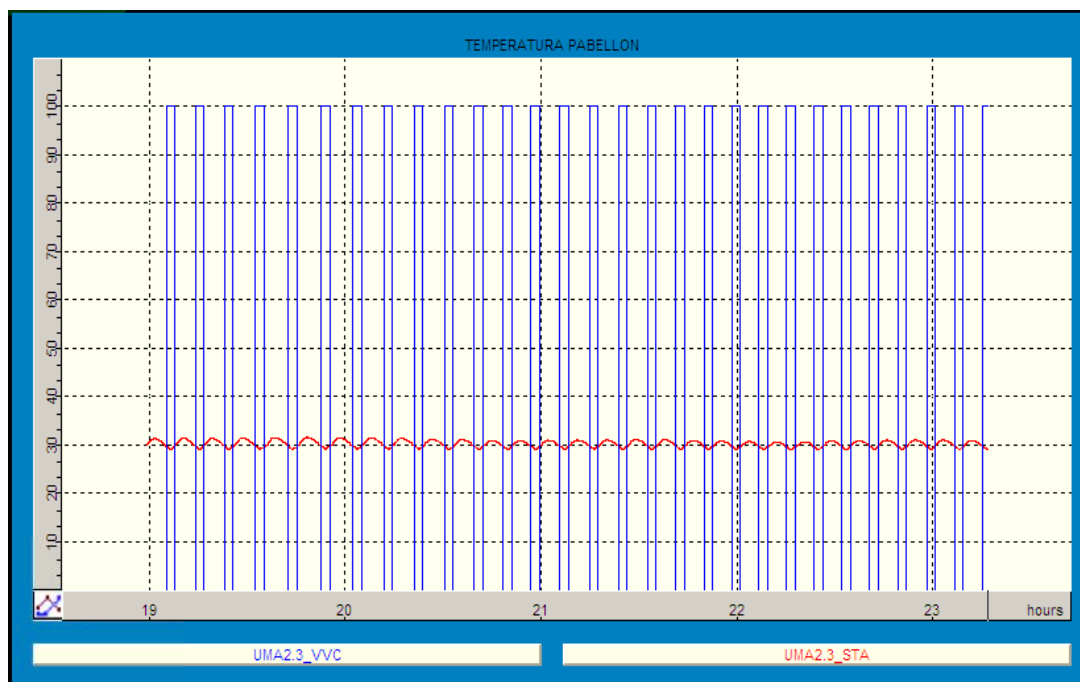


Figure 52. Grafica azul actuador trabajando y grafica roja temperatura

Donde el grafico azul corresponde a % Apertura de válvula agua Caliente.

Donde el grafico Rojo corresponde a T° efectiva en sala de pabellón (ver figura N° 52).

Con un SetPoint de 27° Celsius. Y usando un control PID supuestamente Sintonizado.

Finalmente se logró realizar la simulación del lazo PID de temperatura con los valores obtenidos gracias a la sintonización simulada en Matlab. Obteniéndose una respuesta como la que se muestra en el gráfico de la figura N°53.

Respuesta Obtenida mediante simulación, donde: U=Respuesta Válvula (%), Y=Respuesta T° en Pabellón, SP=SetPoint

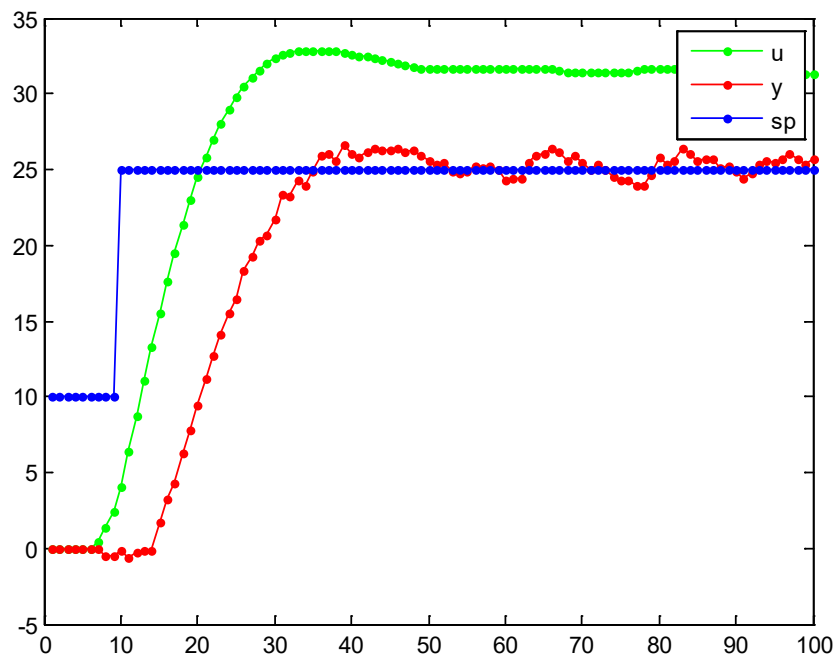


Figure 53

Una vez obtenida la simulación, se usaron los mismos valores PID para realizar la sintonización del lazo de control de temperatura, pero no se lograron los resultados esperados. Se debió ajustar los parámetros del lazo de control en +- un 15% aprox. Pero igualmente gracias a la simulación se logró un buen acercamiento y ahorro de tiempo en el trabajo de la sintonización de la temperatura del pabellón. Finalmente, los parámetros del control PID de T° usados en terreno fueron:

$K_p=0.002$ Ganancia proporcional del Control PID

$T_i=180$ seg. Tiempo Integrativo en segundos, en la programación del controlador como ganancia integrativa $k_i=1/T_i$; finalmente $k_i=0.0056$

$T_d=0$ seg. Tiempo derivativo

Parámetros usados finalmente en programa de Control de Temperatura, véase el Anexo N°2 “Programación de Controladores”

Finalmente, la respuesta final del control de T° se representa en la Figura N°54.

Gráfico de Respuesta del Control de T° obtenido después de estudio y posterior sintonización del Lazo PID. Desde el encendido de la UMA hasta la estabilización.

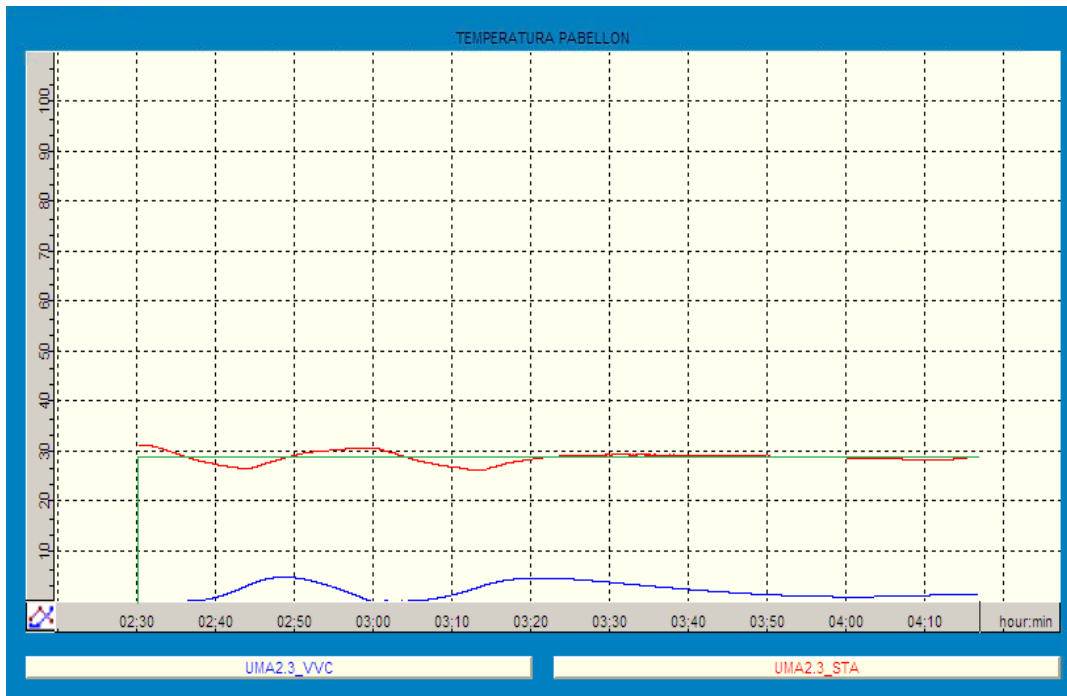


Figure 54. Grafica con control PID

Dónde:

Gráfico azul corresponde a % Apertura de válvula agua Caliente.

Gráfico Rojo corresponde a T° efectiva en sala de pabellón

Gráfico Verde corresponde al SetPoint, con 27° Celsius.

Del desempeño del lazo de Control PID se puede Inferir que:

- El sistema se ajusta aproximadamente a las variables de Referencia
- Responde a las Perturbaciones del Clima
- Responde a las Perturbaciones Internas del Sistema.
- Responde a las acciones de Control.
- El Control no es igual a la Simulación, pero sí es una aproximación aparentemente aceptable.

6 CAPITULO N°6: SIMULACIÓN DEL SISTEMA

6.1 INFORMACIÓN ACERCA DE LA SIMULACIÓN

La aplicación final para la estación de trabajo se muestra como resumen desde la figura N° 55 a la 60. Para realizarla se tuvo que proceder de la siguiente manera:

- que es lo que queremos visualizar
- que es lo que queremos controlar
- queremos graficar algún dato (para sacar análisis en el tiempo)
- deseamos almacenar un histórico

partiendo de este punto de vista comenzamos con crear las variables que usaremos o también puede el caso de tomar las variables desde un dispositivo en el cual ya existen en este caso serán todas creadas ya que no habrá dispositivo real el cual (tomemos las variables como referencia), creamos un listado de variables “tags” colocándoles nombres afines a su propósito y asignando valores en algunas para usarlas como referencia y mientras otras se usaran como variables de trabajo las cuales se relacionaran con las imágenes utilizadas por las pantallas gráficas, una vez creadas se probaran en la aplicación misma y una vez probada se creara el archivo creado (cliente)aplicación final que se usa solo en este caso simular un proceso ficticio ya que al usar dispositivos reales se pueden realizar aplicaciones con fines útiles. La figura N° 51 y 52 sirven como punto de partida de los tag usados antes mencionados.



Figure 55. Display “INICIO” en la aplicación hmi



Figure 56. Display “SISTEMA” en la aplicación hmi



Figure 57. Display “SISTEMA” en la aplicación hmi

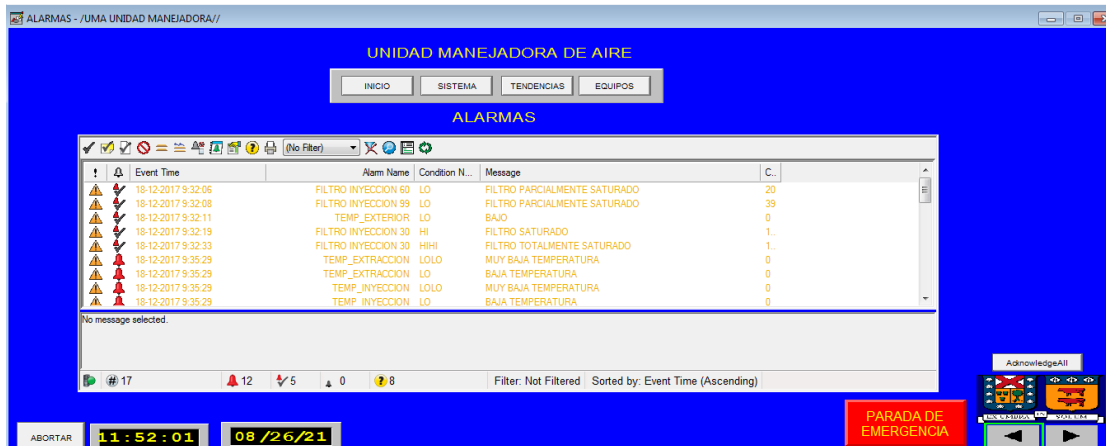


Figure 58.Display “ALARMAS” en la aplicación hmi

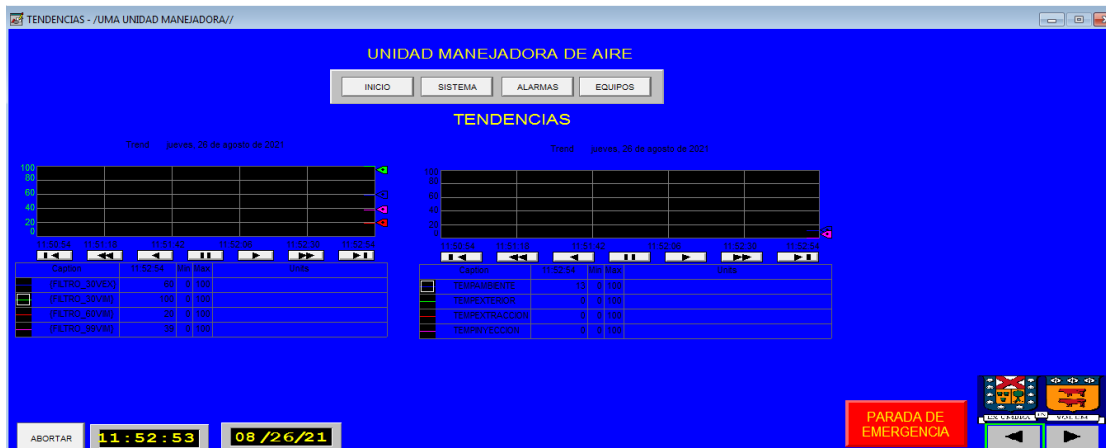


Figure 59.Display “TENDENCIAS” en la aplicación hmi

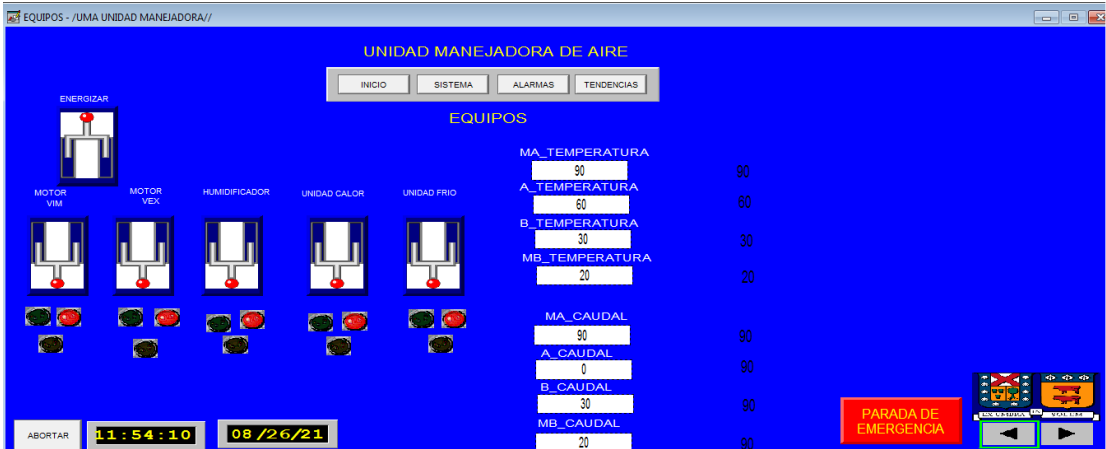


Figure 60. Display "EQUIPOS" in the hmi application

Tags - /UMA UNIDAD MANEJADORA/

Tag Name: A_TEMPERATURA

Type: Analog Security: F

Description:

Minimum: 0 Scale: 1 Units:

Maximum: 100 Offset: 0 Data Type: (Default)

Data Source Type: ☐ Device ☒ Memory

Initial Value: 80

☒ Retentive

Buttons: Close, Prev, Next, New, Help, Alarm...

Search For:

Alm	Tag Name	Type	Description
2	A TEMPERATURA	Analog	
3	B CAUDAL	Analog	
4	B TEMPERATURA	Analog	
5	CAUDAL_EXTRACCION	Analog	

Figure 61.TAGS de la aplicación hmi

Name	Type	Input Tag	Ack Req'd	Alarm as a Tag	Alarm Class	FactoryTalk View Co
AUSENCIA DE EN	Digital	PALANCAFRIO	☒	☐		
AUSENCIA ENER	Digital	PALANCA CALOR	☒	☐		
AUSENCIA ENER	Digital	HUMIDIFICADOR	☒	☐		
AUSENCIA ENER	Digital	PALANCA VEX	☒	☐		
AUSENCIA ENER	Digital	PALANCA VIM	☒	☐		
CAUDAL EXTRA	Level	CAUDAL_EXTRACCION	☒	☐		
CAUDAL INYECC	Level	CAUDAL_INYECCION	☒	☐		
FALLA DE ENER	Digital	ENERGIZAR	☒	☐		
FILTRO EXTRAC	Level	FILTRO_30VEX	☒	☐		
FILTRO INYECCI	Level	FILTRO_30VIM	☒	☐		
FILTRO INYECCI	Level	FILTRO_60VIM	☒	☐		
FILTRO INYECCI	Level	FILTRO_99VIM	☒	☐		
MOTORVEX	Digital	MOTORVEX	☒	☐		
MOTORVIM	Digital	MOTORVIM	☒	☐		
PARADA EMERG	Digital	PARADA	☒	☐		
TEMP_EXTERIOR	Level	TEMP_EXTERIOR	☒	☐		
TEMP_EXTRACCI	Level	TEMP_EXTRACCION	☒	☐		
TEMP_INYECCIO	Level	TEMP_INYECCION	☒	☐		
TEM_PAMBIENTE	Level	TEMP_PAMBIENTE	☒	☐		

Figure 62.Display "EQUIPOS" en la aplicación hmi

7 CAPITULO N°7: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
Y CONCLUSIÓN

7.1 CONCLUSIÓN

La simulación de las imágenes anteriores del capítulo 6 será expuesta en la presentación final.

El Proyecto de “Diseño de sistema de control de aire acondicionado para pabellones hospitalarios Control Centralizado” realizado específicamente para aplicarlos en el área de salud.

Se concluye la importancia del área de Control Automático, Control de Procesos, Dominio de Lógica Digital, Programación de diversos lenguajes, Análisis exhaustivo de protocolos de Comunicación Digital, además de manejo de herramientas de diseño como AutoCAD, Matlab, software adobe flash y Principalmente Factorytalk.

AutoCAD sirve para realizar los proyectos que muestran los esquemas de conexión y montaje.

Matlab realiza cálculos exactos y simulaciones de todo tipo que permite tener una referencia de los parámetros a utilizar y una vez obtenidos realizar las pruebas en la práctica para obtener valores más precisos.

Adobe flash para realizar simulaciones dinámicas por medio de imágenes por medio de programación o edición.

Factorytalk sirve para diseñar y ejecutar las aplicaciones tanto de a nivel de pc a nivel de hmi por lo que facilita los procesos productivos en este caso mejora la eficiencia a través de un control constante debido al poder monitorearlo.

En referencia a que en el área hospitalaria y de edificios el rango de cálculos relacionados con los PID, PI, etc., requiere de una precisión muy alta, no podían realizar ya que este trabajo de título es de un proyecto ya construido solo registre los datos y deje previamente el procedimiento de cómo realizarlo.

Esperando que sirva de orientación este proyecto de título para poder hacer un proyecto automatizado ya que aquí se entregan los conceptos esenciales para poder crear una aplicación teniendo ya los equipos instalados y teniendo como referencia en este proyecto que ya hay ejemplos de cómo van conectados equipos sirve de apoyo junto al manual de cada equipo sin embargo ya que falta información, pero da los aspectos relevantes para diseñar un proyecto de similar magnitud.

7.2 **BIBLIOGRAFÍA**

Documentación y software

- www.rockwellautomation.com
- <https://www.schneider-electric.es/es/all-products>
- www.infoplc.net
- <https://www.ashrae.org/about/ashrae-en-espa%C3%B1ol>
- www.minsal.cl

Bibliografía

- **SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES**
S.E.C. NCH Electricidad 4/2003 *ELECTRICIDAD INSTALACIONES DE CONSUMO EN BAJA TENSION*. **Octubre de 2003.**
- **SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES**
S.E.C. 1982.Nch 2-84 ELABORACION Y PRESENTACION DE PROYECTOS.
- **SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES**
S.E.C. 1982.Nch 4-84, INSTALACIONES INTERIORES EN BAJA TENSION.
- **SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES**
S.E.C.1982.Nch10-84 TRAMITE PARA LA PUESTA EN SERVICIO DE UNA INSTALACIÓN INTERIOR.
- **SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES**
S.E.C.1982.NSEG 5. E.n.71. ELECTRICIDAD INSTALACIONES DE CORRIENTES FUERTES.

- **SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES**
S.E.C. NSEG 20. E.n.78. Electricidad Subestaciones Transformadoras
Interiores.
- **Ministerio de Salud** Norma Técnica Básica Atención Abierta.
- **ASHRAE.**HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics 2° Ed. ASHRAE.
- **ALLEN BRADLEY** Factory Talk View Machine Edition Users Guide. **Julio 2013**
- **ALLEN BRADLEY** Factory Talk View Site Edition Users Guide. **Julio 2013**
- **ALLEN BRADLEY** Factory Talk View Machine Edition Installation Guide. **Julio 2013**
- **ALLEN BRADLEY** Factory Talk View Site Edition Installation Guide. **Julio 2013**