

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**“DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN
PROCESO DE LIOFILIZACION UTILIZANDO EL
PROTOCOLO FOUNDATION FIELDBUS”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECATRÓNICO**

RAUL ZENON RIVAS JIMENEZ

PROMOCIÓN 2010-II

**LIMA - PERÚ
2014**

Dedicado a mi familia.

Por estar siempre apoyándome en cada paso que realizo, y sé que siempre está conmigo en el logro de todos mis objetivos.

AGRADECIMIENTO:

Agradezco a mi asesor, a mis amigos y a mi familia por el aliento continuo en la realización de esta tesis.

ÍNDICE

Pág.

| | | |
|--|-----------|-----------|
| PROLOGO | 1 | |
| CAPÍTULO I | | |
| INTRODUCCIÓN | 2 | |
| 1.1 ANTECEDENTES | 2 | |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 3 | |
| 1.2.1 Objetivo Principal..... | 3 | |
| 1.2.2. Objetivos Secundarios..... | 3 | |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 4 | |
| 1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES | 4 | |
| CAPÍTULO II | | |
| DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO DE LIOFILIZACION | 5 | |
| 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACION..... | 5 | |
| 2.2. DESCRIPCION DEL CONTROL DEL PROCESO DE LIOFILIZACION..... | 7 | |
| CAPÍTULO III | | 9 |
| IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO | 9 | |
| 3.1. INDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 9 | |
| 3.2. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO..... | 9 | |
| CAPÍTULO IV | | 10 |
| FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE CAMPO FOUNDATION FIELDBUS | 10 | |
| 4.1. SISTEMAS DE CONTROL..... | 10 | |
| 4.1.1. Tipos de Sistemas de Control..... | 10 | |
| 4.1.2 Instrumentación Industrial..... | 14 | |
| 4.1.3 Evolución de la Arquitectura de los Sistemas de Control de Campo FIELDBUS..... | 17 | |
| 4.1.4 Definición de Foundation Fieldbus..... | 21 | |
| 4.1.5 Redes de Comunicación Industrial | 22 | |
| 4.2 Redes Fieldbus | 24 | |
| 4.2.1. Instalación | 24 | |
| 4.2.2 Topología de Segmentación de Bus..... | 25 | |
| 4.2.3 Conexiones en los Segmentos del Bus | 27 | |
| 4.2.4 Configuración | 27 | |

| | | |
|---|---|-----------|
| 4.2.5 | Niveles de Interoperabilidad | 28 |
| 4.2.6. | Cable de Foundation FIELDBUS | 30 |
| 4.2.7 | Segmento de Foundation Fieldbus. | 31 |
| CAPÍTULO V | | 33 |
| DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA | | 33 |
| 5.1. | FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN | 33 |
| 5.2 | PROCESO DE LA LIOFILIZACIÓN..... | 35 |
| 5.2.1 | Congelación | 36 |
| 5.2.2 | Sublimación..... | 37 |
| 5.3 | PLANTAS PARA EL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN | 40 |
| 5.4. | DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y PRESIÓN PARA EL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN | 41 |
| 5.4.1 | Selección de los instrumentos industriales | 42 |
| 5.5 | SELECCIÓN DE SENSORES..... | 46 |
| 5.5.1 | Sensores de temperatura | 46 |
| 5.5.2 | Sensores de presión..... | 46 |
| 5.6 | RED DE INSTRUMENTOS | 47 |
| 5.7 | SIMULACIÓN CON LABVIEW | 48 |
| 5.7.1 | Hardware del sistema de control (DFI302)..... | 49 |
| 5.7.2 | Software a utilizar | 51 |
| 5.8. | CONSIDERACIONES DEL DISEÑO DEL CONTROL DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN CON INSTRUMENTOS EN RED FF | 58 |
| 5.8.1 | Descripción de los módulos del DFI302 y conexasiónado | 59 |
| 5.9 | MONTAJE DE LOS MÓDULOS DEL CONTROL | 61 |
| 5.10 | APLICACIÓN PRÁCTICA CON EL MÓDULO DFI302 | 63 |
| 5.10.1. | Creación de una configuración FIELDBUS..... | 63 |
| CONCLUSIONES..... | | 83 |
| RECOMENDACIONES..... | | 84 |
| BIBLIOGRAFIA..... | | 85 |
| APÉNDICE | | 86 |

PROLOGO

En el siguiente informe de suficiencia presento la realización de un control para el proceso de liofilización, haciendo uso de los instrumentos de campo, particularmente de los protocolos y equipos que hacen uso de la tecnología Fieldbus.

Para ello, el presente informe de suficiencia consta de 5 capítulos, las cuales pasamos a detallar.

En el Capítulo I desarrollo de una manera breve el proceso de liofilización, una explicación del proceso en sí, algunos antecedentes de su uso en la antigüedad, como todo el presente trabajo tiene unos alcances y limitaciones que explicare en este capítulo.

En el Capítulo II consta de la descripción del proceso de liofilización así como también de la descripción del control del proceso de liofilización.

En el Capítulo III se identificara el problema y se realizara un planteamiento de la hipótesis de trabajo.

En el Capítulo IV se explican los fundamentos de los sistemas de control de campo, la instrumentación industrial, la arquitectura de los sistemas de control, así como también la definición de Foundation Fieldbus y las redes de comunicación industrial de las cuales hace uso.

Finalmente en el Capítulo V se dará desarrollo a la solución del problema presentando las diferentes etapas del proceso de liofilización, se describirá la planta para el proceso de liofilización incluyendo el estudio de los sensores y actuadores que hace uso de la tecnología Fieldbus y el controlador propuesto para dicha tecnología. Adjuntando a este desarrollo se presentara una simulación en LabView de los controles de temperatura así como el de presión de dicha planta con los controles propuestos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Los científicos franceses BORDAS y D'Arsonval 1906 y el americano Shackell en 1909, descubren la aplicación del principio físico de la sublimación, construyendo un sencillo aparato de liofilización de laboratorio. La liofilización se desarrolló para superar las pérdidas de compuestos de los productos, los cuales se eliminaban en las operaciones convencionales de secado.

El gran impulso de la aplicación industrial de liofilización, se debe a los trabajos de E.W. Flosdonf y S.Murdd, para la escuela de medicina de la Universidad de Pennsylvania, donde liofilizan los primeros productos para uso clínico en gran escala en la década de 1940, principalmente sueros y plasma humano, posteriormente, se prepararon a escala industrial por liofilización antibióticos y materiales biológicos. [1] (V.Barbosa & Vega Mercado, 2000)

Durante la segunda guerra mundial, los bancos de sangre americanos, empezaron a producir industrialmente plasma humano liofilizado para el ejército. En esta época, Fleming, Florcy y Caín, descubrieron y sintetizaron la penicilina. El gran éxito de la desecación del plasma y su buena conservación por liofilización fueron rápidamente aplicados a la penicilina y luego a diversos

antibióticos, enzimas, sueros y vacunas a fines de prolongar su actividad terapéutica.

En la actualidad, la liofilización es ampliamente usada para la conservación de diversos productos como son los cereales, frutas, verduras e incluso carnes. Detiene el crecimiento de microorganismos, inhibe el deterioro de sabor y color por reacciones químicas y pérdida de propiedades fisiológicas. Asimismo, facilita el almacenamiento y la distribución de diferentes tipos de productos. Estos sistemas se basan en el control y supervisión por PLC e incluso en los más complejos se puede contar con sistemas de supervisión y adquisición de datos SCADA.

1.2 OBJETIVOS

Se plantean los objetivos principales y los secundarios

1.2.1 Objetivo Principal

El objetivo principal de este trabajo es el de desarrollar un control para el proceso de Liofilización, obteniendo con ello un proceso con variables estables y un producto de alta calidad en aroma y sabor, y con características organolépticas de su estado original. Este control del proceso se desarrollara utilizando instrumentación de campo en red que hacen uso del protocolo Foundation Fieldbus.

1.2.2. Objetivos Secundarios

- Aplicar sistemas de control inteligentes, en las diferentes etapas del proceso de Liofilización, que constan de los siguientes bloques: el sistema de control de temperatura en la cámara, el sistema de control de temperatura en las placas portadoras, el sistema de control de presión en la cámara.
- Analizar el sistema de control de la cámara de liofilización que es el que mantiene al proceso controlado para asegurar que todo el producto tenga un secado parejo y que a la vez tenga una constante

comunicación con los demás sistema en el interior de la cámara de liofilización para asegurar un producto de calidad

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo es importante porque permitirá aplicar nuevos sistemas de control al proceso de liofilización, haciendo de esta manera la labor más sencilla, ya que estos sistemas son muchos más fáciles de implementar y configurar para la realización de control de procesos. A su vez, permitirá aplicar el proceso de Liofilización en la conservación de los productos lábiles tales como frutas o verduras preservando la integridad física y la composición química necesaria.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

Para el diseño del control del proceso de liofilización solo se consideraran variables físicas principales como serán la temperatura en la cámara, la temperatura en las bandejas portadoras del producto y la presión dentro de la cámara, debido a que con el control adecuado de estas variables se logra replicar el proceso.

Se utilizaran equipos de campo diseñados para hacer uso del protocolo Foundation Fieldbus, se estudiaran sus características y ventajas para el control de procesos. De esta manera se presentaran las pautas para la configuración de estos instrumentos en el control del proceso de liofilización ya que estas se realizan en campo con ayuda del software propietario como es System302 y Syscom de la marca SMAR.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO DE LIOFILIZACION

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LIOFILIZACION

La liofilización es una operación unitaria de secado por congelación que consiste principalmente en dos pasos o etapas. La primera es la congelación de la materia que se va a liofilizar y la segunda es la eliminación del agua por medio de una sublimación directa del hielo a vapor de agua bajo presiones reducidas cercanas al vacío, en la figura 2.1 observamos los principales pasos de la liofilización. [2] (V.Barbosa & Vega Mercado, 2000)

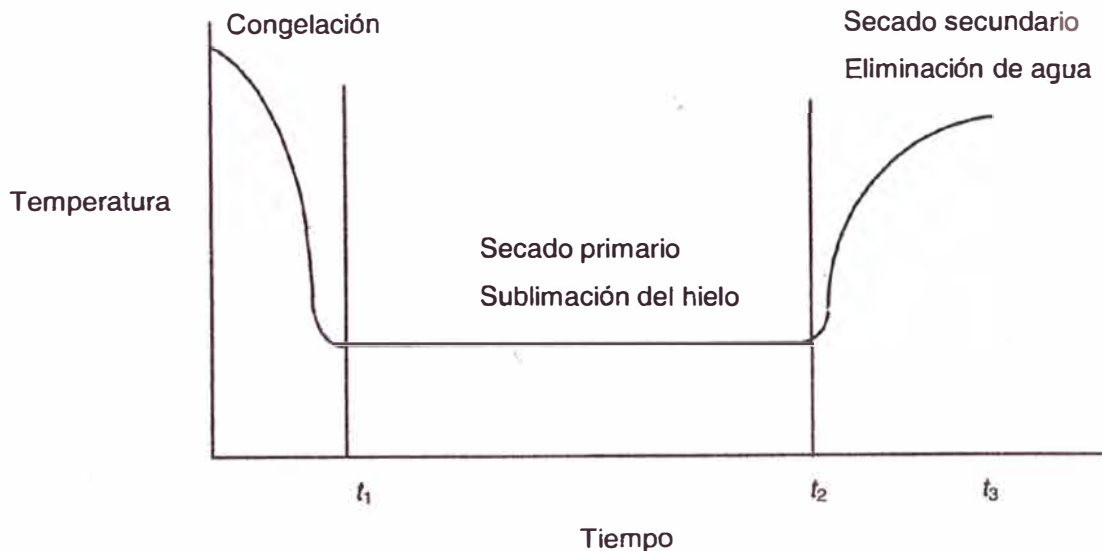


Figura 2.1 Etapas de la liofilización.

En el proceso de liofilización se presentan dos fases, inicialmente es una fase de congelación del material y la segunda es la fase de extracción del agua o secado.[3] (Geankoplis, 2011)

Fase de Congelación: La congelación debe ser muy rápida con el fin de obtener un producto con cristales de hielo pequeño, la temperatura de congelación para el agua pura permanece constante hasta que el agua se ha congelado, para la mayoría de los alimentos la temperatura de congelación es muy baja, al final de este proceso la materia entera del producto se ha convertido en rígido formando un eutéctico que consiste en cristales de hielo y componentes del alimento, en este proceso se debe evitar una fusión o la permeabilidad de la superficies congelada pues puede formar sustancias porosas y gomosas que le dan un mal aspecto al producto.

Fase de Secado: en esta fase al material se le adiciona un calor latente para que sea capaz de sublimar el hielo, se divide en tres etapas las cuales son:

I Etapa: congelación, la temperatura y tiempo de congelación de productos alimentarios es función de los solutos en solución que contiene.

La temperatura de congelación para el agua pura permanece constante en el punto de congelación hasta que el agua se ha congelado. Para los alimentos la temperatura de congelación es más baja que para el agua pura, ya que los solutos del agua no congelada se van concentrando y la temperatura de congelación va disminuyendo continuamente hasta que la solución queda congelada.

II Etapa: Sublimación del hielo bajo Vacío, en la cual la energía corresponde a calor latente de la cámara de secado el agua generada eliminada a través de poros, esto se realiza a través de diferencia de presiones y suministración de calor por conducción a través del producto congelado, o por irradiación por microondas.

III Etapa: Esta etapa inicia cuando se ha agotado el hielo del producto y la humedad proviene del agua parcialmente ligada en el material que se está secando en este momento la velocidad de calentamiento debe disminuir para mantener la temperatura del producto por debajo de 30 a 50 °C lo que evita el colapso de la materia.



Figura 2.2 fases del proceso de secado

2.2. DESCRIPCION DEL CONTROL DEL PROCESO DE LIOFILIZACION

Durante la Liofilización, resulta indispensable controlar y regular las variables que influyen en el desarrollo del proceso, generalmente se controlan el vacío, la temperatura del material a liofilizar, la del condensador y la del sistema de calefacción (temperatura del estante o placa donde se ubican los frascos o bandejas con el material a liofilizar).

Esta aplicación se divide en los siguientes bloques: el sistema de control de temperatura por debajo de cero, el sistema de control de calefacción de las bandejas portadoras y el sistema de control de vacío de la cámara de liofilización.

Para medir el vacío se puede emplear un vacuometro que mide la compresión de un volumen conocido producida por una columna de mercurio, en un capilar o bien un vacuometro eléctrico de Piraní, que consiste en una espiral de platino que se calienta con una corriente eléctrica.

El vacío se aprecia midiendo la variaciones de resistencia eléctrica que experimenta dicha espiral, esta pierde calor por convección a través del gas que la circunda, al aumentar el grado de vacío en el ambiente, disminuye la pérdida de calor por lo tanto el filamento aumenta su temperatura y también su resistencia eléctrica que es lo que se mide.

La temperatura se mide con transmisores de temperatura o termómetros de diferentes tipos bimetálicos, de termocupla, de variación de resistencia eléctrica etc.

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El proceso de liofilización se divide en dos etapas básicas: en la primera se congela el producto y en la segunda se retira el agua por sublimación (secado). Para obtener resultados óptimos es muy importante tener un buen sistema de congelación, con el fin de no dañar las estructuras internas de los productos durante la formación de los cristales de hielo, lo que produce pérdida de textura durante la rehidratación.

Inicialmente, mediante la congelación se separa el agua de los componentes hidratados del producto a través de la formación de cristales de hielo a mezclas eutécticas. Luego al sublimar estos cristales de hielo se elimina el agua del interior del producto. Cuando se ha eliminado todo el hielo, los sólidos que permanecen en el interior todavía tendrán una cierta cantidad de agua en el interior de la estructura de sus componentes, esta porción de agua se elimina aplicando una cierta cantidad de calor al producto para ser eliminada por evaporación.

3.2. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

Utilizando instrumentos de campo bajo el protocolo Foundation Fieldbus, el desarrollo del control del proceso de liofilización se realizara de una manera más sencilla y obteniendo mejores resultados del control de las variables, dándonos como resultado un producto de mayor calidad.

CAPÍTULO IV

FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE CAMPO FOUNDATION FIELDBUS

4.1. SISTEMAS DE CONTROL

Los Sistemas de control están constituidos por un conjunto de componentes relacionados entre sí, los mismos que regulan el comportamiento de un sistema (O de sí mismos) para lograr un objetivo. La búsqueda para alcanzar tales objetivos requiere normalmente utilizar un sistema de control que implante ciertas estrategias de control.

4.1.1. Tipos de Sistemas de Control

Existen diferentes tipos de sistemas de control, los que no hacen uso de una señal de realimentación que son los sistemas de control de lazo abierto y los que si hacen uso de una señal de realimentación que son los sistemas de control de lazo cerrado.

4.1.1.1. Sistemas de Control de Lazo Abierto

Aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida, es decir, que la señal de salida no influye sobre la entrada.

Su diagrama de bloques puede representarse:



Figura 4.1 Sistema de control de lazo abierto

De donde:

- E** = Señal de entrada
- S** = Señal de Salida,
- C** = Señal de control,
- R** = Señal de referencia
- P** = Perturbación,

Selector de referencia: Evalúa la señal de mando para establecer una señal de referencia, que controlará todo el proceso. El elemento de control que se encarga de esta función es el transductor (adapta la naturaleza de la señal de entrada al sistema de control).

Unidad de control: Adapta convenientemente la señal de referencia para que pueda actuar o controlar el proceso. El elemento que se encarga de esta función es el actuador.

Proceso: Realiza todas las acciones que sean necesarias para obtener la salida esperada.

En color rojo se identifican las señales que intervienen:

- E** = Señal de entrada o “de mando”(determinará cuál será el nivel de salida deseado).Puede ser manipulada por el operador del sistema, para modificar convenientemente la salida.
- S** = Salida, o “variable gobernada”(pues dependerá de la entrada o señal de mando).
- C** = Señal de control, o “variable manipulada”, es la señal de referencia convenientemente tratada para que pueda actuar sobre el proceso del sistema de control.
- R** = Señal de referencia, que guarda una relación directa con la señal de entrada.
- P** = Perturbación, constituida por todas las señales indeseadas que afectan al proceso. Pueden ser internas o externas.

Ventajas:

Facilidad de diseño.

Inconvenientes:

Incapacidad de respuesta ante perturbaciones.

4.1.1.2 Sistemas de Control de Lazo Cerrado

Aquellos en los que la acción de control depende en parte de la salida (parte de la señal de salida, convenientemente tratada, se realimenta introduciéndose de nuevo en el sistema como una entrada más).

Concepto de Realimentación: Propiedad por la cual se compara la salida con la entrada al sistema, de modo que se establezca una función entre ambas. También se la denomina "feedback".

Su diagrama de bloques puede representarse:



Figura 4.2 Sistema de control de lazo cerrado

R = Señal de realimentación.

e = Señal de error (diferencia entre los valores de entrada y salida).

Actúa sobre el sistema de control con el sentido de reducirse a cero y llegar a la salida de forma correcta.

Ventajas:

Mejor respuesta ante perturbaciones. Mejor precisión en la respuesta.

Inconvenientes:

Dificultad en su diseño. Utilización de muchos componentes.

Los principales elementos de un sistema de control en lazo cerrado son:

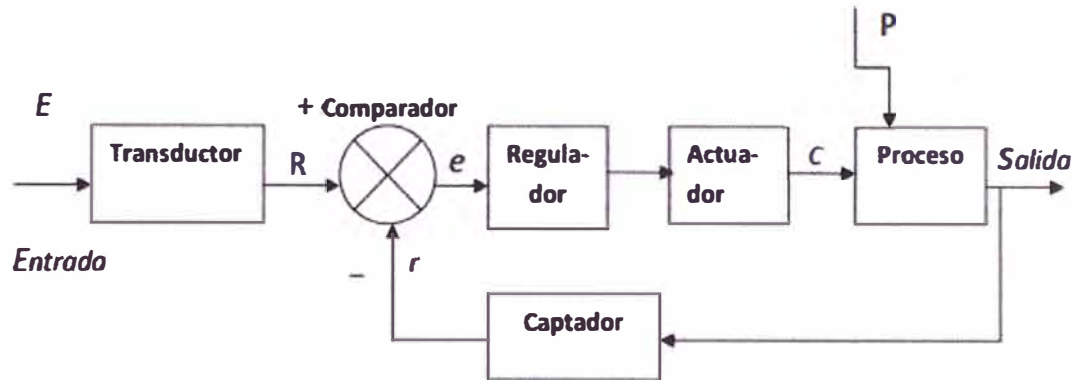


Figura 4.3 Principales elementos de un sistema de control en lazo cerrado.

Transductor: Dispositivo (sensor) utilizado para acondicionar la señal de mando (entrada), para convertirla en una señal de referencia válida.

Regulador: Es el elemento más importante de un sistema de control. Condiciona la acción del elemento “actuador”, en función del error obtenido. Su acción de control puede ser: proporcional (P), derivativa (D), integral (I), ó una combinación de éstas (PD, PI, PID).

Actuador: Elemento final del sistema de control. Actúa directamente sobre el proceso o sobre la salida.

Comparador (o detector de error): Elemento que compara la señal de referencia proveniente del selector de referencia, con la señal realimentada de la salida

Captador/transmisor: Dispositivo (sensor) utilizado en el bloque de realimentación. Acondiciona la señal de salida para introducirla en el comparador.

4.1.2 Instrumentación Industrial

Instrumentación es el conjunto de ciencias y tecnologías mediante las cuales se miden cantidades físicas o químicas con el objeto de obtener información para archivo, evaluación o actuación sobre los Sistemas de Control Automático.

Medición, es comparar una cantidad con su respectiva unidad con el fin de averiguar cuantas veces la segunda está contenida en la primera.

Entre las variables más medidas en los Procesos tenemos: Presión, Nivel, Temperatura, Flujo, Densidad, variables de análisis químico, etc.

Instrumentos convencionales

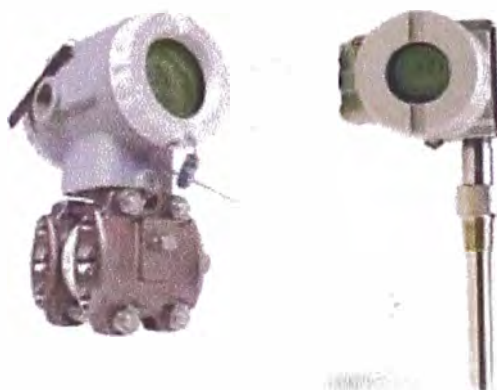


Figura 4.4 Instrumentación industrial

4.1.2.1 Parámetros de los Instrumentos de Medición Industrial

Rango: La región entre los límites dentro de los cuales una cantidad es medida, recibida o transmitida, expresada por rango de valores inferiores y superiores.

Valores máximo y mínimo del rango: Los valores más altos y más bajos que son ajustados para las medidas. Valor mínimo (LRV), Valor máximo (URV).

Estos son ajustados para cumplir los requerimientos de forma tal que el instrumento sea óptimo con respecto a la exactitud, sensibilidad y lectura.

Rango máximo y mínimo límite: Las cantidades más altas y más bajas que pueden ser ajustadas para medir.

Span: Diferencia algebraica entre los valores máximos y mínimos del rango. $\text{Span} = \text{URV} - \text{LRV}$

Resolución: El menor intervalo entre dos valores discretos adyacentes que pueden ser distinguidos uno del otro. Cuando leemos una escala analógica la resolución será $1/5$ de la magnitud de los incrementos de la escala.

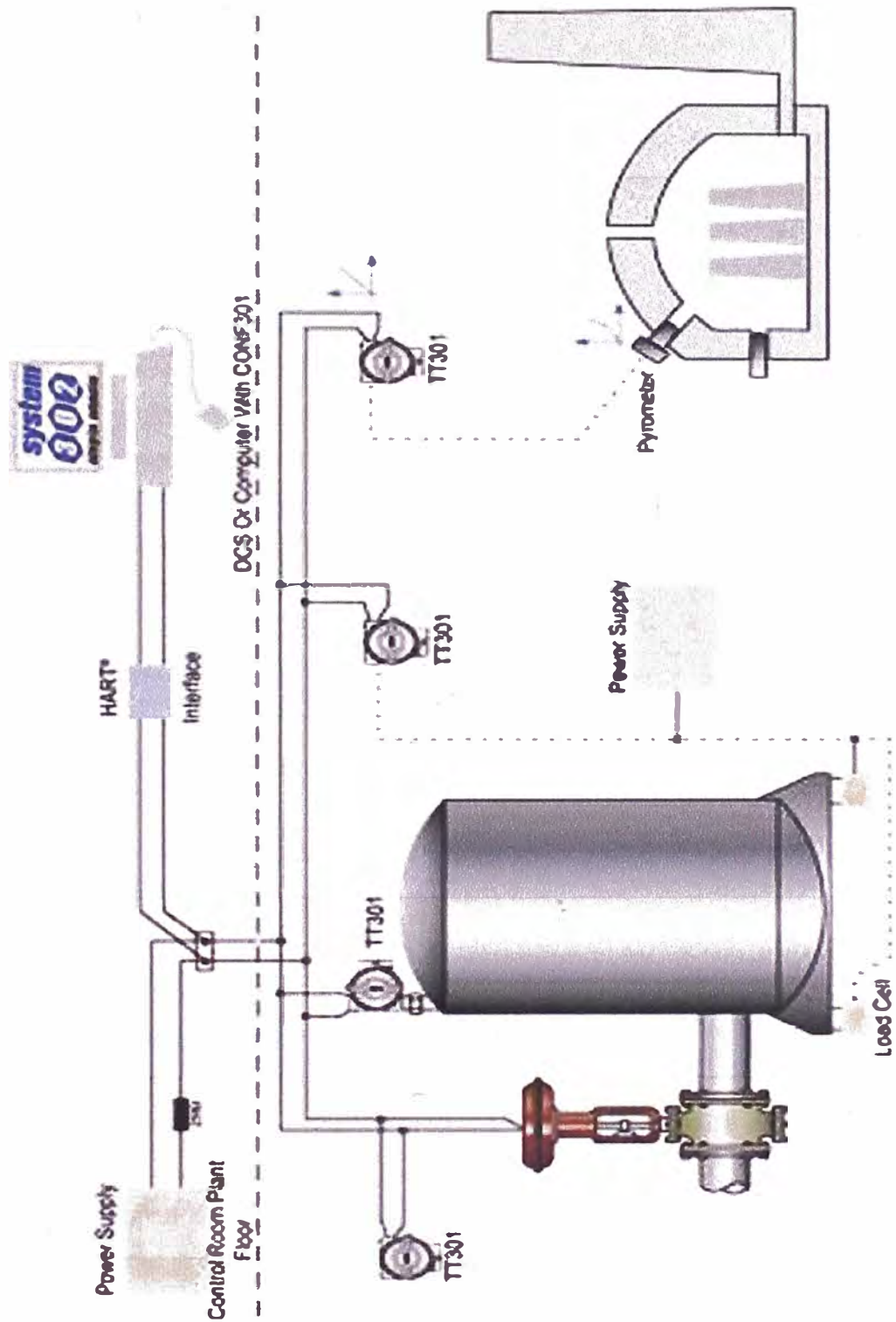


Figura 4.5 Instrumentos en red

4.1.3 Evolución de la Arquitectura de los Sistemas de Control de Campo FIELDBUS

La situación fue evolucionando progresivamente, hasta que el desarrollo de los procesadores digitales en los años 70 introdujo el uso de computadores para monitorizar y controlar los sistemas de instrumentación desde un punto central.

La naturaleza específica de las tareas a controlar exigió que se diseñasen un gran número de instrumentos y métodos de control a medida para las diferentes aplicaciones. Poco tardo en producirse un auténtico boom, cuando comenzó a utilizarse el sistema de 4 a 20mA que comenzaría una auténtica estandarización sobre la interconexión de los dispositivos de campo, y que más tarde acabaría siendo reemplazado por los buses de campo.

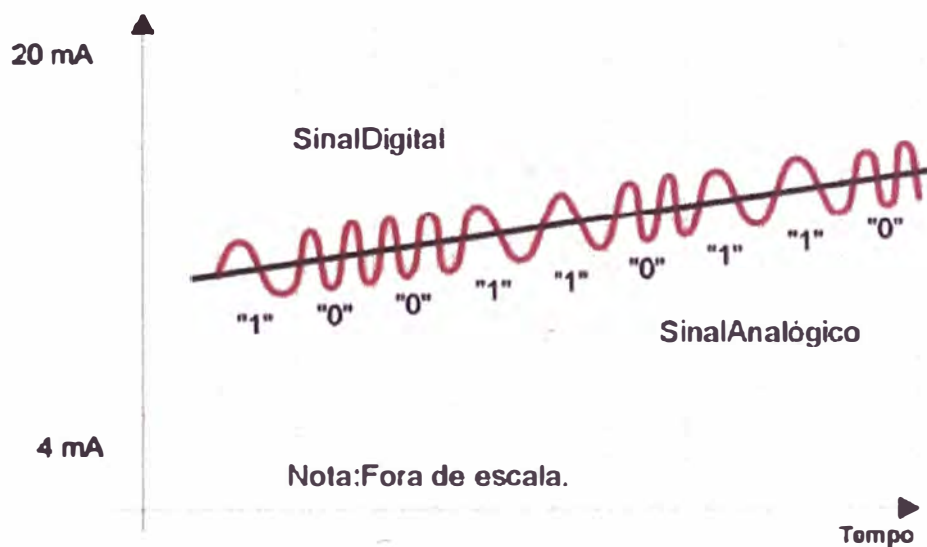


Figura 4.6 Señal 4 a 20mA y digital de buses de campo.

Estos últimos presentaban varias ventajas que propiciaron su gran despliegue: gracias a comunicarse digitalmente permiten una comunicación bidireccional y redundante, evitan los problemas inherentes a una transmisión analógica (distorsión, ruido, etc.), y sobre todo, permiten conectar varios dispositivos a un mismo cable reduciendo así los costes de instalación y mantenimiento.

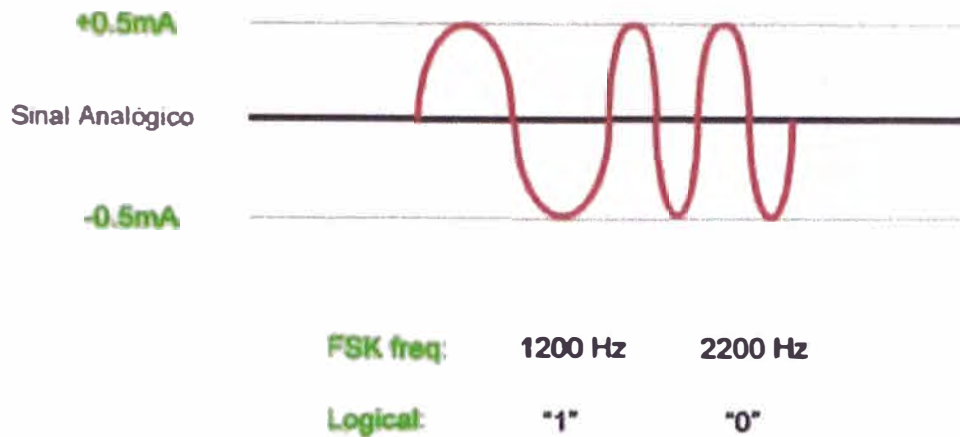


Figura 4.7 Frecuencias de la señal digital en buses de campo.

Los primeros buses de campo empezaron a verse ya desde los primeros años de la década, pero habría que esperar hasta mediados los años 80 para que empezase el auténtico trabajo de estandarización.

La idea básica detrás del estándar es que establece una especificación formal que por una parte impide los cambios rápidos, dando una cierta estabilidad al usuario e incluso a los fabricantes, y por otra parte permite que varios proveedores fabriquen productos inter conectables, lo que proporciona al usuario una mayor libertad y variedad a la hora de elegir productos.

Sin embargo, es otra característica de los estándares la que originó una auténtica "guerra de buses" que comenzó a partir de estos años: en muchos países los estándares tienen valor legal, de forma que si el gobierno acepta un estándar en una aplicación, es obligatorio utilizarlo. Así un sistema estandarizado consigue una ventaja competitiva sobre los rivales no estandarizados.

Conseguir que unas especificaciones fuesen aprobadas a nivel nacional no era demasiado complicado ya que hay mucha menos competencia dentro de un único país, y la mayoría de los buses de campo más relevantes pronto se convirtieron en estándares nacionales. Los problemas empezaron cuando se empezaron a buscar soluciones internacionales.

En la segunda mitad de los 80, el esfuerzo de desarrollar buses de campo lo realizaba principalmente Europa, movida por proyectos de investigación que aún tenían un contexto muy académico, así como por muchos desarrollos propietarios. Los dos resultados más prometedores fueron FIP por la parte francesa y Profibus por parte de Alemania. Ambas fueron estandarizadas a sus respectivos niveles nacionales y finalmente propuestas a la IEC para su estandarización internacional.

Desafortunadamente las filosofías de los dos sistemas eran completamente diferentes. Profibus estaba basada en una idea de control distribuido y en su forma original soportaba una comunicación vertical orientada a objetos, de acuerdo con un modelo cliente servidor similar al de MAP/MMS.

FIP Por su parte estaba diseñado con un control centralizado pero capaz de implementar esquemas de control estrictamente de tiempo real, empleando una comunicación horizontal según el modelo productor-consumidor o publicador-suscriptor. Siendo tan diferentes, los dos sistemas eran apropiados para áreas de aplicación complementarias.

En 1992 surgieron dos grupos, cada uno compuesto por muchas compañías del sector de alrededor del mundo, para ofrecer una solución al mercado de los buses de campo.

La ISP (Interoperable Systems Project) y WorldFIP (fundación creada alrededor de FIP), que pese a que tenían distintos puntos de vista de la implementación de los buses de campo ofrecieron modificar sus productos para dar cabida a las prestaciones del otro.

En una extensión de FIP (WorldFIP), se le añadió la funcionalidad del modelo cliente servidor. Por su parte, la ISP intentó demostrar que se podía mejorar Profibus con el modelo publicador-suscriptor; su intención era crear un bus internacional para uso en entornos peligrosos.

Para los años 90, WorldFIP y Profibus PA se seguían peleando en sus respectivos terrenos, y la IEC aún no había conseguido ningún avance significativo. La única excepción fue la definición de la capa física, que se adoptó como el estándar IEC 61158-2 ya en 1993, y que fue muy utilizada desde entonces sobre todo en el área de la automatización.

Sobre la capa física, sin embargo, los borradores se volvieron más y más comprensivos, intentando dar cabida a todos los sistemas. Así que en Septiembre de 1994, tras varios años de luchas, WorldFIP y la ISP se unieron para convertirse en la Fieldbus Foundation. El objetivo de la Fieldbus Foundation era crear un único bus de campo internacional para entornos peligrosos. Profibus PA (la organización de usuarios de Profibus) siguió persiguiendo el mismo objetivo por su cuenta.

Mientras Profibus PA tiene sus raíces y su mayor comunidad de usuarios en Europa, los fabricantes y usuarios de Foundation Fieldbus están concentrados en América y Asia. La FF utilizó algunos elementos de FIP para la especificación de su bus de campo, así como (al igual que Profibus PA) detalles de la especificación de ISP. Por este motivo el diseño físico del bus es casi idéntico en ambos buses de campo. La interfaz de aplicación, basada en bloques funcionales, también tiene muchas características similares.

A estas alturas, pese a la falta de un estándar internacional, los diferentes buses de campo ya se habían hecho un hueco en el mercado. Debido a ello, la CENELEC tomó una decisión salomónica que sería repetida posteriormente por otras agencias de estandarización:

Aceptar todos los buses de campo. De ahí surgieron los estándares EN 50170, EN 50254 y EN 50325 en 1996, 1998 y 2000.

En 1999 el IEC realiza una tarea similar: crea un estándar en el que incorpora todos los buses, pero con la diferencia de que los dividía en partes: la capa física, capa de aplicación, etc.

Por su parte, la FF, había decidido realizar un bus práctico sin la exigencia de dar cabida a todos los sistemas previos, para conseguir resultados más rápidamente. Inicialmente dividieron el trabajo en dos secciones: H1 que servía un bus de campo de baja velocidad, y H2, que servía su equivalente de alta velocidad.

En 1998 surge por primer vez la posibilidad de combinar Ethernet con Foundation Fieldbus para crear una red de control de alta velocidad, y se menciona por primera vez HSE (High Speed Ethernet). El proceso de desarrollo también fue muy rápido, y en Marzo de 2000 se publicaron las especificaciones finales.

4.1.4 Definición de Foundation Fieldbus

La tecnología Foundation Fieldbus es una red de comunicación digital, bidireccional, de tipo multidrop usada para interconectar dispositivos de campo inteligentes, tales como transmisores y actuadores.

Una red Foundation Fieldbus está formada por uno o más segmentos. Cada segmento típicamente puede contener varios dispositivos activos. Una fuente de alimentación eléctrica (para los dispositivos alimentados por la red), y terminación localizado en los extremos de cada segmento.

Debido a que Foundation Fieldbus es un protocolo completamente digital, las reglas para diseño, instalación y mantenimiento de su cableado son muy diferentes al de las instalaciones 4 – 20 mA. Estos se pueden resumir en:

- La capacidad de conectar múltiples dispositivos del campo a un solo segmento de bus.
- La capacidad de transmitir la información de diagnóstico del dispositivo del campo a un sistema de supervisión central.
- La capacidad de migrar los algoritmos sencillos de control central a los dispositivos del campo.

4.1.5 Redes de Comunicación Industrial

Según la jerarquización de las redes de comunicación en la industria, se pueden definir dos grupos en la empresa:

- Redes de información.
- Redes de campo.

Las primeras se ubican en la parte alta de la jerarquía CIM y las últimas en la parte baja. En la figura 4.8 se muestra cómo se posicionan los tipos de redes en un modelo CIM.

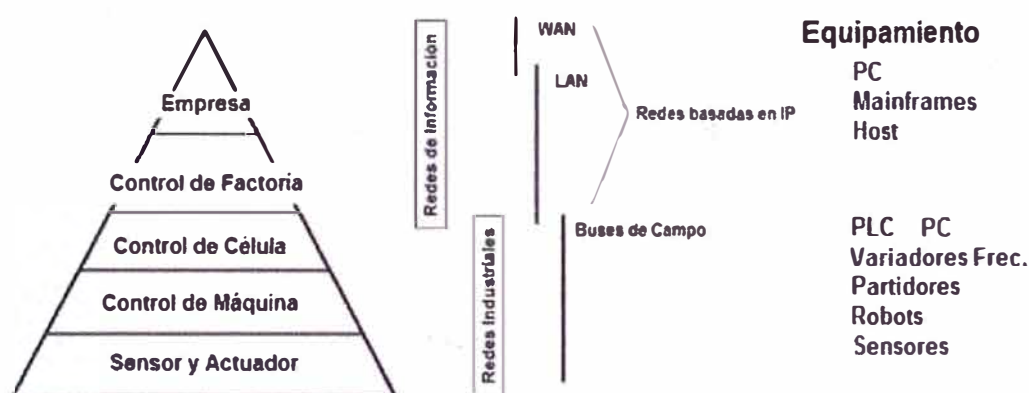


Figura 4.8 Posicionamiento de las redes de información e industriales y equipamiento típico frente al modelo CIM

Foundation Fieldbus hace parte de las redes de campo, las cuales se ubican, en un sentido ascendente, en los niveles de sensor/actuador, campo y célula dentro del modelo CIM. Son redes utilizadas para conectar distintos procesos de aplicación con el propósito de asegurar la explotación de la instalación (comando, supervisión, mantenimiento y gestión). Provee servicios bajo restricciones temporales (tiempo real) y están constituidas por protocolos capaces de gestionar estas restricciones (garantiza que las restricciones de tiempo serán respetadas con cierta probabilidad). A diferencia de las redes de información, están diseñadas para enfrentar un tráfico formado por un gran número de pequeños paquetes, intercambiados con frecuencia entre un alto número de estaciones que forman la red y que muchas veces trabajan en tiempo real.

Es un bus de funcionalidad alta. A esta categoría pertenecen los niveles de control y de información. Es decir, comunican las capas superiores del modelo CIM con las inferiores. Por ello, estas redes deben ser capaces de soportar comunicaciones a nivel de todos los niveles de la producción CIM. Aunque se basan en buses de alta velocidad, algunos presentan problemas debido a la sobrecarga necesaria para alcanzar las características funcionales y de seguridad que se les exigen. Entre sus características incluyen:

- Redes multi-maestro con redundancia.
- Comunicación maestro-esclavo según el esquema pregunta-respuesta.
- Recuperación de datos desde el esclavo con un límite máximo de tiempo.
- Capacidad de direccionamiento unicast, multicast y broadcast.
- Petición de servicios a los esclavos basada en eventos.
- Comunicación de variables y bloques de datos orientada a objetos.
- Descarga y ejecución remota de programas.
- Altos niveles de seguridad de la red, opcionalmente con procedimientos de autenticación.
- Conjunto completo de funciones de administración de la red.

4.1.5.1 Protocolo de Comunicaciones Industriales Foundation Fieldbus

El estándar IEC 61158 define las especificaciones para el diseño e instalación de red Foundation Fieldbus, en los aspectos relacionados con la longitud y tipos de cables, las terminaciones, etc.

Algunas de las reglas pueden desviarse, y la red resultante todavía puede operar satisfactoriamente. Hay solo unas pocas reglas que son absolutas.



Figura 4.9 Logo de la Foundation Fieldbus

4.2 Redes Fieldbus

FOUNDATION Fieldbus es un sistema de comunicación digital, serial, bidireccional que sirve como red a nivel básico de automatización en una planta industrial.

Sus estándares de comunicación están regulados por la ANSI/ISA 50.02, IED 61158 Y CENELEC EN50170:1996/A1.

- **HSE** (High-speed Ethernet) 100 Mbit/sec
- **H1** 31.25 Kbit/sec

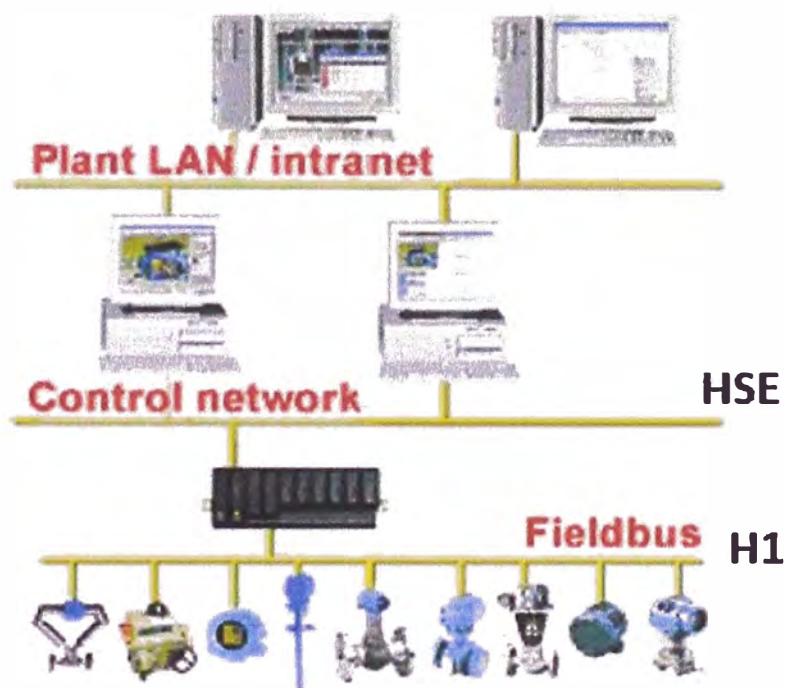


Figura 4.10 Red Fieldbus.

4.2.1. Instalación

Una instalación basada en Fieldbus necesita llegar a un compromiso entre la reducción de la inversión capital y el requisito para una buena confiabilidad, seguridad y mantenibilidad de la planta.

En el diseño de una instalación de Fieldbus algunas filosofías básicas tienen que ser definidas. Una filosofía global del control se debe preparar para identificar los requisitos básicos de confiabilidad, interface del operador, niveles de mayores jerarquías, los sistemas de protecciones, nivel de disponibilidad del sistema, la estrategia de control, y tiempo de respuesta para los lazos/eventos críticos.

4.2.2 Topología de Segmentación de Bus

Se requiere una definición de los principios a usar para el cableado. Este debe incluir los tipos de cable a usar, las reglas básicas en el funcionamiento de troncales y ramales, la forma de conexión de los dispositivos, la caída de tensión, etc., incluso las limitaciones de distancia.

También incluirá la guía de nivel de seguridad para cubrir las posibles fallas de segmento del bus o de suministro de alimentación eléctrica. Las restricciones de ruta de cable y ubicación de caja de conexiones debido a las regulaciones de espaciamiento de seguridad del proceso deben ser considerados.

Sistema de Monitoreo y Control de Procesos

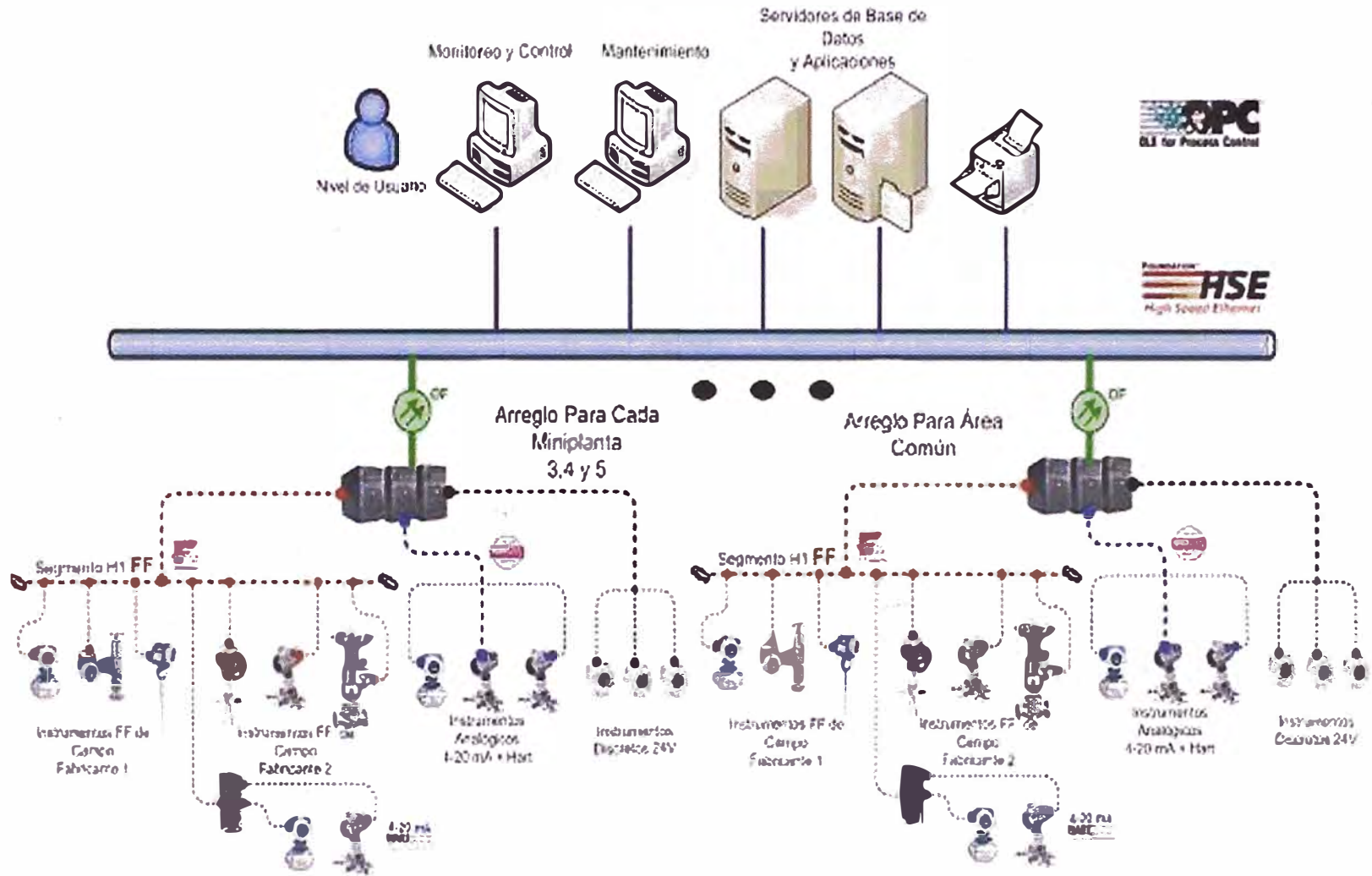


Figura 4.11 Topología de Segmentación de Bus

4.2.3 Conexiones en los Segmentos del Bus

Se requieren definición del número y función de los equipos a ser conectado en cada segmento del bus, considerando las restricciones físicas, la posibilidad de falla del segmento, la distribución apropiada de los dispositivos de campo para lazos de control multivariables y/o cascada y las necesidades de expansión futura. Se requiere definición de cómo conectar los instrumentos analógicos o discretos convencionales como termocuplas o interruptores e instrumentos no Foundation Fieldbus.

4.2.4 Configuración

Se deben definir la localización de los algoritmos de control y las opciones para la configuración del algoritmo. Lo mismo aplica para las alarmas. Los requerimientos de lazos rápidos de control y/o secuencias de eventos deben ser identificados.

Se debe revisar la programación o configuración de ejecución de las funciones de los bloques funcionales para asegurar el tiempo de respuesta apropiado. Las herramientas y método para realizar la configuración ser identificado y un procedimiento de control de cambios debe ser desarrollado.

Después de que el diseño del sistema ha sido realizado y los dispositivos han sido seleccionados, la configuración de los dispositivos es realizada por la conexión de los Bloques de Función de entradas y salidas en cada dispositivo, según se requieran en la estrategia de control. (ver Figura 4.7). Después de que todos los bloques de conexión y otros elementos de configuración tales como los nombres de dispositivos, identificación y ejecución de lazos han sido ingresados, la configuración genera información para cada dispositivo que pertenece al sistema Fieldbus. Un lazo único puede ser configurado si hay un dispositivo de campo que actúe como enlace maestro. Ésta configuración permitirá la operación continua del lazo sin un dispositivo de configuración o una consola central. (Ver Figura 4.8). Una vez los dispositivos han recibido sus respectivas configuraciones, el sistema se convierte en operacional.

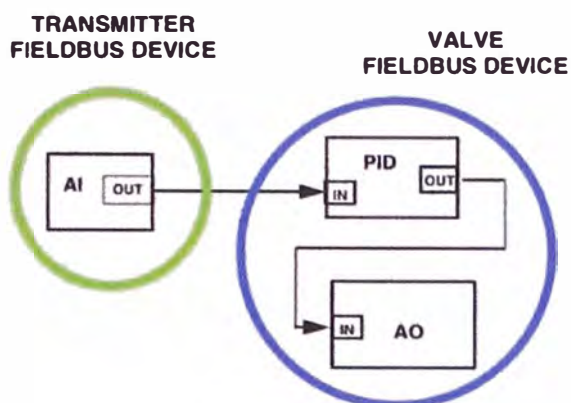


Figura 4.12 Conexión de bloques de función de entradas y salidas para la configuración de la red.

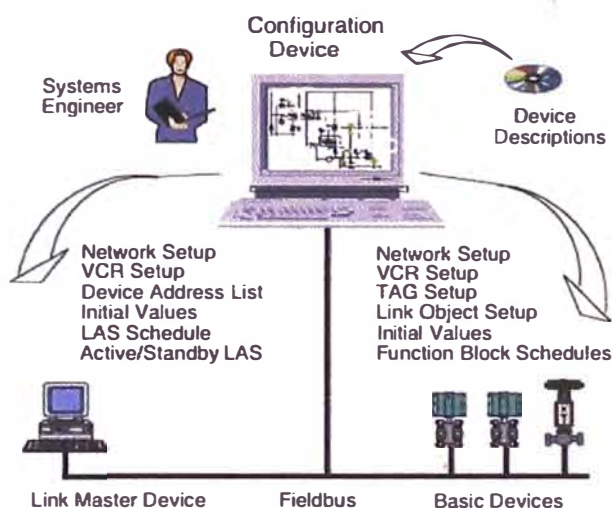


Figura 4.13 El Dispositivo de configuración genera toda la información necesaria para la configuración de Fieldbus.

4.2.5 Niveles de Interoperabilidad

La interoperabilidad es la capacidad que poseen varios sistemas heterogéneos de intercambiar información e interpretarla de la misma manera. Dos niveles de interoperabilidad son considerados:

No interoperable – Pueden conectarse a la red sólo dispositivos de un fabricante específico. Esos dispositivos tienen Bloques Funcionales y parámetros, normalmente de tipo propietario y no compatible con los dispositivos de otros fabricantes.

Interoperable – Pueden conectarse dispositivos Certificados de cualquier fabricante en la red. Los dispositivos tienen bloques funcionales compatibles que siguen la especificación de Capa de Usuario del Perfil de Dispositivo del estándar IEC 61158 y usan parámetros no confidenciales.

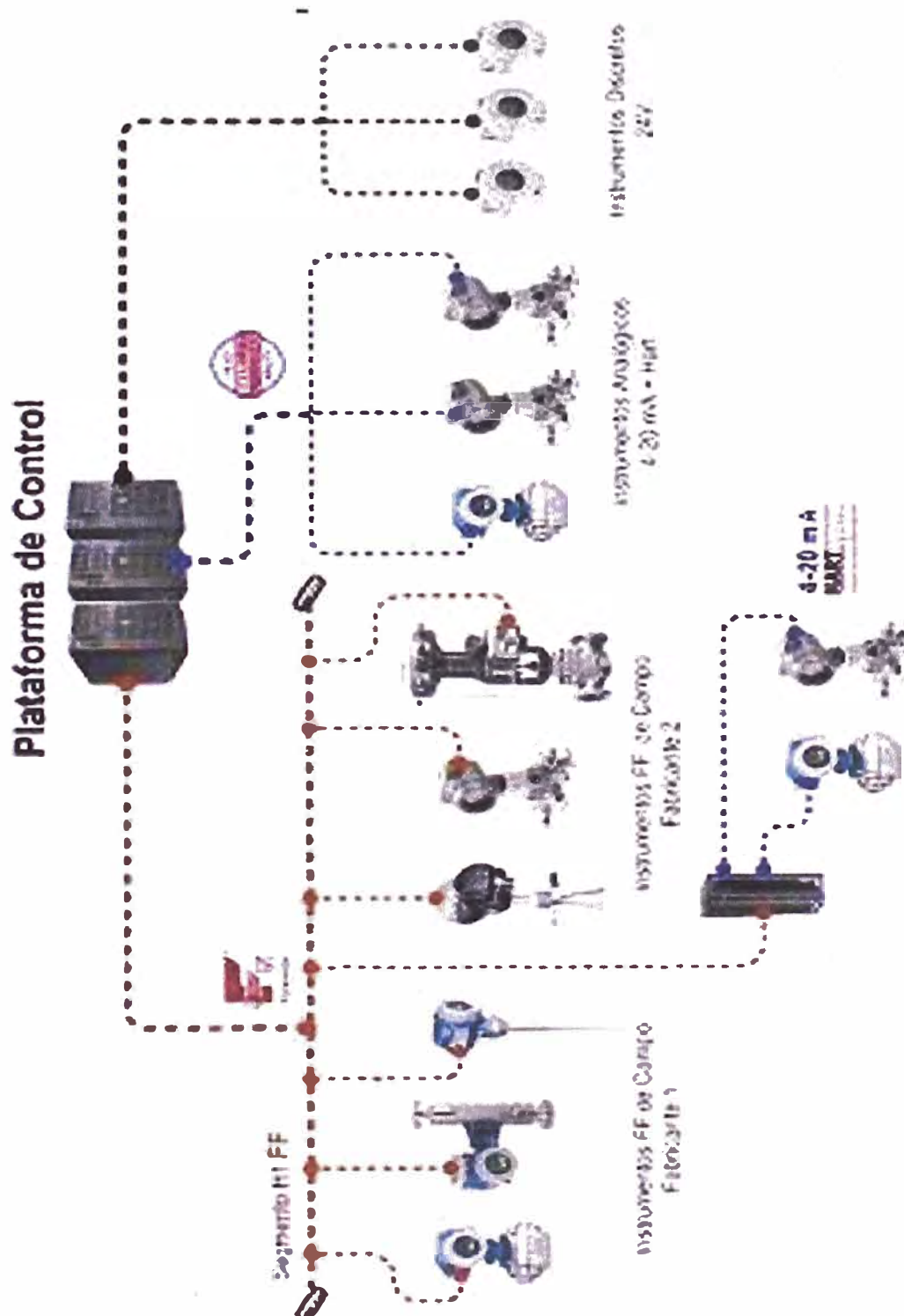


Figura 4.14 Niveles de Interoperabilidad

Toda red Fieldbus a ser usada en atmósfera potencialmente inflamable se debe diseñar e instalar y operar cumpliendo las regulaciones para las áreas riesgosas en los aspectos de zona, grupo de gas y temperatura. Ésta es una regla absoluta.

4.2.6. Cable de Foundation FIELDBUS

Foundation Fieldbus tipo H1 de 31.25 kbit/s, usa como medio de transmisión el cable de par trenzado.

Foundation Fieldbus tipo H1 de 31.25 kbit/s no requiere el uso de cable de comunicación de calidad especial. Pero la calidad del cable impacta en la longitud máxima en que las comunicaciones se pueden mantener en forma confiable. (Véase tabla 4.1)

El cable óptimo lo define el IEC 61158-2, Norma de la Capa Física, Cláusula 22.7.2. El cable del Fieldbus preferido es llamado cable del Fieldbus tipo "A". Este es un par trenzado apantallado.

El cable alterno preferido es el cable del Fieldbus Tipo "B". Este es un cable de múltiples pares trenzados con una pantalla externa global. Un cable menos preferido es el llamado cable de Fieldbus Tipo "C". Este es un par trenzado sencillo o múltiple, sin pantalla. Este tipo de cable se debe instalar dentro de canalización metálica conectada a tierra o tendido contra una superficie de metal conectada con tierra.

El cable de menor preferencia es el cable de Fieldbus Tipo "D". Este es un cable de conductor múltiples no trenzados, pero con una pantalla externa global.

Tabla 4.1 Tipos de cables y sus distancias máximas.

| Tipo | Descripción | Sección | Long. Max |
|------|------------------------------------|---------|-----------|
| A | par trenzado con blindaje | #18 AWG | 1900m |
| B | multi-par trenzado con blindaje | #22 AWG | 1200m |
| C | multi-pares trenzado sin blindaje | #26 AWG | 400m |
| D | múltiples conductores sin blindaje | #16 AWG | 200m |

La única manera segura de determinar si el cable existente es conveniente para una red Foundation Fieldbus o si un nuevo cable se ha instalado correctamente es usando un Probador de cable de Fieldbus. Consiste en un Transmisor y un Receptor. Estos se conectan a los extremos del cable a ser probado. Los indicadores en el Receptor indican si el par del conductor puede llevar las señales de Fieldbus.

Un voltímetro digital ordinario puede usarse para probar la resistencia entre el par de conductor y la resistencia de cada conductor con respecto a la pantalla.

En cables apantallados, el aislamiento medido entre la pantalla del cable y la tierra de dispositivo de Fieldbus deberá ser mayor de 250 kOhms en cualesquiera frecuencias menor de 63 Hz.

4.2.7 Segmento de Foundation Fieldbus.

Una red Foundation Fieldbus lo conforma uno o más segmento. Cada segmento tiene un par conductor principal llamado troncal y varios pares derivados llamados ramales, a los cuales se conectan los dispositivos. Básicamente una troncal es el cable más largo entre cualquier dos dispositivo en la red, se llaman ramales a todas los otros pares conectados al troncal.



Figura 4.15 Segmento de Foundation Fieldbus.

Sólo dispositivos Foundation Fieldbus pueden conectarse a una red Foundation Fieldbus. Esta es una regla absoluta. Aunque es obvio, no pueden conectarse dispositivos que no sean certificados del tipo Foundation Fieldbus a la red. Todos los dispositivos se conectan en paralelo a la troncal de la red. Los dispositivos se pueden conectar al troncal con o sin cable ramal. Un ramal puede conectar más de un dispositivo a la red. El número de dispositivos que se puede conectar depende de la longitud del ramal.

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1. FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN

La Liofilización es una forma de desecado en frío que sirve para conservar sin daño los más diversos materiales biológicos. El producto se conserva con muy bajo peso y a temperatura ambiente y mantiene todas sus propiedades al rehidratarse, olor y color. En el proceso, primero se congela el material, y luego el hielo se elimina por sublimación.

El proceso de Liofilización consta de dos etapas: congelación y secado. La congelación debe ser muy rápida con el objeto de obtener un producto con cristales de hielo pequeños y en un estado amorfo. La etapa de secado se realiza a presiones bajas para permitir la sublimación del hielo. En la Figura se presenta un diagrama de fases del agua.

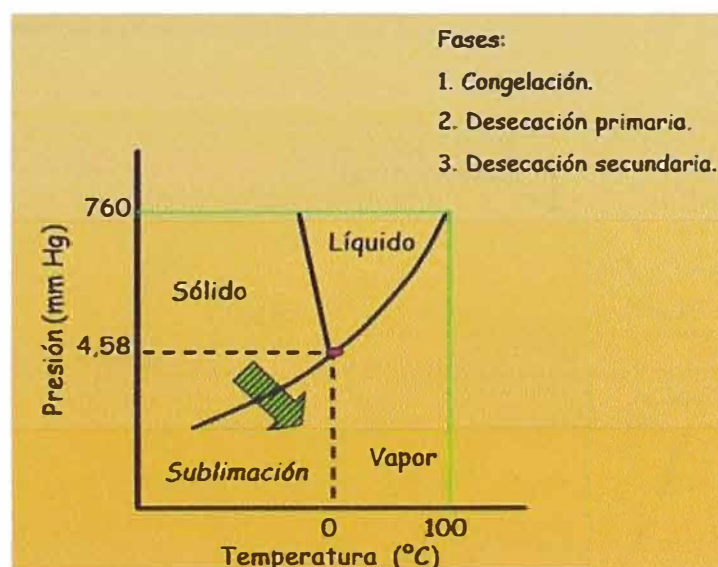


Figura 5.1 Fases del Agua.

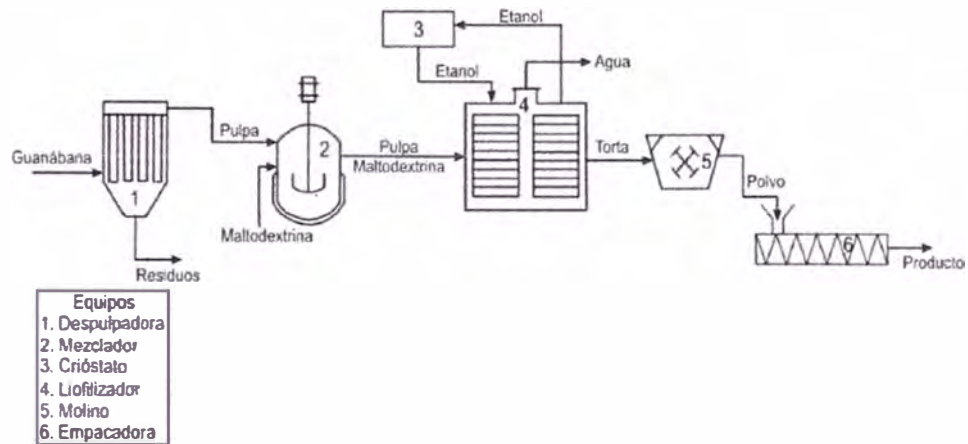


Figura 5.2 Ejemplo del proceso de Liofilización de la pulpa de la guanábana.

El proceso de liofilización se desarrolla en tres fases:

- 1- Fase de precongelación hasta la temperatura en la que el material está completamente sólido, que será inferior a 0°C .
- 2- La fase de sublimación propiamente dicha, también llamada "deseccación primaria" en la que se elimina alrededor del 90% del agua. Lo que lleva al producto a una humedad del orden del 90%. Se elimina el hielo libre.
- 3- La fase de "desorción" o "deseccación secundaria", que elimina el 10% de agua ligada restante. Con lo que se puede llegar hasta productos de una humedad del 2%. Esta fase consiste en una vaporización a vacío, a una temperatura positiva de 20 a 60°C .



Figura 5.3 Sublimación

5.2 PROCESO DE LA LIOFILIZACIÓN

Se realiza a temperaturas inferiores a la de solidificación total, o sea, el producto debe estar congelado a temperaturas entre 10 y 15 °C por debajo de su temperatura auténtica para evitar la formación de coágulos de H₂O.

Congelación inicial: Es una operación previa y obligatoria. El tiempo de duración depende de varios factores como la cantidad, concentración y naturaleza propia del producto. En líneas generales podemos decir que una congelación adecuada es la base de que el producto liofilizado presente óptimas condiciones de aspectos, conservación de sus propiedades originales y rápida rehidratación.

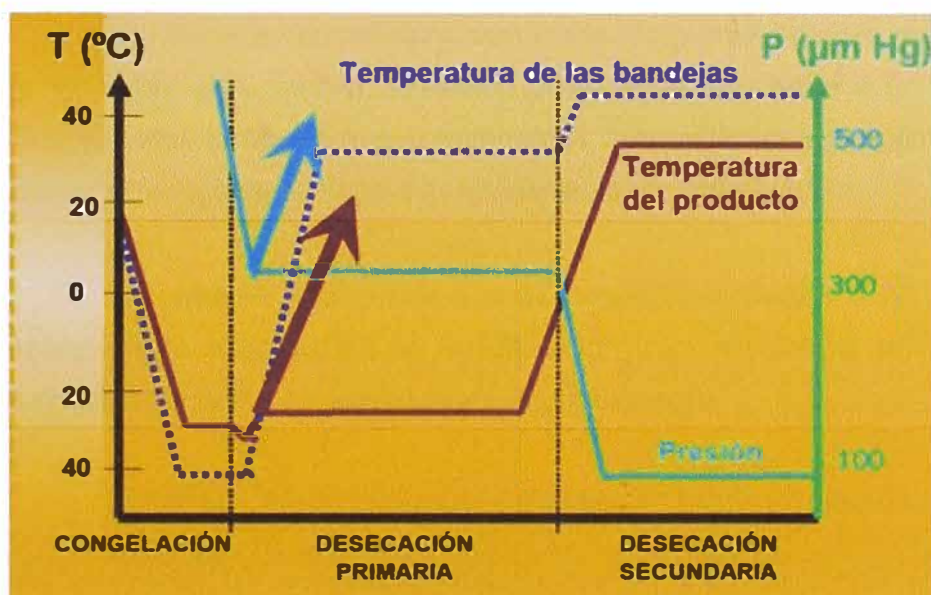


Figura 5.4 Etapas del control del proceso de liofilización.

Sublimación o desecación primaria: Es la etapa en la que la mayor parte del agua libre pasa a vapor. Los parámetros temperatura, presión y tiempo pueden ser modificados independientemente pero están íntimamente relacionados, no es posible modificar, sin que se afecten los otros, por lo que en todo momento deben ser considerados conjuntamente y analizados sus efectos.

Desorción o desecación secundaria: Su misión es eliminar las últimas trazas de vapor de agua, evaporando el agua no congelada ligada al producto. Se

lleva acabo a una temperatura inferior a la de desnaturalización del producto y se logra una humedad final hasta valores inferiores al 1 %.

5.2.1 Congelación

La acción deshidratadora básica es la formación de hielo. Antes se pensaba, de que la sublimación del agua era el paso más importante, sin embargo ha quedado demostrado que la congelación es igual o aún más trascendente para el curso exitoso de la Liofilización, ya que en esta etapa se crean las condiciones que culminarán con un secado óptimo y aún más, se determina la calidad del producto seco.

Conforme la temperatura desciende el agua se congela, se cristaliza, se solidifica; este cambio de estado propicia ciertos cambios en el sistema biológico que pueden o no ser reversibles, dependiendo principalmente de la manera con la cual se llegó a la temperatura de solidificación.

Es también importante que la temperatura llegue a un punto por debajo de la temperatura de solidificación y se mantenga ahí durante la liofilización o cualquier almacenamiento intermedio.

El método de congelamiento se escoge según el producto mismo, el curso de la temperatura de congelación y el tipo de envase en que se encuentra el producto.

El punto de congelación de un alimento dado se debe en gran parte, a la naturaleza de los constituyentes solubles y a la concentración relativa de aquellos, cuyas propiedades hacen descender el punto de congelación.

5.2.1.1 El proceso de congelación puede dividirse en dos fases:

1. Formación y crecimiento de cristales de hielo.
2. Descenso de la temperatura hasta el punto eutéctico del producto, garantizándose cristalización completa.
3. Los resultados obtenidos por la liofilización son influidos considerablemente por la velocidad con la que se congelan.

4. La congelación rápida o duradera es un proceso a través del cual la temperatura, de los alimentos desciende aproximadamente unos -20°C en 30 minutos.
5. La congelación lenta es un proceso en que la temperatura deseada se alcanza en 3 a 72 horas, tal como sucede en los aparatos domésticos de refrigeración.

Si la temperatura cae lentamente estos cristales se unen para formar cristales más grandes que, al aumentar de tamaño, causan lesiones en las células por ruptura de la membrana o pared celular y estructuras internas, de forma de que al rehidratarse el producto aparece con una textura y sabor bastante diferente al original siendo imperativo, dado el caso, "no volver a congelarlos alimentos una vez que han sido congelados". Del mismo modo podemos decir que con una rápida congelación se obtienen cristales pequeños.

El tamaño de los cristales define en gran medida la apariencia del producto. Un preparado con cristales muy pequeños tendrá una vez seco, una apariencia mucho más clara que un producto que tenía cristales más grandes y que fue lentamente congelado.

5.2.2 Sublimación

La sublimación del agua tiene lugar por debajo del punto triple que es el aquel donde coexisten los tres estados físicos o lo que es lo mismo, donde las tres fases se hallan en equilibrio.

En la Liofilización de alimentos el problema es más complejo debido a la existencia descompuestos sólidos y soluciones líquidas de composición determinada, por lo que es necesario operar debajo de la temperatura eutéctica del producto.

Congelado el producto se inicia el proceso de la sublimación del agua mediante la transmisión de calor.

El suministro de calor al producto congelado se puede hacer por conducción, radiación o fuente de microondas. Los dos primeros se utilizan comercialmente combinándose su efecto al colocarse el producto en bandejas sobre placas calefactoras separadas una distancia bien definida. De esta manera se consigue calentar por conducción, en contacto directo desde el fondo y por radiación, desde la parte superior.

Características del espacio de bandejas

Espacio entre las placas calefactoras y las bandejas (recipientes de productos): No mayor de 0.5 mm.

Presión dentro de la cámara: No menor de 0.5 mbars, por cuanto hay que considerar que al ir bajando la presión se va reduciendo el número de partículas de gas dentro de la cámara, de tal forma que la calefacción por convección es mínima a una presión de 10 mbars. y prácticamente nula a una presión por debajo de 10-2 mbars.

Al comenzar el proceso, el hielo se sublima de la superficie del producto, retrocediendo el nivel de sublimación dentro de él, teniendo entonces que pasar el vapor por capas ya secas para salir del producto.

El calor es requerido en las zonas límites, punto en el cual el hielo pasa de la forma sólida a la gaseosa.

Debido a la temperatura máxima admisible y a la pobre conductividad térmica del producto, el gradiente de temperatura necesaria se hace siempre mayor, debiendo cuidar de no sobrepasar la temperatura máxima admisible para el producto, a fin de no ocasionar daños en él y al mismo tiempo evitar el descongelamiento.

Para tener una liofilización buena y rápida es necesario poder controlar exactamente la temperatura de las placas y tener la posibilidad de regular la presión total y parcial del sistema. El proceso de secado se divide en dos partes: el principal y el final. El principal dura mientras halla hielo por

sublimar. Lo importante en él es transferir al producto una cantidad óptima de calor, a la presión más alta posible.

Durante el secado final, lo importante es lograr condiciones de presión (caída de presión) que permitan el secado del producto a humedades residuales mínimas, de modo que pueda retirarse el agua intramolecular y ligada por absorción.

El principio fundamental en la liofilización es la sublimación, el cambio de un sólido directamente en un gas. Justo como la evaporación, sublimación ocurre cuando una molécula gana bastante energía para romperse libremente de las moléculas alrededor de ella. El agua sublimará de un sólido (hielo) a un gas (vapor) cuando las moléculas tienen bastante energía a romperse libremente pero las condiciones no están a la derecha para que un líquido forme.

Hay dos factores importantes que se determinan qué fase (sólido, líquido o gas) tomará una sustancia: calor y presión atmosférica. Para que una sustancia tome cualquier fase particular, la temperatura y la presión deben estar dentro de cierta gama. Sin estas condiciones, esa fase de la sustancia no puede existir.

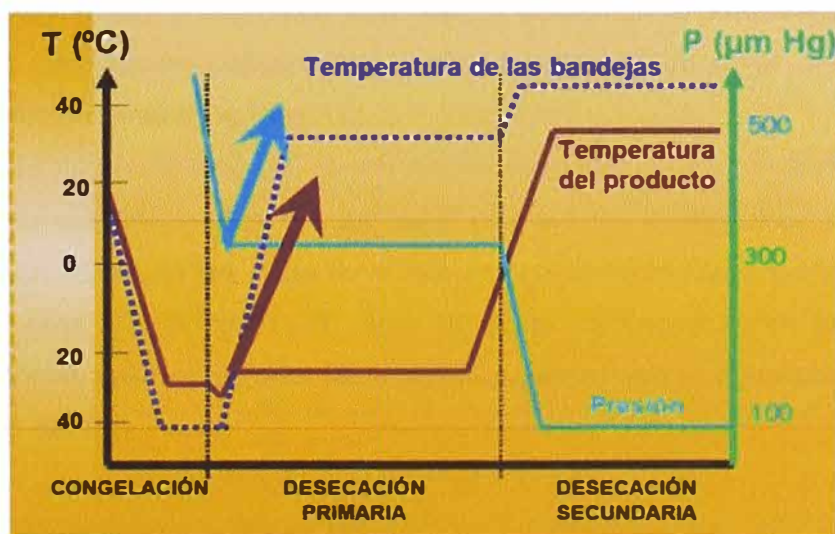


Figura 5.5 Fases del control del proceso de la Liofilización.

5.3 PLANTAS PARA EL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN

Una planta típica consiste en un compartimiento de la Liofilización con varios estantes unidos a las unidades de calefacción, una bobina que congela conectada con un compresor del refrigerador, y una bomba de vacío.

El material que se preservará es puesto sobre los estantes cuando todavía no está congelado. Cuando se sella o cierra el compartimiento y comienza el proceso, la planta hace funcionar los compresores para bajar la temperatura en el compartimiento. El material ahora es el sólido congelado, que separa el agua de todo alrededor de él, en un nivel molecular, aunque el agua todavía está presente.

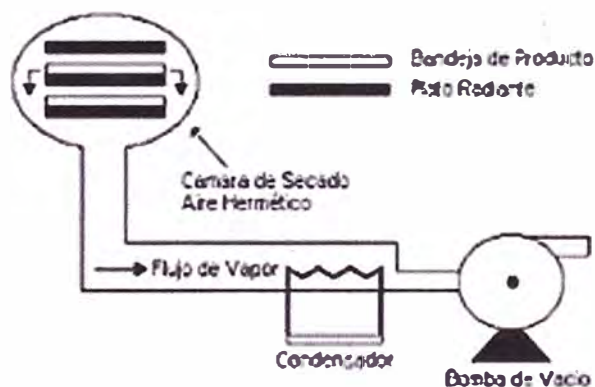


Figura 5.6 Planta básica para el proceso de liofilización

Después, en la planta gira la bomba de vacío forzando al aire del compartimiento, bajando la presión atmosférica debajo de la atmósfera del 0,6. Las unidades de calefacción aplican una cantidad pequeña de calor a los estantes, haciendo el hielo cambiar de fase.

Puesto que la presión es tan baja, el hielo da vuelta directamente en el vapor de agua. El vapor de agua fluye del compartimiento de la Liofilización, más allá de la bobina que congela. El vapor de agua condensa sobre la bobina que congela en forma sólida del hielo, de la misma manera que el agua condensa como helada en un día frío.

Esto continúa por muchas horas (incluso días) mientras que el material de seca gradualmente. El proceso dura porque el recalentamiento del material puede cambiar perceptiblemente la composición y estructura. Además, la aceleración del

proceso de la sublimación podría producir más vapor de agua en un período de tiempo que el sistema de bombeo puede quitar del compartimiento. Esto podría rehidratar el material algo, degradando su calidad.

Una vez que el material se seque suficientemente, se sella en un paquete sin humedad, a menudo con un material que absorbe oxígeno. Mientras el paquete es seguro, el material puede sentarse en un estante por años y años sin degradar, hasta que se restaura a su forma original con un poco agua.

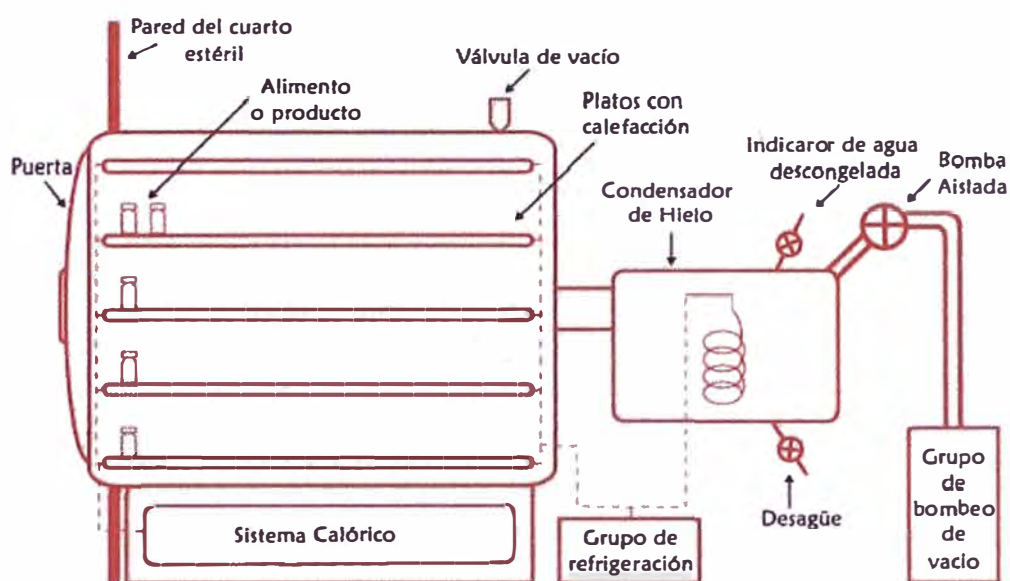


Figura 5.7 Partes de una planta de Liofilización

5.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y PRESIÓN PARA EL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN

Consiste en instalar instrumentos industriales o transmisores, junto a actuadores y sensores, en los lugares más críticos de una planta de Liofilización convencional, inicialmente la solución estará a cargo de instrumentos HART, los cuales son configurables a Foundation Fieldbus, para la aplicación posterior utilizando este protocolo.

La planta de Liofilización, tendrá 2 transmisores de temperatura uno para la cámara y otro para las bandejas, tendrá un transmisor de presión que se encontrará en la cámara, luego un posicionador que estará conectado a una válvula en la salida de la bomba de refrigeración.

5.4.1 Selección de los instrumentos industriales

5.4.1.1 Transmisor de temperatura

La Serie TT300 de Smar son transmisores utilizados para la medición de la temperatura usando RTDs o termopares. Sin embargo, puede también aceptar otros sensores con salida de resistencia o mV como por ejemplo: pirómetros, celdas de carga, indicadores de posición resistivos, etc. La Serie TT300 acepta hasta dos sensores y puede funcionar en uno de los siguientes modos:



Figura 5.8 Transmisor de temperatura TT300.

Un solo canal con medición de un solo sensor. Doble canal con medición de doble sensor. La Serie TT300 de SMAR está compuesta por transmisores de temperatura inteligentes, extremadamente versátiles y poderosos. La tecnología digital usada en la serie TT300 permite a un solo dispositivo aceptar varios tipos de sensores, amplios rangos, mediciones individuales o múltiples y una interface fácil entre el campo y el cuarto de control.

La Serie TT300 es conveniente para la instalación directa en campo, siendo resistente a la intemperie y a prueba de explosión, así como intrínseco seguro, para uso en áreas peligrosas.

Especificaciones técnicas

- Exactitud de 0.02%;
- Termopares integrados y linearización de RTDs;
- Cero y Span real no interactivo;
- Ajuste Local de Cero y Span;
- Configuración remota vía configurador portátil o PC;

- Indicación alfanumérica en el LCD;
- Pequeño y ligero;
- Carcasa aprobada para intemperie y a prueba de explosión (IP67);
- Certificación de Seguridad Intrínseca;
- Simulación de la señal para las pruebas de lazo;
- Aislamiento de señal;
- Unidades de usuario configurables;
- Ajuste local configurable;
- EMC (compatibilidad electromagnética) según IEC 61000-6-2: 1999, IEC 61000-6-4: 1997 y IEC 61326: 2002;
- Función de protección contra escritura;
- Tres opciones de protocolos: HART®, FOUNDATION™ Fieldbus, PA de PROFIBUS.

5.4.1.2 Transmisor de presión

LD301 es un transmisor inteligente para medición de presión diferencial, absoluta, manométrica, nivel y vacío.

Este transmisor está basado en un sensor capacitivo que proporciona una operación segura y un excelente desempeño.

Utiliza una tecnología digital que permite escoger varios tipos de funciones de transferencia, interface entre el campo y la sala de control y algunas características que reducen considerablemente la instalación, operación y costos de mantenimiento.



Figura 5.9 Transmisor de presión

Especificaciones técnicas

- Exactitud de $\pm 0.04\%$, opción de alto desempeño;
- Estabilidad del $\pm 0.2\%$ del URL garantizada por 12 años;
- Rangoabilidad de 120:1;
- Span tan pequeño como 50PA (0.2 in H₂O) hasta un rango límite de 40 MPa (5800 PSI);
- Presión estática de hasta 52 MPa (7500 PSI);
- Detección digital directa de capacitancia (sin conversión A/D);
- Cero y Span real no interactivo;
- Ajuste Local de Cero y Span;
- Calibración y parametrización remotos;
- Funciones de transferencia: lineal, $V \times$, $V \times$ y $V \times$;
- Linealización de tanques;
- Indicación alfanumérica en el LCD;
- Pequeño y ligero;
- Carcasa aprobada para intemperie y a prueba de explosión (IP67);
- Certificación de Seguridad Intrínseca;
- Simulación de la señal para las pruebas de lazo;
- Totalización No-Volátil del flujo;
- Unidades de usuario configurables;
- Ajuste local configurable;
- EMC (compatibilidad electromagnética) según IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-4 y IEC 61326;
- Función de protección contra escritura;
- Tres opciones de protocolos: HART®, Foundation™ Fieldbus, PROFIBUS PA.
- Aprobado para DD, DDL y FDT/DTM

5.4.1.3 Posicionador de válvula

El posicionador FY301, basado en microprocesador, provee el rápido y exacto posicionamiento del diafragma o del cilindro de los actuadores. El FY301 produce una salida de presión, según lo requerido, para posicionar una válvula de control, de acuerdo a la señal de entrada de 4 a 20 mA,

proporcionada por un controlador. El FY301 es parte de la amplia gama de dispositivos Inteligentes de la Serie 301 de SMAR.

- Diseño compacto y modular; Bajo consumo de aire;
- Fácil Instalación;
- Detección de posición sin contacto directo;
- Funciona en Actuadores neumáticos de acción simple o doble, con movimiento lineal o rotatorio;
- Fácil configuración y ajustes de parámetros vía remota, con el configurador HART®, o en su Display local;
- Resistente a la intemperie, a prueba de explosión e intrínsecamente seguro;
- Levas de caracterización vía Software

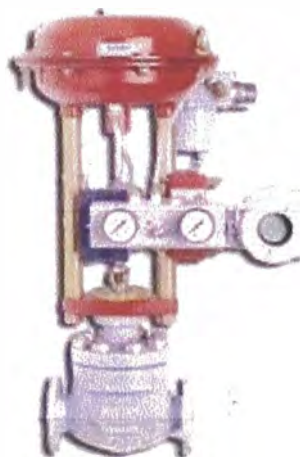


Figura 5.10 Posicionador de válvula

Especificaciones técnicas

- Entrada: 4-20 mA a dos hilos,
- Salida: De 0 – 100% de la presión de aire de alimentación de la Salida al Actuador. Acción doble o simple.
- Capacidad de Salida: Suministro de 13.6 Nm³/h (8 SCFM) a 5.6 bar (80 PSI)
- Fuente de Alimentación: Suministrado por la corriente de 4-20 mA
- Configuración: Usando el desarmador magnético de ajuste local, o configuración remota
- Presión de alimentación: De 1.4 a 7 bar (20-100 PSI). Libre de aceite, polvo y agua

- Detección de posición real: Magnética (sin contacto) vía Efecto Hall
- Indicación: Indicador LCD opcional
- Material: Carcasa de aluminio de bajo cobre inyectado con pintura de poliéster o de Acero Inoxidable 316
- Temperatura límite de proceso: -40 a 85°C (-40 a 185 °F)
- Humedad ambiental límite: 0 % a 100 RH
- Certificación de área peligrosa: A Prueba de explosión, a prueba de intemperie y seguridad intrínseca
- Peso nominal: 2.7 kg; El Display agrega: 0.1 kg.

5.5 SELECCIÓN DE SENSORES

Los sensores utilizados en la solución son convencionales, como termocuplas para los transmisores de temperatura, y para los transmisores de presión, los sensores utilizados son capacitivos.

5.5.1 Sensores de temperatura

Tabla 5.1 Sensores de temperatura

| Termocupla | Rango de uso | Conductor Positivo | Conductor Negativo |
|----------------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Tipo J. (Fe - CuNi) | - 40 a + 750°C | Negro | Blanco |
| Tipo T. (Cu - CuNi) | - 40 a + 350°C | Marrón | Blanco |
| Tipo K. (NiCr - Ni) | - 40 a + 1.200°C | Verde | Blanco |
| Tipo E. (NiCr - CuNi) | - 40 a + 900°C | Violeta | Blanco |
| Tipo N. (NiCrSi - NiSi) | - 40 a + 1.200°C | Púrpura | Blanco |
| Tipo S. (Pt 10% Rh - Pt) | - 40 a + 1.600°C | Naranja | Blanco |
| Tipo R. (Pt 13% Rh - Pt) | 0 a + 1.600°C | Naranja | Blanco |
| Tipo B. (Pt 30% Rh - Pt 6% Rh) | +600 a 1700°C | --- | --- |

La termocupla que utilizaremos será la Termocupla tipoT, ya que los rangos de temperatura de la planta son de -20°C a 100°C como máximo.

5.5.2 Sensores de presión

El rango para los sensores de presión capacitivos del instrumento deberá medir entre 0.5 mbar a 10 mbar.



Figura. 5.11 sensor de presión.

5.6 RED DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados se conectan en red, para el caso de la red HART, se utilizará como controlador el TT301-1, ya que los instrumentos basados en este protocolo tienen funciones duales, en el caso de Foundation Fieldbus se conectan a un FCS, con "controlador" de campo llamado Bridge.

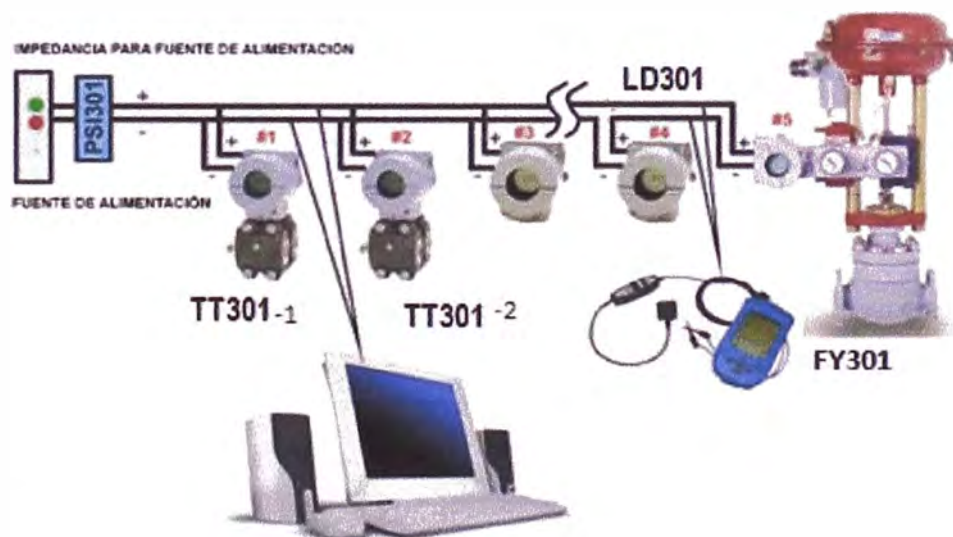


Figura 5.12 Instrumentos de red inicialmente

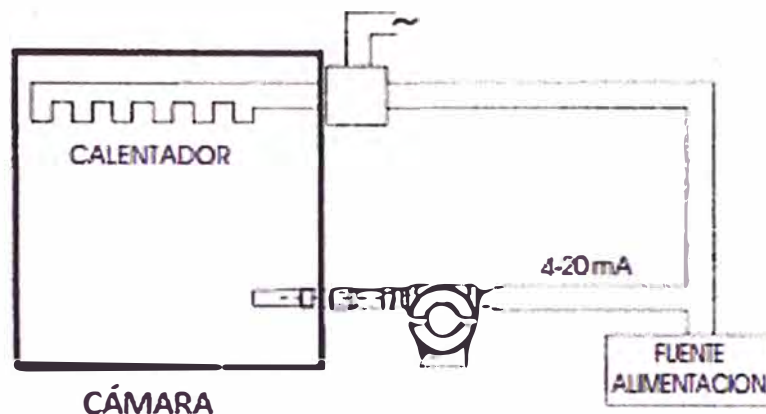
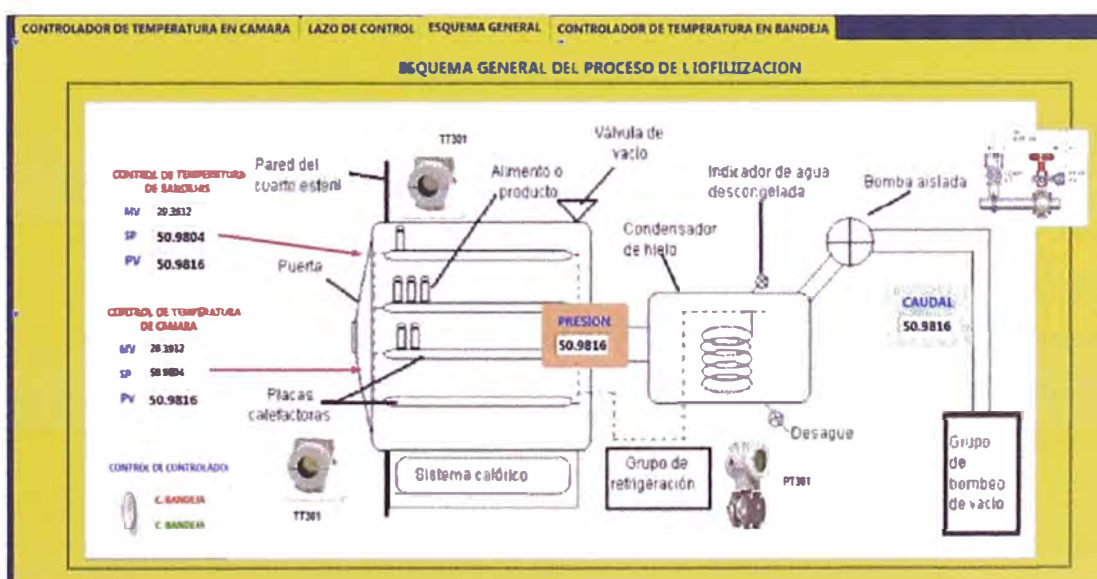


Figura. 5.13 Transmisor de temperatura como controlador

5.7 SIMULACIÓN CON LABVIEW

LabVIEW (acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

En el presente proyecto también se utilizó el paquete Labview de National Instruments para realizar la simulación con instrumentos de 4 a 20 mA, comprobando el funcionamiento, de los lazos de control de temperatura y presión.



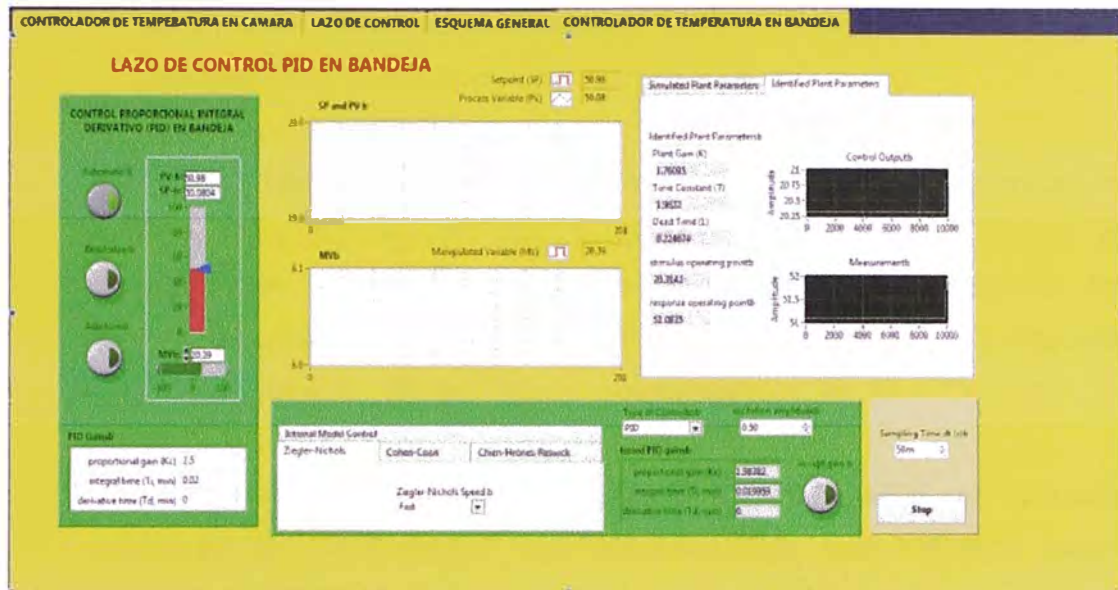


Figura 5.14 Simulación con Labview.

5.7.1 Hardware del sistema de control (DFI302)

El DFI302 es parte integral del System302 Interfaz integrada en una sola unidad, junto con Linking Device (dispositivo de enlace), Puente, Controlador, Gateway, fuente de poder Fieldbus y subsistema de E/S. Gran integración con dispositivos y software inteligente de múltiples fabricantes debido a uso de tecnologías estándar tales como FOUNDATION™ Fieldbus y OPC.

Se conecta a equipos existentes a través de E/S convencionales o comunicación Modbus.

Redundancia total y aislamiento de fallas para mayor seguridad y operación ininterrumpida.

Arquitectura sencilla y de bajo costo.

- Alto flujo de información desde el piso de planta hacia toda la empresa.
- El DFI302 es un hardware integral multifunción del SYSTEM302 que incluye todo el mejor hardware y software en su clase para que usted pueda administrar, monitorear, controlar, mantener y operar su planta.
- El DFI302 en la planta es de tamaño reducido y desempeña la mayor

parte de las funciones requeridas para un sistema, por tanto se requiere muy pocos componentes adicionales.

Para plantas que requieran iniciar en forma sencilla pero crecer más a futuro, el DFI302 es un linking device (dispositivo de enlace) que provee todas las funcionalidades requeridas por un sistema. Para sistemas medianos y grandes, el DFI302 es la mejor opción disponible, ofreciendo una solución real basada en campo.

Al contrario de otras interfaces Fieldbus basados en el modelo tradicional de controlador con módulos E/S que necesita muchos accesorios, el DFI302 es una unidad integrada que provee fuentes de poder, terminaciones de impedancia, e inclusive barreras de seguridad. De esa forma el DFI302 es el sistema más simple de colocar, mantener y expandir. Porque un solo modulo incluye 4 canales H1(a 31.25Kbi/s), Ethernet y Modbus serial, directamente en el controlador sin necesidad de interfaces por separado, el DFI302 toma una fracción de espacio, al usar como solución a los módulos individuales, siendo de esa forma más fácil de operar. Uno de los mayores beneficios del DFI302 es que no son complejos de controlar y de bajo costo, asociados con los DCS.

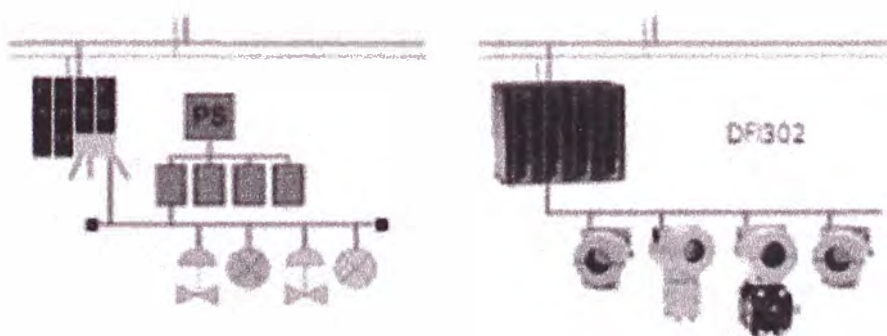


Figura 5.15 Instalación del DFI302.

Smar es el único fabricante que ofrece una solución completa con sistema Fieldbus, que no solo incluye instrumentos de campo, interfaces y software, sino también todos los accesorios requeridos para la alimentación de los instrumentos de campo. De esa forma la solución es

más sencilla tanto para el cliente como para el fabricante.

Se compone de:

- DF01 - Rack con 4 ranuras (Backplane).
- DF02 - Conector terminador.
- DF50 - Fuente de alimentación para Backplane.
- DF51- Procesador DFI302 con 10 Mbps Ethernet 1x, 1x RS-232, y 4x H1 Canales.
- DF52 - Fuente de alimentación para Fieldbus
- DF53 - Fuente de alimentación de impedancia para Fieldbus (4 puertos)

5.7.2 Software a utilizar

- **DFI OLE Server**
- **System302. Marca SMAR**

5.7.2.1 Instalación del system302

El sistema llamado Systemc302 de la marca SMAR se instala, para poder hacer uso de la herramienta de configuración Syscon.



Figura 5.15 Instalación del system302

El software se puede encontrar por el atajo "Browser de System302"

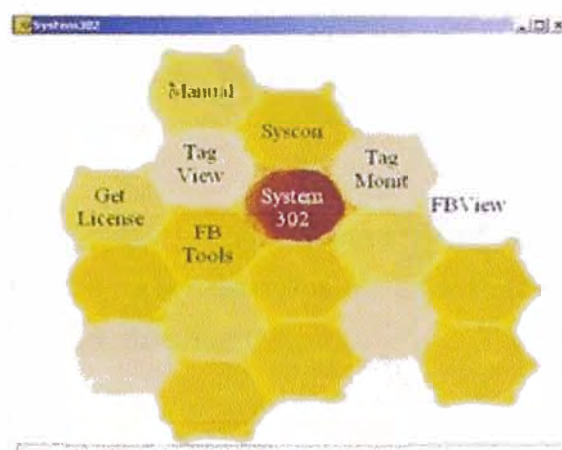


Figura 5.16 Browser de system302.

Estos atajos dan el acceso a los usos principales del System302.

5.7.2.2 Licencia para el servidor OLE DFI

Hay dos maneras de conseguir una licencia DFI OLE Server. Una versión está con la protección Hard Lock (HARDKEYS), y otra a través de software (Softkey); al usar Hardkey, este se conecta en el puerto apropiado (puertos USB).

Al usar Softkey, es necesario conseguir una llave de la licencia a través de un contacto de SMAR. De la información generada por este uso, se completa la forma FaxBack.txt y se envía al número de fax apropiado de SMAR.

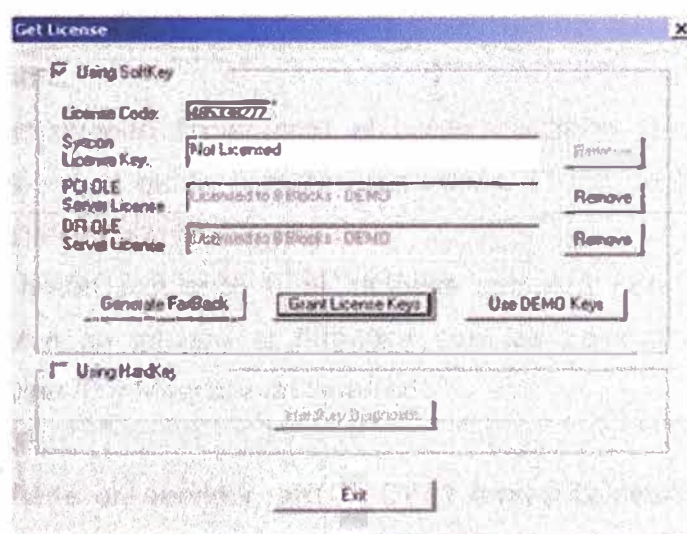


Figura 5.17 Ventana de licencia

Luego, SMAR envía las claves de las licencias, digita los códigos en los campos en blanco y oprime el botón **“Grant License Keys”**

Si estos códigos son aceptados, un mensaje será generado confirmando el éxito de la operación. En este momento, el servidor OLE de SYSCON, estará listo para ser utilizado.

5.7.2.2. Ajustes DFI OLE Server

Si hay éxito en conseguir la licencia, los usuarios deben fijar algunos parámetros

5.7.2.3 Conectar el DFI302 en la sub-red

El entorno de trabajo DFI302 se compone de una red (sub-net) donde estarán las direcciones del IP necesario para cada equipo conectado. La solución automática para la atribución de estas direcciones se llama servidor DHCP (Dinamic Host Configuration Protocol). Usando el servidor de DHCP las direcciones del IP son generadas automáticamente previniendo cualquier conflicto del IP entre dos equipos distintos.

El procedimiento es el que sigue:

1. Conectar el cable Ethernet (DF54) del módulo DF51 a su respectivo Switch (o el HUB) de la sub-red.
2. Encienda el módulo DF51. Asegúrese de que el led del ETH10 y el RUN estén encendidos.
3. Mantenga presionando firmemente el botón izquierdo (Factory Init / Reset) y presione el botón derecho tres veces. El led de Force debe encender tres veces consecutivamente.
4. Se suelta el botón izquierdo y el sistema cumplirá con el RESET, y posteriormente se iniciará el firmware con los valores estándares para la dirección IP y Máscara de Sub-red.

A la red sin DHCP

5. Si la red no tiene un servidor DHCP, DF51 tendrá la dirección IP por defecto 192.168.164.100 y tendrá que seguir los siguientes pasos:

6. Los procedimientos siguientes se basan en el Windows, presione el botón de inicio y dirijase al panel de control y haga doble clic en conexiones de red

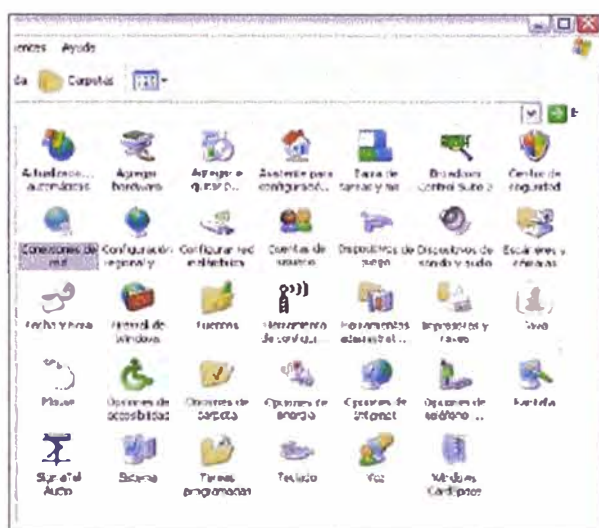


Figura 5.18 Ventana panel de control

7. Haga doble clic en conexiones de área local
8. Seleccionar Protocolo Internet (TCP/IP), y clic en el botón propiedades.

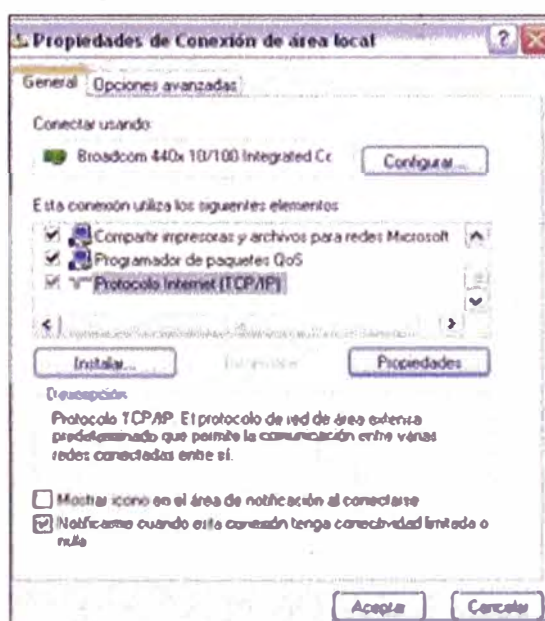


Figura 5.19 Ventana de propiedades de conexión de área local

9. Seleccione “usar la siguiente dirección IP” y asigne la IP 192.168.164.xxx y asigne la máscara de sub-red 255.255.255.0. y oprima el botón aceptar.

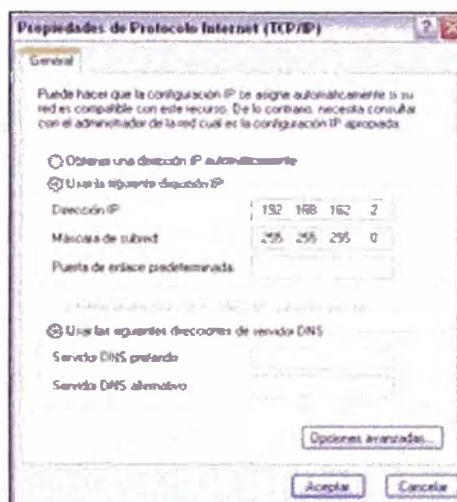


Figura 5.20 Ventana de propiedades de Internet

10. Abra la aplicación FBTools, y siga la ruta **Start menú /programs/system302/FBTools wizard.**
11. Seleccionar el módulo DF51 y de click en “next”

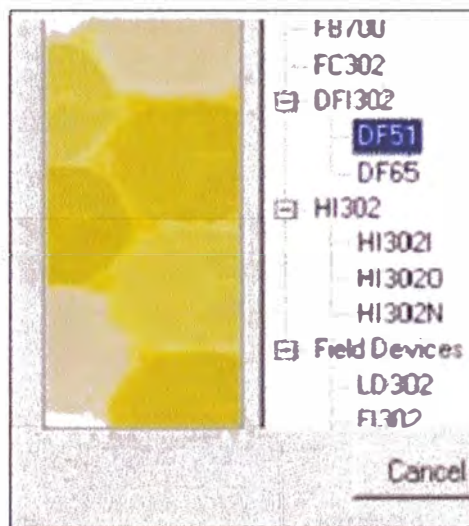


Figura 5.21 Ventana FBTools.

12. La ventana **DFI Download** se abrirá. Elija **DFI OLEServer** que se utilizará (**Local** es la ruta por defecto) y de clic en “**CONNECT**”

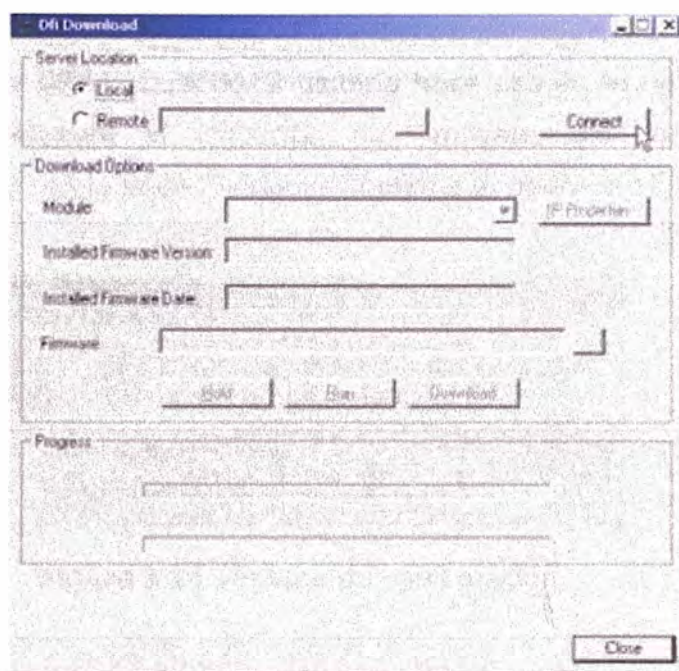


Figura 5.22 Ventana DFI Download y conexión a la sub-red

13. Seleccione el módulo DF51 deseado en “**module**”. Utilice el número de serie como una referencia que se encuentra en la etiqueta de identificación externa

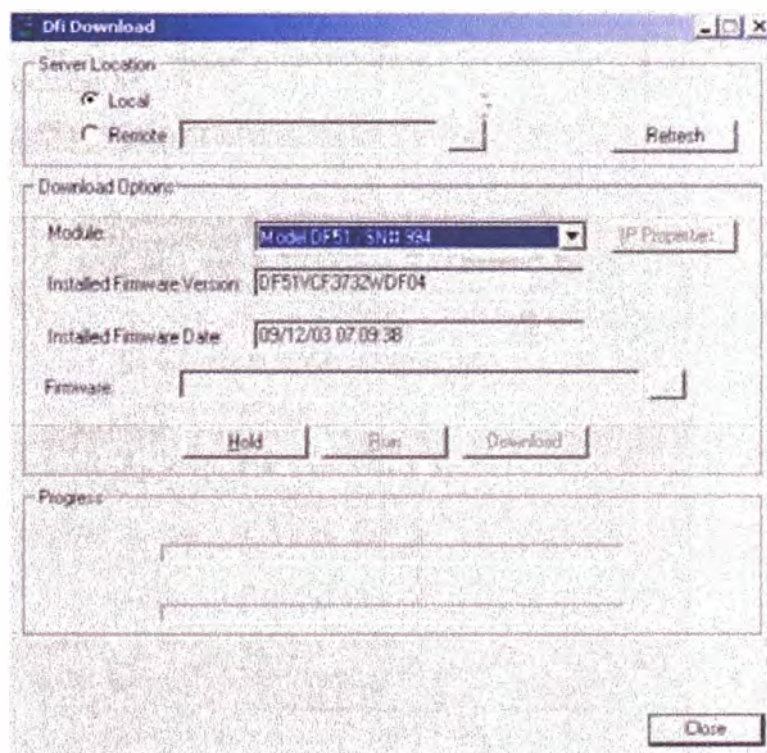


Figura 5.23 Ventana DFI Download con selección de módulo

14. Presione el botón "Hold" para interrumpir el firmware que se ejecutan en el módulo DF51. Cuando el usuario hace clic en el botón "Hold", el módulo detendrá la ejecución del firmware, así como todas las actividades en la línea Fieldbus. Confirme la operación haciendo clic en "Si"

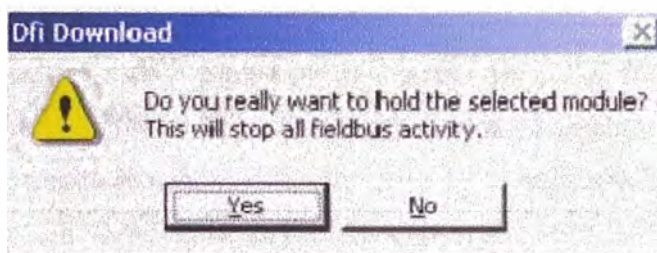


Figura 5.24 Ventana de confirmación

15. Compruebe si está encendido el **HOLD LED**. Haga clic en el botón **"IP Properties"** para configurar la dirección IP del módulo. El cuadro de diálogo de la dirección IP se abrirá.
16. La opción por defecto es obtener la dirección IP del servidor DHCP. Haga clic en la opción **"Specify an IP address"** para cambiar a otra dirección IP.

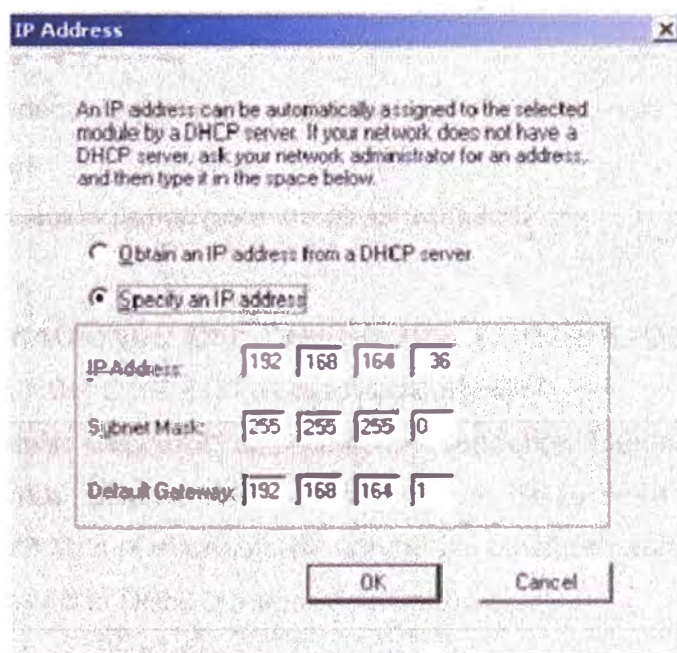


Figura 5.25 Ventana de Dirección IP.

17. Escriba la dirección IP, la máscara sub-red y la puerta de enlace predeterminada. La máscara de sub-red debe ser la misma de su equipo.

De esta manera será capaz de restaurar la configuración y ver el DFI302 en su red.

18. Haga clic en **"OK"** para terminar esta operación. Regresar al Protocolo de Internet (TCP / IP) propiedades del ordenador y restablecer los valores originales de la dirección IP y de la máscara de sub-red.

19. Haga clic en **"RUN"** para ejecutar el DFI302 firmware de nuevo.

20. Un cuadro de diálogo se abrirá para confirmar la operación. Haga clic en **"YES"** para continuar.

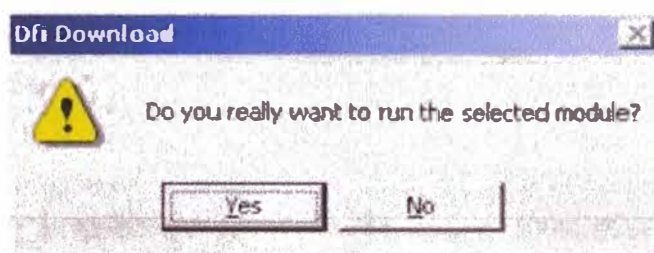


Figura 5.26 Ventana de confirmación IP

21. El procedimiento para conectar el DFI302 con la Sub-red está completo.

Repetir éstos pasos para los otros módulos.

5.8. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO DEL CONTROL DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN CON INSTRUMENTOS EN RED FF

En la solución utilizando el protocolo Foundation Fieldbus se utilizará los mismos instrumentos anteriormente descritos pero de la serie 302, se utilizaran LD302, TT302, FY302, y el elemento de control principal denominado DFI302, junto a sus periféricos como el DF50 o fuente de alimentación.

5.8.1 Descripción de los módulos del DFI302 y conexionado

DF50 - Fuente de alimentación para Backplane

La fuente de alimentación para **Backplane** (DF50) es un estándar de alto rendimiento con entrada universal de CA, 5 VCC y 24 VCC (uso externo). Una serie de características lo distinguen de otras fuentes de alimentación, y lo hace ideal para su uso en aplicaciones de control. El módulo tiene funciones de diagnóstico y LEDs dedicados a indicar el funcionamiento normal y dar solución a problemas que lo hace mucho más fácil, sobre todo en un sistema con muchas unidades. Detectar la fuente de alimentación del módulo defectuoso en un panel con cientos de módulos es muy factible.

Un fusible externo ubicado en la entrada de la línea lateral le proporciona fácil sustitución sin la eliminación de la fuente de alimentación o desconectar cualquier módulo de cableado. La salida es protegida a cortocircuitos.

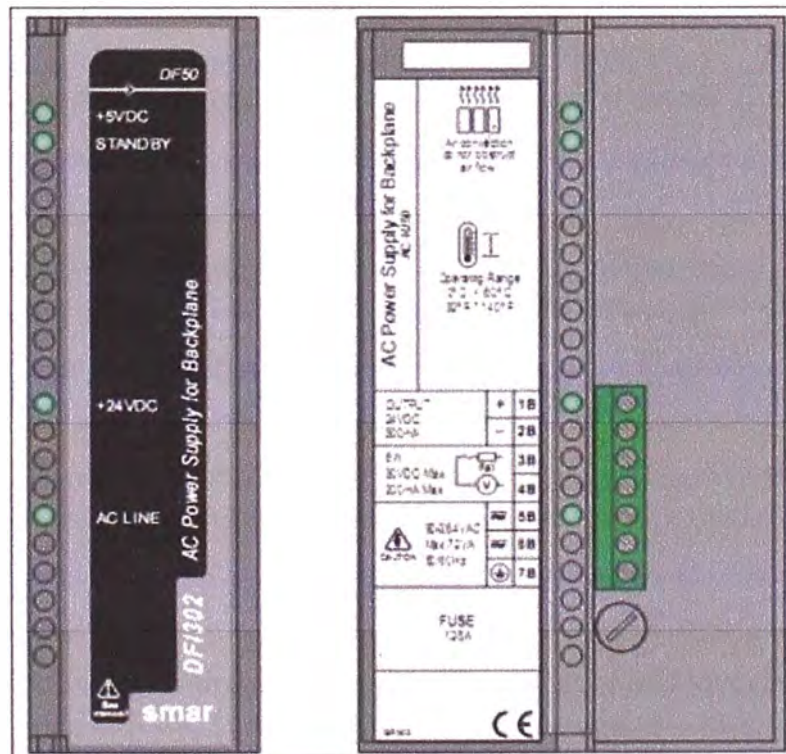


Figura 5.27 Fuente de alimentación DF50

DF51 - Módulo de CPU

Procesador RISC de 32-bits y el firmware en la memoria Flash, el procesador DF1302 del módulo maneja la comunicación y las tareas de control.

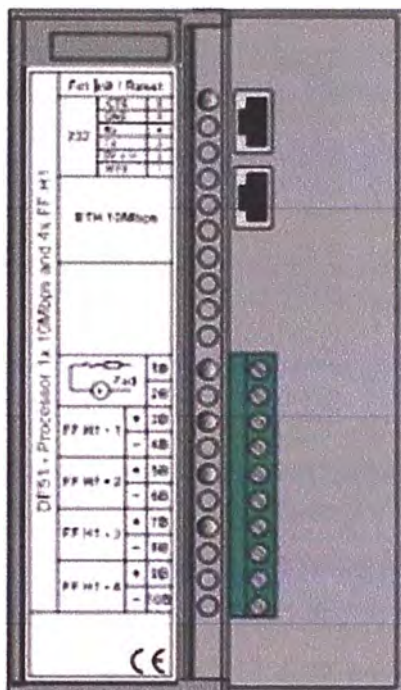


Figura. 5.28 Modulo CPU DF51

Contiene:

- 1 puerto Ethernet a 10 Mbps
- 4 puertos Fieldbus H1 @31.25 Kbps
- 1 puerto EIA232 @115.2 Kbps
- CPU @ 25 MHz, 2 MB de NVRAM

DF52 - Fuente de alimentación para Fieldbus

La fuente de alimentación para Fieldbus no es intrínsecamente segura con solo un componente de entrada universal de CA y 24 VCC de salida aislada. Ha cortocircuito, protección sobre corriente e indicación de fallas.

Un relé libre de tensión de salida indica la falla y puede ser utilizado para control remoto alarmante y sistemas de seguridad independientes. Un fusible externo ubicado en la entrada de la línea lateral le proporciona fácil sustitución sin la eliminación de la fuente de alimentación o desconectar cualquier módulo de cableado. La salida es protegida a cortocircuitos

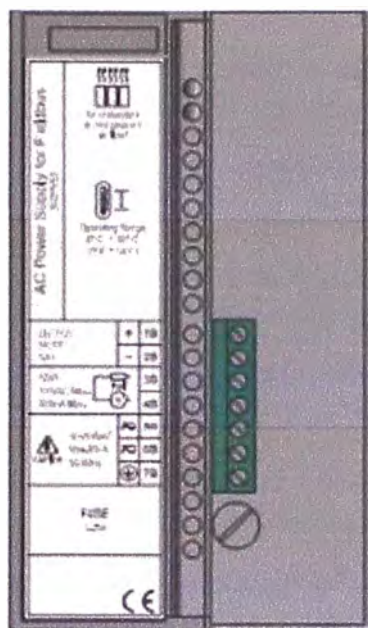


Figura. 5.29 Fuente de alimentación para Fieldbus

DF49/DF53 - Fuente de Alimentación para Impedancias

La fuente de alimentación Fieldbus Impedancias - 2 puertos (DF49) y 4 puertos (DF53) ofrece la impedancia de la fuente de alimentación y la red de campo, garantizando que no haya corto circuito entre la fuente de alimentación y la señal de comunicación Fieldbus. La fuente de alimentación de impedancias se utiliza cuando se han alimentado los dispositivos al bus y la seguridad intrínseca no se requiere.

5.9 MONTAJE DE LOS MÓDULOS DEL CONTROL

Secuencia de conexión



Figura. 5.30 Módulo DFI 302. Vista externa



Figura 5.31 Módulo DFI 302. Vista interna



Figura 5.32 Tabla de Conexiones Internas

5.10 APLICACIÓN PRÁCTICA CON EL MÓDULO DFI302

5.10.1. Creación de una configuración FIELDBUS

Una configuración Foundation Fieldbus que usa DFI302 como puente o controlador se utilizaría en este proyecto. Un proceso que usa con un control de cascada será utilizado como ejemplo.

El diagrama abajo demuestra el sistema de control que será puesto en ejecución.

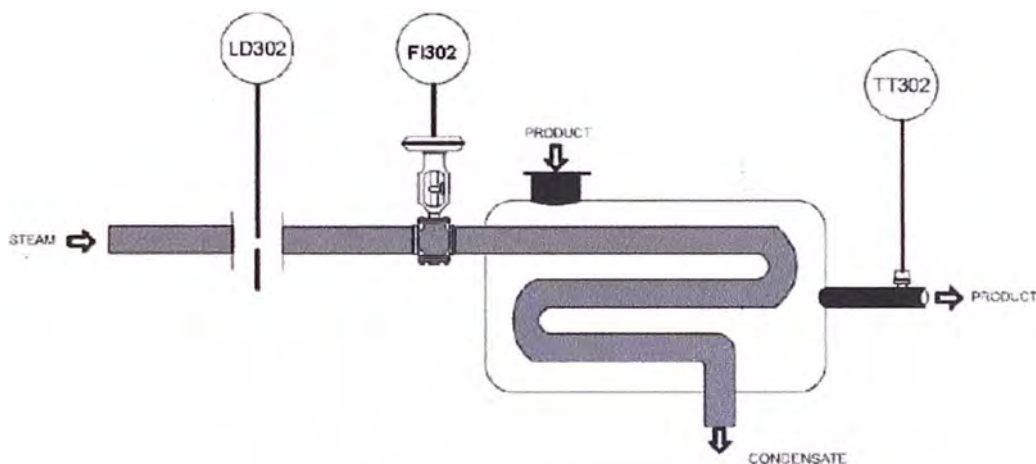


Figura 5.33 Configuración FIELDBUS

PROY_DFI

El diagrama de bloques correspondiente de Foundation Fieldbus se muestra abajo:

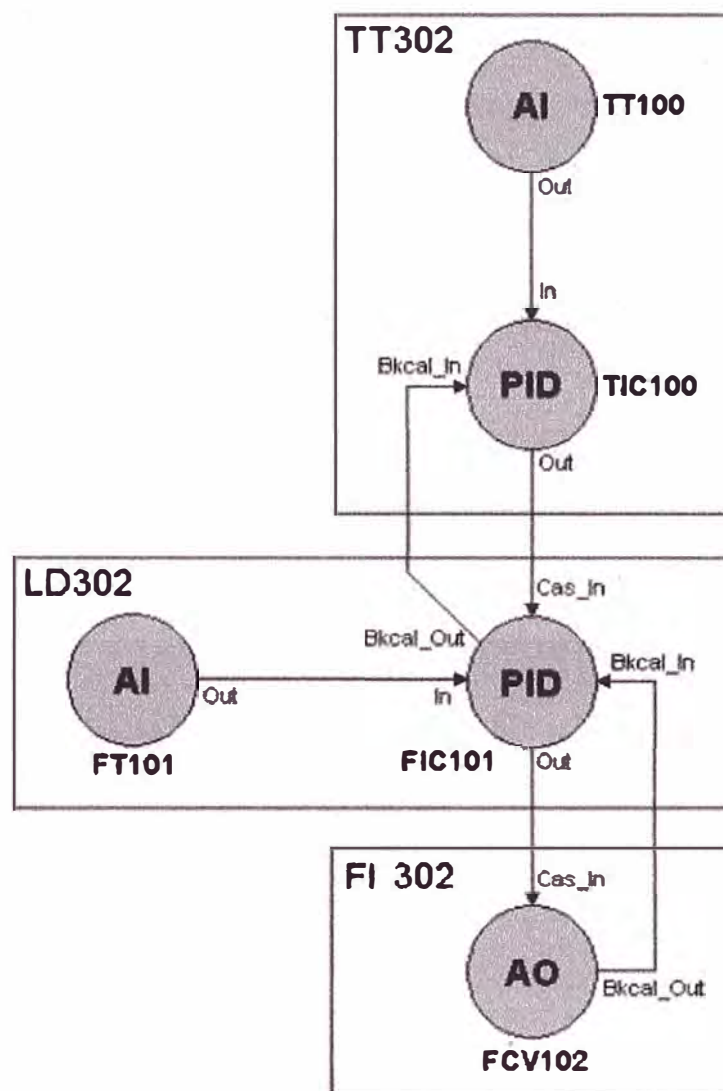


Figura 5.34 Diagrama de bloques correspondiente de Foundation Fieldbus.

El propósito del proceso es controlar la temperatura de la cámara de la planta de Liofilización (variable controlada) que usa el caudal del que viene del compresor (variable manipulada) para enfriarlo. La temperatura fluida será enviada al regulador principal, donde será comparada a un *setpoint* de la temperatura.

- TT302 Transmisor de temperatura FF
- LD302 Transmisor de presión FF
- FI302 convertidor de FF a corriente
- FCV va al Posicionador FY302 y válvula

La salida principal sería el *setpoint* auxiliar del regulador, que controlará el caudal que viene del compresor.

COMENZANDO LA CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO CON SYSCON

Paso1

A crear un nuevo proyecto, ejemplo Proj_00 ir al menú de archivo y seleccionar nuevo o clic en el botón nuevo, en la barra de herramientas. Para realizar esta configuración es necesario utilizar el Syscon, herramienta de la marca SMAR.

Una caja de diálogo con opciones del documento se abrirá.

Seleccionar la opción de las plantas. Ver el cuadro abajo.



Figura 5.34 Opción Plants.

Observar la caja de diálogo siguiente

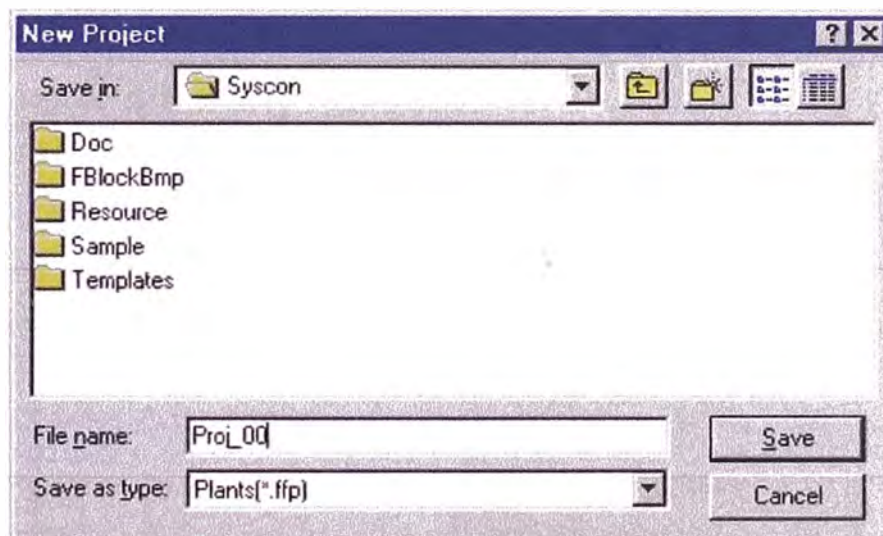


Figura 5.35 New Project.

Digite el nombre del proyecto sobre la caja del nombre del archivo y después clic en guardar .una carpeta nueva será creada con el nombre del proyecto y de su extensión de FFP.

Paso2. En la ventana principal, clic en el icono de las redes de Fieldbus, usando el botón de derecho del ratón.

Elegir la opción Fieldbus nuevo. No olvidarte de que un Fieldbus nuevo es un bus físico nuevo. Ver la figura 5.36.

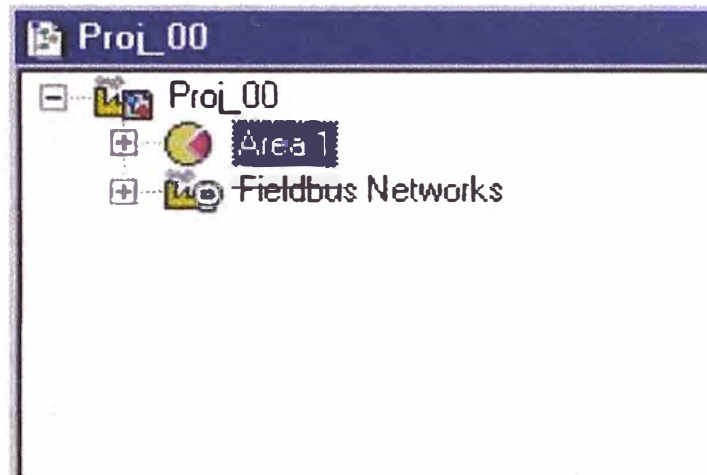


Figura 5.36 Creación de una red Fieldbus nueva.

Una caja de diálogo se abrirá. Asignar una etiqueta a tu planta; si no, clic en OK y un nombre por defecto será atribuido al Fieldbus.

Ver la caja de diálogo abajo: figura 5.37.

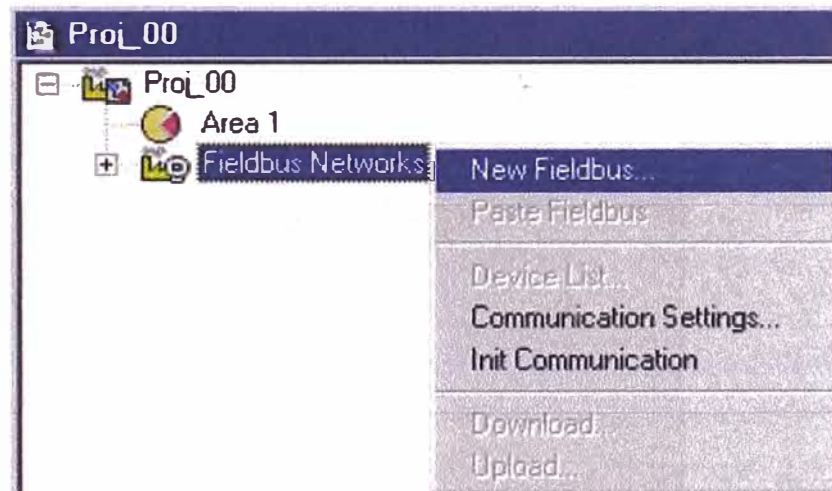


Figura 5.37 Creación de una red Fieldbus nueva.

En la ventana Proj_00, observar el nombre asignado "Canal_00"
Ver figura 5.38.

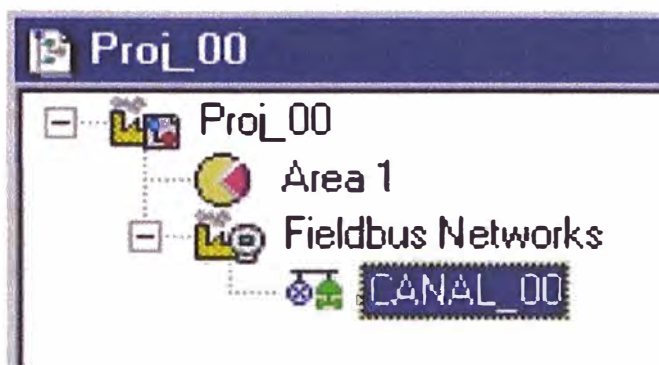


Figura 5.38 Asignación del nombre a la red Fieldbus creada.

Fijar la ventana de Fieldbus

Paso 3 Con el botón derecho del ratón, clic en el icono Canal-00 y seleccione la opción ampliar una ventana nueva se abrirá. Para una visión más detallada, clic en la ventana del proyecto. Entonces, ir al menú de ventana y seleccionar el tipo de opción.

Adicción de los dispositivos de Fieldbus

Paso 4 ahora el usuario puede agregar los dispositivos de Fieldbus que serán utilizados en proyecto.

Primero necesitas el puente DFI302. En la ventana canal-00, usando el botón derecho del ratón, clic en el icono Canal-00. Seleccionar el nuevo artículo del puente; ver figura 5.39.

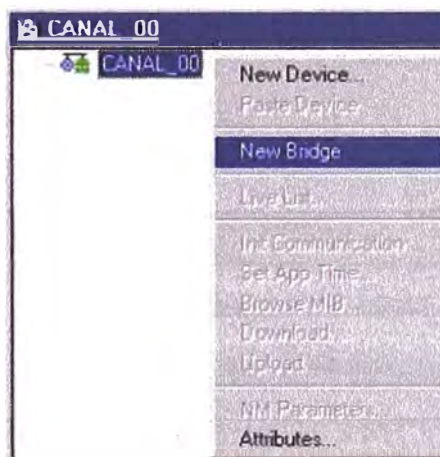


Figura 5.39 Adición de nuevo dispositivo Fieldbus.

Una nueva caja de diálogo del puente se abrirá.

En la caja de la " fabricación", elegir "SMAR" y en el menú de abajo elegir DFI302 en tipo de dispositivos caja. En al dispositivo marcar la caja, el tipo "DFI" u otra etiqueta y clic en "OK". Ver el cuadro abajo. Figura 5.40.

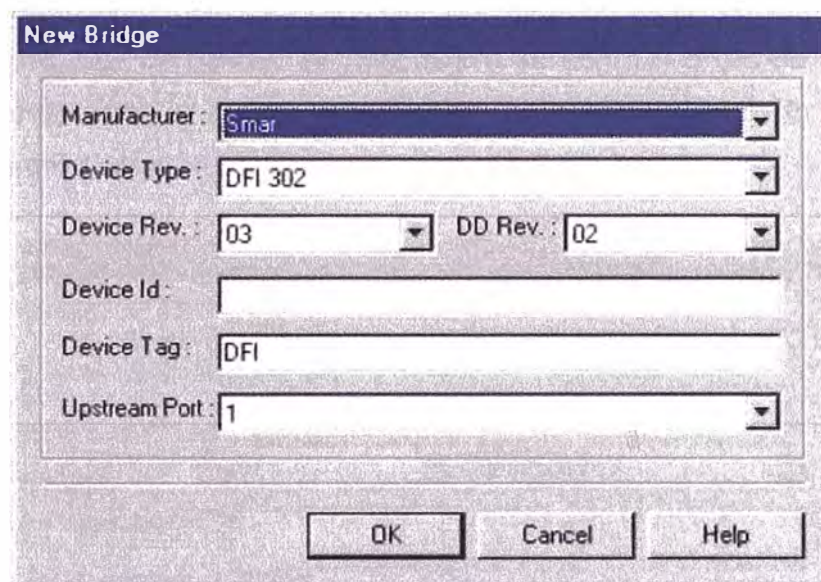


Figura 5.40 Selección del dispositivo SMAR DFI302.

A través de la pantalla nueva, ir al símbolo del "puente" y con el botón derecho del ratón, y seleccionar el artículo "cualidades".

Ir a la caja de la clase del "BOF" (clase de la función de operación del cargador), selecciona la opción "puente" (BRIDGE). Ver el cuadro siguiente. Figura 5.41.

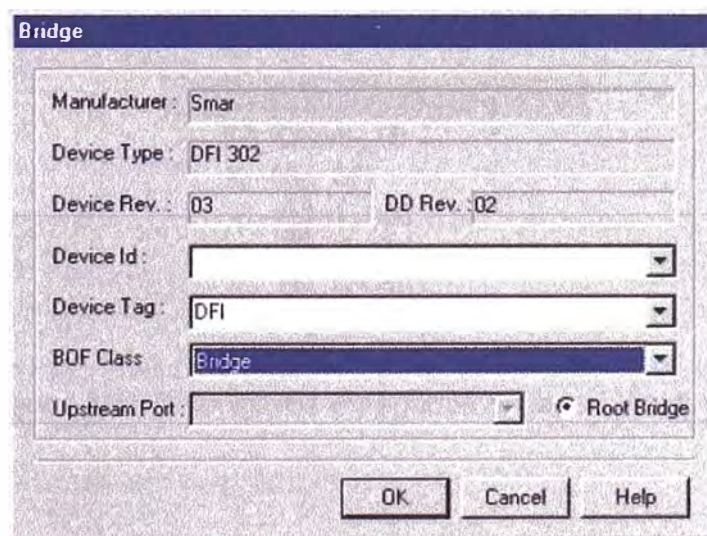


Figura 5.41 Selección clase BOF a BRIDGE.

Paso 5 para agregar un transmisor de temperatura (TT302), seguir el procedimiento descrito más abajo.

En la ventana "Canal-00 y, con el botón derecho del ratón, seleccionar el "nuevo dispositivo".

Una nueva caja de diálogo del dispositivo se abrirá. De clic en la abajo la flecha, seleccione el dispositivo "TT302". Digite "TIC001" en la caja de la etiqueta del dispositivo u otra etiqueta.

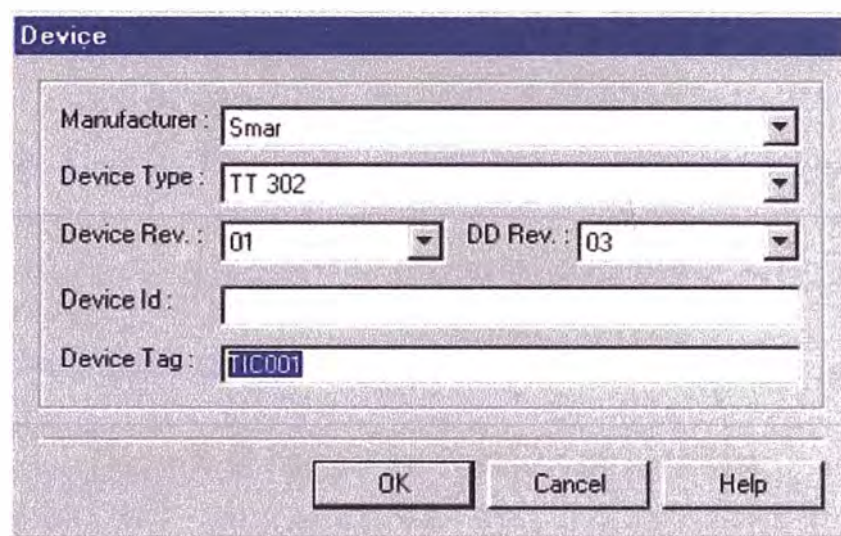


Figura 5.42 Agregación del transmisor de temperatura.

Para agregar un LD302 Y UN CONVETIDOR (FDI302) para la válvula de control seguir el mismo procedimiento descrito arriba. Al acabar el proceso de la configuración de dispositivos, la ventana siguiente se abrirá.



Figura 5.43 Dispositivos agregados en la red Fieldbus.

Paso 6. Para agregar un nuevo bloque de función, clic para ampliar. Después elegir el icono VFD2 (dispositivo virtual del campo) usando el botón derecho del ratón y seleccionar el nuevo artículo del bloque. El vfd1 es responsable de la gerencia de datos.

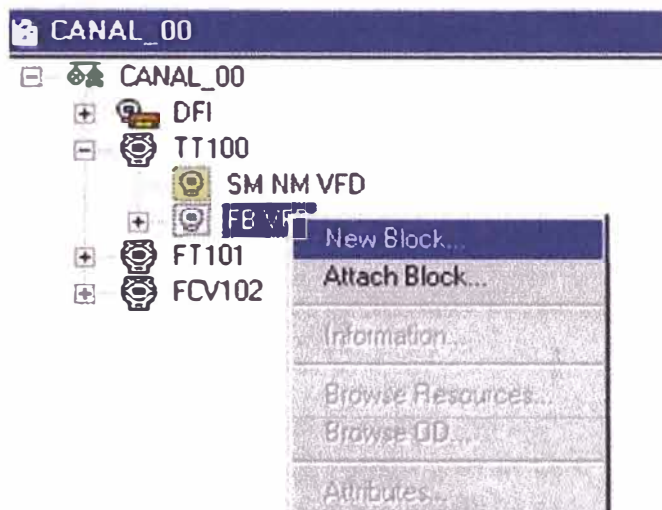


Figura 5.44 Agregar nuevo bloque de funciones.

Una caja de diálogo del bloque de la función se mostrará hacia arriba. En la caja de bloques puedes seleccionar el FB existente SMAR. En el tipo de dispositivos seleccionar el dispositivo deseado y después digitar un nombre en la caja de la etiqueta del bloque:

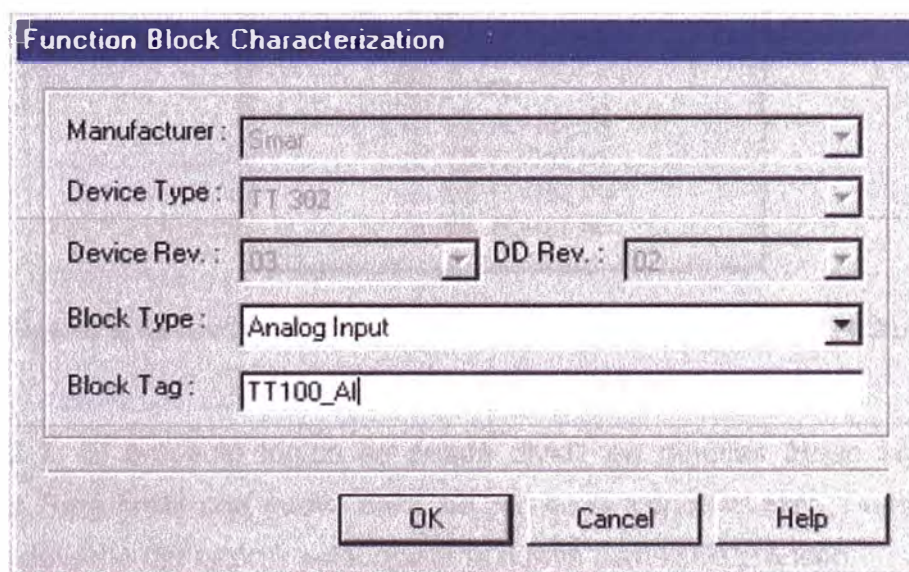


Figura 5.45 Características del nuevo bloque de función creada.

En este uso de los bloques del AI, de PID y del AO se puede utilizar para construir una figuración de sistema de control de cascada.

NOTA: Es necesario configurar los bloques siguientes para cualquier clase de dispositivo: Transductor (TRD), bloques del recurso (RES) y exhibición (DSP).

El cuadro siguiente demuestra la ventana CANAL_00. Ahora el área 1 (planta de la lógica) se puede desarrollar según la estrategia del control. Es necesario establecer una nueva área por adelantado. Crear nuevas áreas.

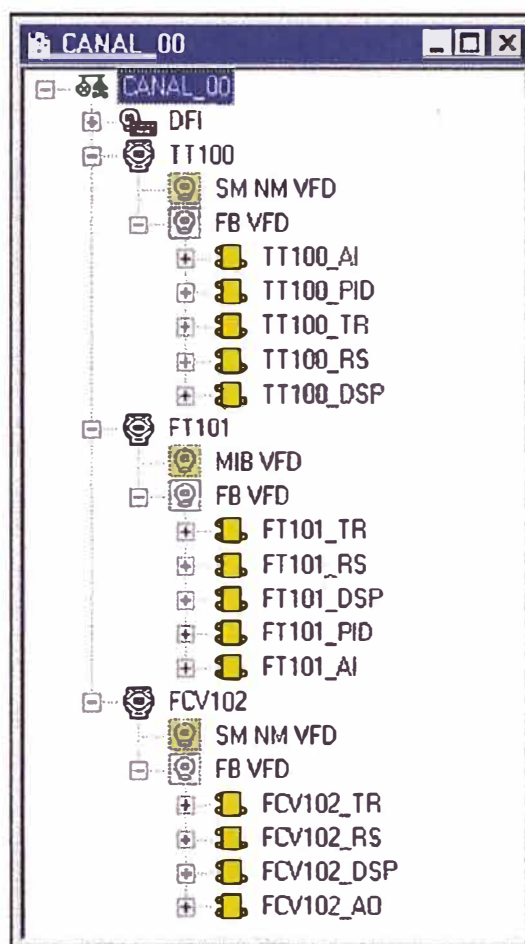


Figura 5.46 funciones creadas para dispositivo en la red Fieldbus.

PASO 7. El proyecto lógico se puede dividir en muchas áreas según la planta. Para crear una nueva área, de clic en el icono del área 1 usando el botón derecho del ratón y seleccionar la nueva cédula de proceso.

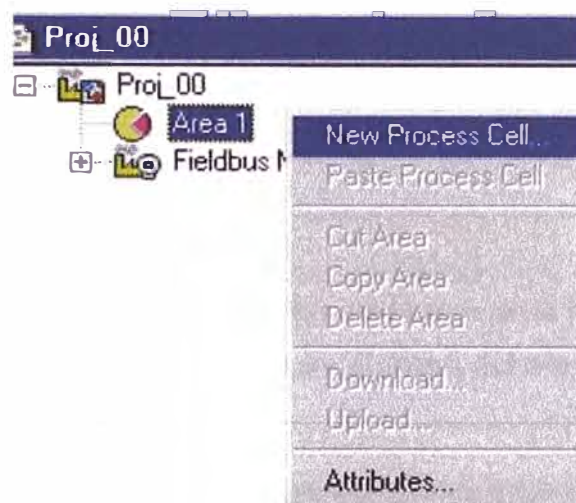


Figura 5.47 Creación de un New Process Cell.



Figura 5.48 Proceso de la celda creada.

Para asignar un nombre específico a la cédula de proceso, digite en la AUTORIZACIÓN de la caja y del teclado de diálogo. Para crear otras áreas, seguir el procedimiento descrito arriba

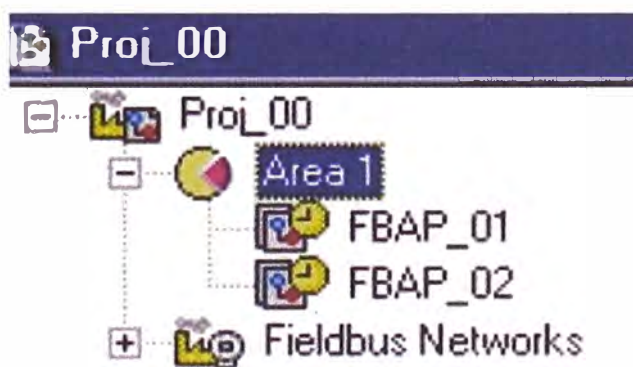


Figura 5.49 Celdas creadas.

NOTA. Recordar que el área 1 es justa una división virtual. Su propósito principal es dividir una planta grande. Por ejemplo: Si tu planta contiene dos redes, pueden ser llamadas *FB application*, no puede estar en más de un área.

CREAR UN USO DEL FB

Paso 8. Ahora el usuario creará un uso del bloque de la función.

Con el botón derecho del ratón, clic en el icono del área 1 y seleccionarlo “ampliar” la opción.

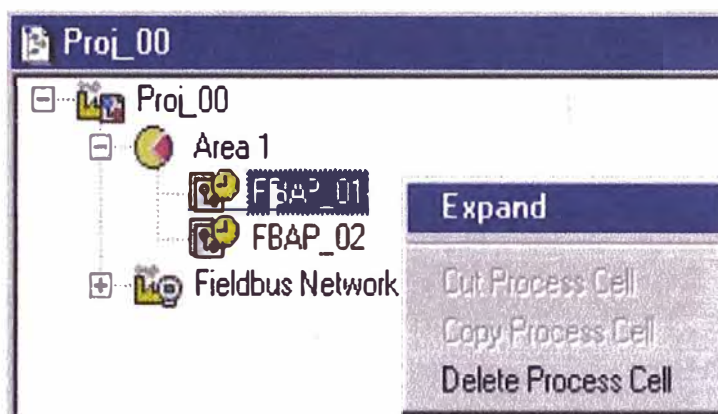


Figura 5.50 Asociación del uso para el bloque.

Para arreglar la pantalla, clic en la ventana “FBAP_01”, entonces para ir al menú de ventana y para seleccionar el “tipo”.

Ahora ir a la ventana “FBAP_01”, clic en FBAP_01 y, con el botón derecho del ratón, “modulo de control nuevo selecto”.

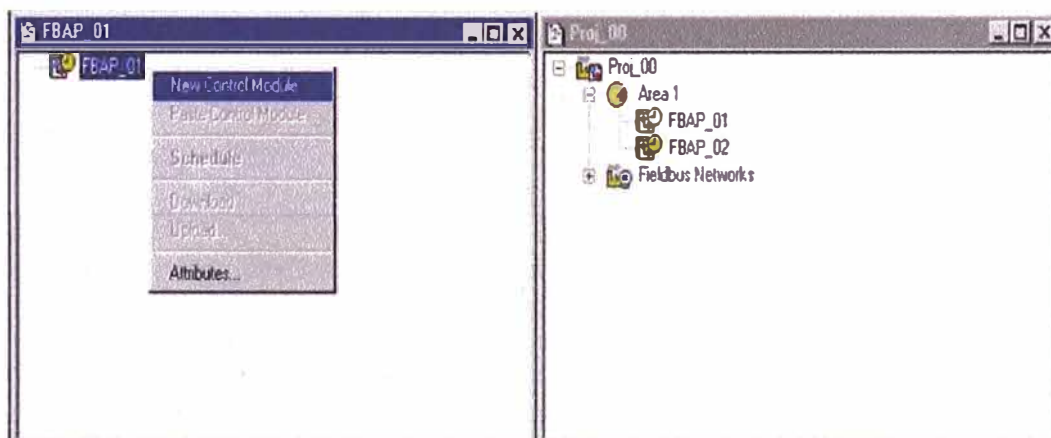


Figura 5.51 Creación del módulo de control.

La nueva caja de diálogo del módulo de control se abrirá. Digite una etiqueta para tu área de aplicación y después clic en "OK"

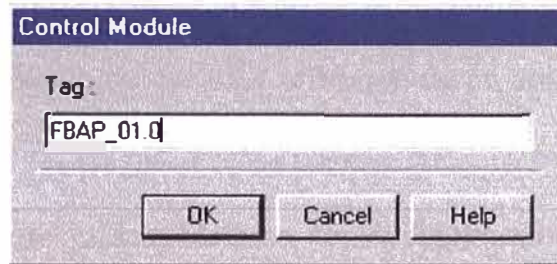


Figura 5.52 Denominación del módulo de control creado.

En este momento la ventana será como la figura 5.52 arriba.

Enlace de los bloques al FBAP

Paso 9. Los bloques del dispositivo se pueden unir a la planta lógica. El tecleo derecho el ratón en "FBAP_01.0" y elige "la opción del bloque de la fijación". Ver el cuadro abajo:



Figura 5.53 Creación de enlace de los bloques.

Observar "la caja de diálogo siguiente del bloque de la fijación".

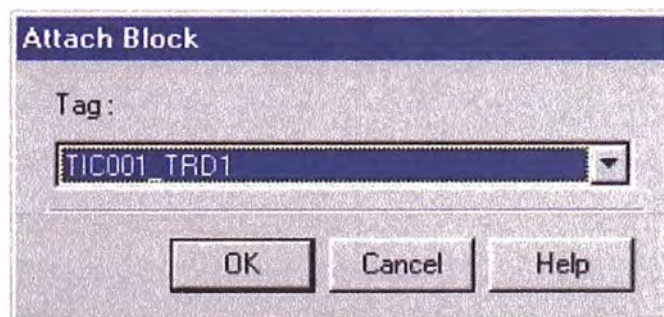


Figura 5.54 Denominación del enlace creado.

En la caja de la etiqueta, allí es los bloques que serán unidos al uso. Según el ejemplo, el bloque pudo ser el defecto.

La autorización del teclado y el bloque serán unidos a la planta de la lógica en FBAP_01.0

Para agregar nuevos bloques, seguir el procedimiento descrito arriba. Es necesario agregar los bloques de TRD, del RES y de DSP para cada dispositivo. Acabando el accesorio del bloque, el *FB application* será como la figura abajo:

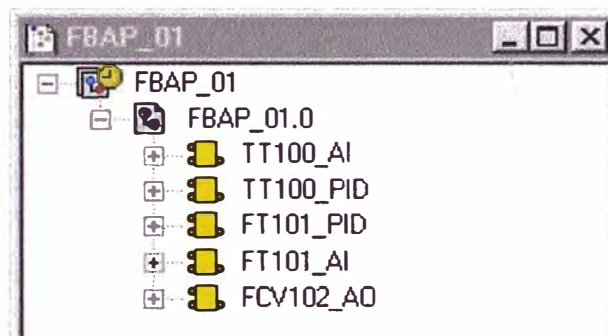


Figura 5.55 Bloques de función creadas.

Los bloques también se unen usando el comando de la “fricción y de la gota”.

Estableciendo la estrategia del control

Paso 10. La estrategia del control es lista ser convertido. Clic derecho en el icono FBAP y seleccionar el artículo de la estrategia. La ventana de la estrategia se abrirá:

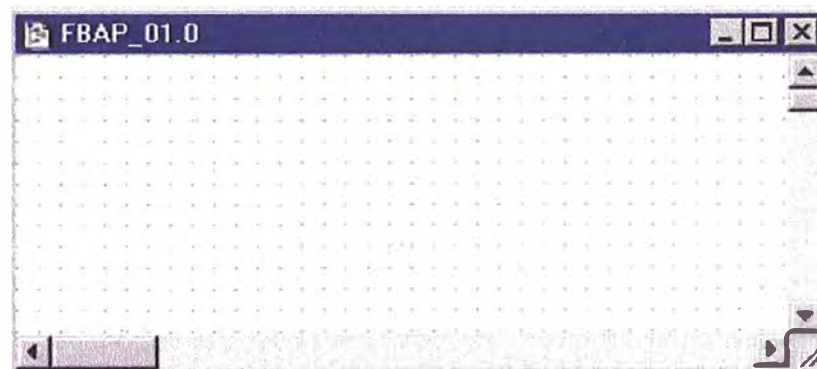


Figura 5.56 Entorno de creación de la estrategia de control.

En este momento, hay 3 o 4 ventanas abiertas en SYSCON. Reducir al mínimo la ventana PROJ_00. Para organizar las ventanas, chascar encendido el título de la ventana de *FB Application*, entonces chascando encendido el PROJ_01. Ir al menú ventana y seleccionar la opción del azulejo.

Si no hay disponible un monitor de 17", se recomienda para maximizar la ventana de la estrategia, para visualizar el proyecto entero.

La ventana de la estrategia ofrece muchas herramientas de dibujo. Para la información adicional, referir al menú de ayuda.

En este caso, activar solamente las herramientas necesarias.

Primero de todos cerciorarte de que la ventana abierta sea la ventana de la estrategia FBAP_01.0.

Ir al menú de las herramientas y elegir la opción de la caja de herramientas; entonces seleccionar el artículo de dibujo. Un cuadro con la barra de herramientas se abrirá en el lado izquierdo de la ventana del uso de SYSCON.

Clic en cada botón para verificar tu función.



Figura 5.57 Menú de herramientas.

Adición de bloques en la ventana de la estrategia:

Paso11: El usuario puede ahora agregar bloques de la función en la ventana de la estrategia FBAP1. Clic en el primer bloque, arrastrarlo en la ventana de la estrategia. Un bloque de la función será creado automáticamente. Ver el cuadro siguiente: Seguir el mismo procedimiento para otros bloques.

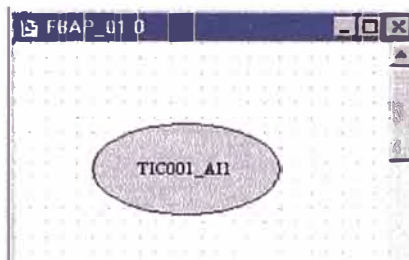


Figura 5.58 Primer bloque creado.

Seguir el mismo procedimiento para otros bloques.

Enlazar los bloques

Paso 12: En esta sección, el acoplamiento, entre los bloques se presenta, para ligarse los bloques utilizan el botón del acoplamiento, en la estrategia Toolbar.

Presionar el botón del acoplamiento y clic en el botón en el bloque de la función TT100; una caja de diálogo se abrirá. Seleccionar para hacer salir la opción clic en "OK" ver el cuadro siguiente.

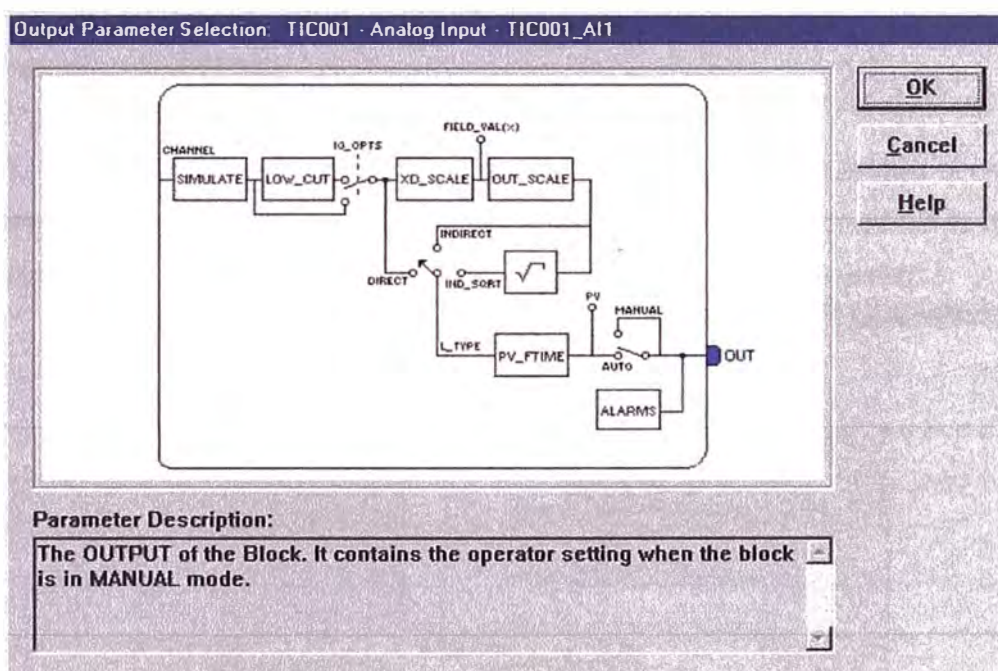


Figura 5.59 Enlazamientos de bloques primer método.

Otra manera de lograr ligarse del bloque está chascando en el bloque usando el botón derecho del ratón. Repetir el procedimiento descrito arriba para enlazar los otros bloques.

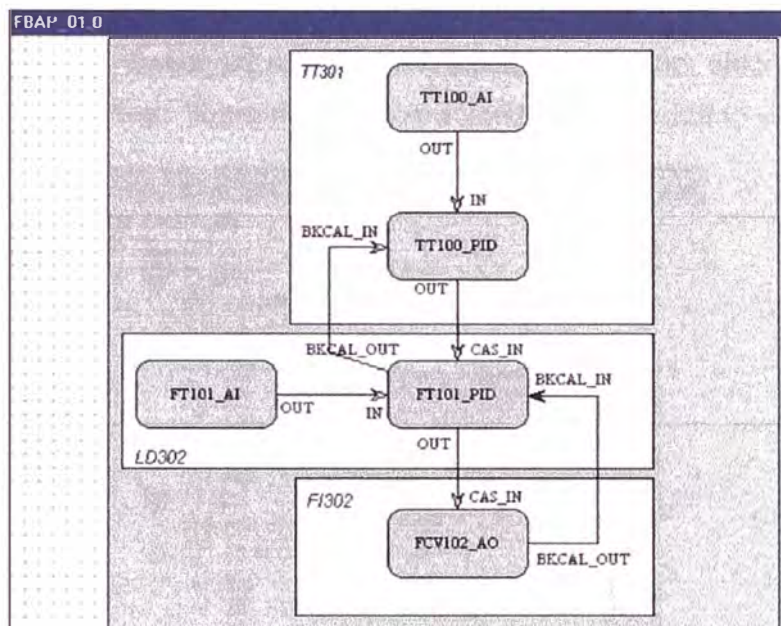


Figura 5.60 Enlazamiento de bloques segundo método.

Caracterización del bloque

Paso13: Para cambiar el parámetro del bloque de la función, considerar los asuntos siguientes:

1. En la ventana de la estrategia clic derecho sobre el boque que el usuario desea hacer la caracterización o doblar para chascar encendido el bloque usando el botón izquierdo del ratón. Observar el cuadro siguiente:

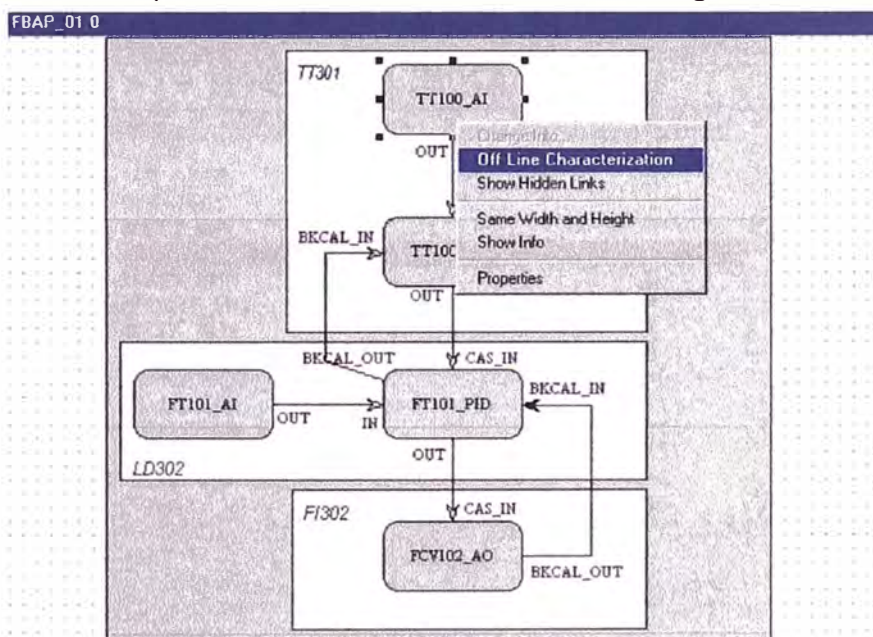


Figura 5.61 Caracterización del bloque.

2. En la ventana Canal_00 con el botón derecho del ratón, elegir un bloque y clic para seleccionar “fuera de línea caracterización”, según lo visto abajo.

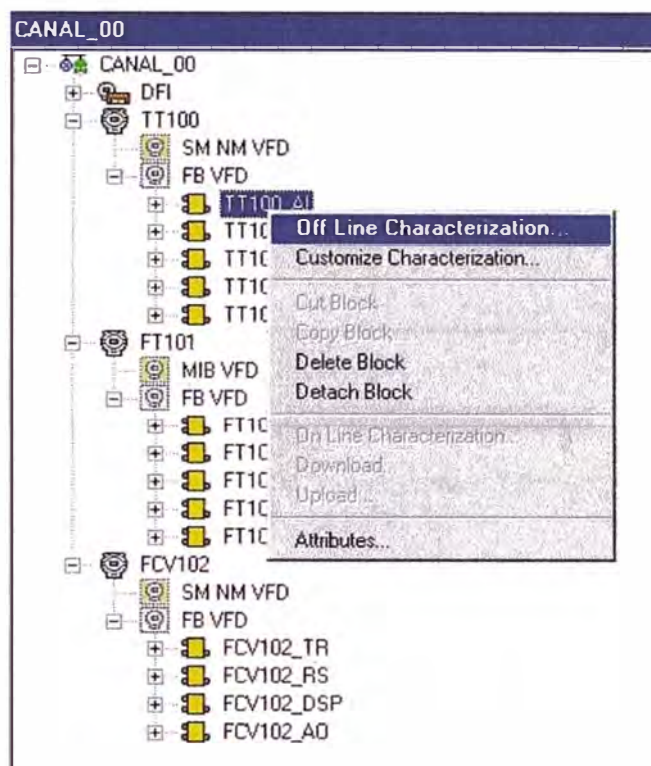


Figura 5.62 Caracterización de bloques OFF LINE.

En ambos casos, una caja de diálogo del bloque de la caracterización se abrirá:

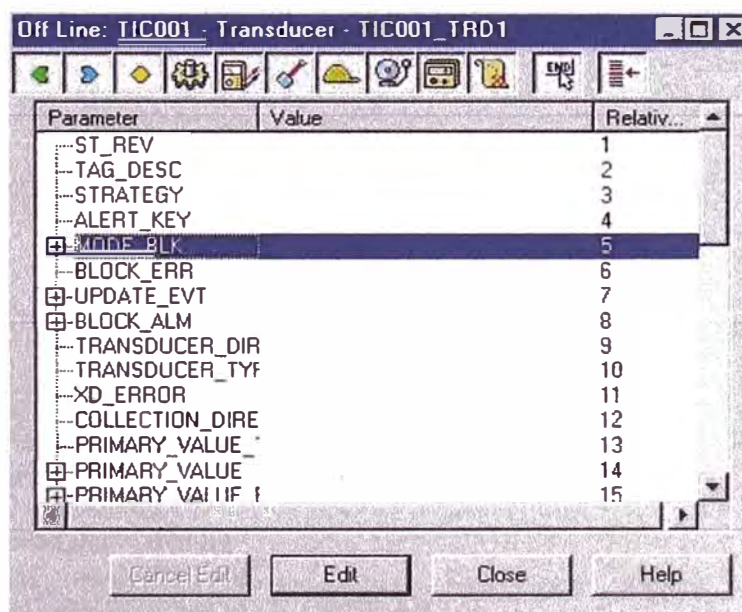


Figura 5.63 Ventana de dialogo de caracterización.

Doble clic en el parámetro para modificarse. Es también tecleo posible una vez y presiona el botón del corregir para comenzar a corregir el valor de parámetro. Cuando acabas la edición, clic en el botón “extremo corrigen”

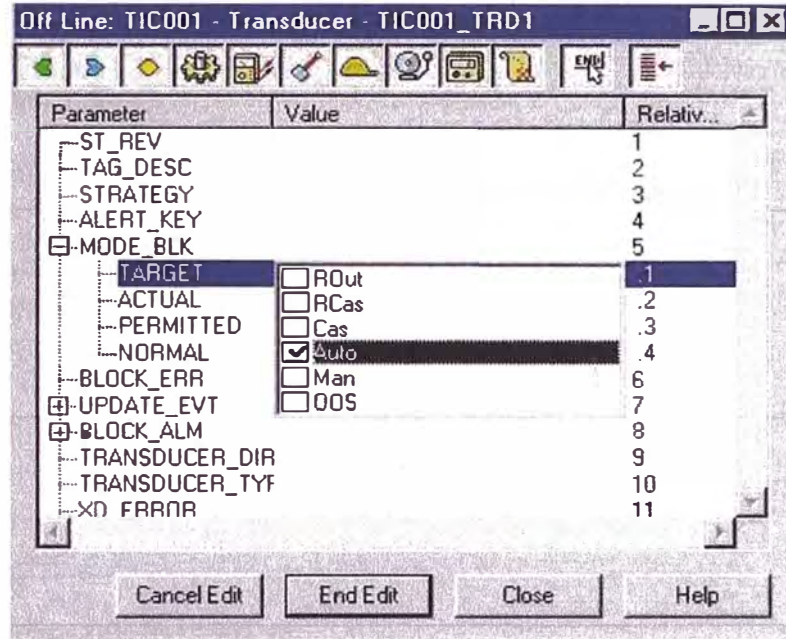


Figura 5.64 Configuración de los bloques caracterizados.

A continuación se muestra la lista de los parámetros que serán configurados en este proyecto:

FT101
-LD302
FT101_
TR
MODE_BLK_TARGET= AUTO

FT101-RS
MODE_BLK_TARGET = AUTO

FT101-DSP
MODE_BLK_TARGET= AUTO
BLOCK_TAG_PARAM-1 =FT101
AL INDEX_RELATIVE_1=8
MNEMONIC_1VAZAO
ACCESS_1=MONITORING
ALPHA_NUM_1=MNEMONIC
DISPLAY_REFRESH=UPDATE DISPLAY

FT101_AI

MODE_BLK_TARGET =AUTO
XD_SCALE_EU_100=100
_EU_0=0
_UNITS_INDEX=inH2O (4°C)
OUT_SCALE_EU_100=100
_EU_0=0
_UNITS_INDEX=%
CHANNEL=1
L_TYPE=INDIRECT

FV123_PID_1

MODE_BLK_TARGET =AUTO
PV_SCALE_EU_100=100
_EU_0 = 0
_UNITS_INDEX=%
OUT_SCALE_EU_100= 100
_EU_0=0 UNITS_INDEX=%
GAIN=0, 5
RESET=1
RATE=0

TT100-TT302**TT100_TR**

MODE_BLK_TARGET=AUTO
SENSOR_TYPE = PT100IEC
SENSOR_CONNECTION=THREE WIRES
SENSOR_TRANSDUCER_NUMBER=1

TT100_RS

MODE_BLK_TARGET =AUTO
BLOCK_TAG_PARAM_1=TT100_AL INDEX_RELATIVE_1=8
MNEMONIC_1=TEMP
ACCESS_1=MONITORING
ALPHA_NUM_1=TEMP
ACCESS_1 =MONITORING
ALPHA_NUM_1= MNMONIC
DISPLAY_REFRESH= UPDATE DISPLAY

TT100_AL

MODE_BLK_TARGET =AUTO
XD_SCALE_EU_100=500
_EU_0=0
_UNITS_INDEX=°C
OUT_SCALE_EU_100=100
_EU_0=0-UNITS_INDEX=%
CHANNEL =1
L_TYPE=INDIRECT

TT100_PID

MODE_BLK_TARGET =AUTO

PV_SCALE_EU_100=100
_EU_0=0- UNITS_INDEX=%
OUT_SCALE_EU_100=100 _UNITS_INDEX=%
SP=50
GAIN=0, 5
RESET=1
RATE=1

FCV102-FI302
FCV102-TR
MODE_BLK-TARGET=AUTO

FCV102_DSP
MODE_BLK_TARGAET=AUTO
BLOCK_TAG_PARAM_1=FCV102_AO
INDEX_RELATIVE_1=9
MINEMONIC_1 =VALVULA
ACCESS_1=MONITORING
ALPHA_NUM_1= MNEMONIC
DISPLAY_REFRESH= UPDATE DISPLAY

FCV102_AO
MODE_BLK_TARGET=CAS
PV_SCALE_EU_100=100
EU_0=0
UNITS_INDEX=%
XD_SCALE_EU_100=20
EU_0=4
UNITS_INDEX=mA

El paso a seguir es la transferencia del programa a los módulos para su respectiva operación.

CONCLUSIONES

1. El proyecto realizado permitirá optimizar la implementación de una planta de Liofilizar, que usualmente es controlada por un PLC, y con instrumentos convencionales de 4 a 20 mA, mediante el protocolo Foundation Fieldbus.
2. El estudio y optimización de la red Fieldbus es una tarea que se puede aplicar a cualquier tipo de proceso, planta o industria, debido a la seguridad que hoy en día ofrecen los Fieldbus al trabajar con instrumentos inteligentes que pueden llevar a cabo las tareas de control.
3. Cada segmento Fieldbus debe tener dos terminadores puesto que un terminador adicional provoca una reducción en el nivel de la señal y por el contrario la falta de este provoca un incremento.

RECOMENDACIONES

1. Antes hacer alguna modificación en la red, primeramente se debe revisar los estudios realizados y las actividades que presentan mayores situaciones críticas.
2. Para la sustitución de los nuevos equipos, se recomienda contratar personal calificado, puesto que el ahorro inicial puede provocar grandes pérdidas en la empresa por cualquier tipo de error cometido por la persona que ejecuta el trabajo.
3. La mejor manera de obtener una mayor eficiencia y buenos resultados en la red Fieldbus, es realizar la inducción apropiada al personal de mantenimiento, utilizar las herramientas idóneas, la supervisión de la red durante la instalación y el mantenimiento, así como usar el cable adecuado y productos certificados de compañías reconocidas.
4. Tomar datos como referencia cuando la red Fieldbus está operando apropiadamente, para que cuando los problemas hayan sido identificados, se tomen nuevos datos, se los compare, y así se pueda llegar a la solución eficazmente, esto también sirve a la configuración si esta se pierde.

BIBLIOGRAFIA

- BERMEJO, M. (1999). LIOFILIZACION. OBTENIDO DE [HTTP://WWW.UV.ES /~MBERMEJO/FREEZE-DRYING.PDF](http://www.uv.es/~mbermejo/freeze-drying.pdf)
- BOISO, I. (2008). HISTORIA DE LA LIOFILIZACION. OBTENIDO DE [HTTP://LIOFILIZACION.WIKISPACES.COM/HISTORIA+DE+LA+LIOFILIZACION](http://liofilizacion.wikispaces.com/Historia+de+la+Liofilizacion)
- FAO. (2008). ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. OBTENIDO DE [HTTP://WWW.FAO.ORG/HOME/ES/](http://www.fao.org/home/es/)
- FIELDBUS. (2014). OBTENIDO DE [HTTP://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FIELDBUS](http://en.wikipedia.org/wiki/Fieldbus)
- GEANKOPLIS, C. (2011). PROCESOS DE TRANSPORTE Y PRINCIPIOS DE PROCESO DE SEPARACION.
- GERARDO ORJUELA, L. (2009). LIOFILIZACION.
- JOSUE, H. (2012). CIENCIA DE LOS ALIMENTOS, UNA VENTANA AL FUTURO. OBTENIDO DE [HTTP://HERNANDEZ-CIENCIA-DE-LOS-ALIMENTOS. BLOGSPOT.COM/2012/03/LIOFILIZACION-DEL-SOLIDO-AL-GASEOSO. HTML](http://hernandez-ciencia-de-los-alimentos.blogspot.com/2012/03/lio-filizacion-del-solido-al-gaseoso.html)
- LIOFILIZACION. (2012). OBTENIDO DE [HTTP://WWW.MS.GBA.GOV.AR/SITIOS/LABORATORIO/FILES/2012/08/LIOFILIZACION.PDF](http://www.ms.gba.gov.ar/sitios/laboratorio/files/2012/08/lio-filizacion.pdf)
- RED INDUSTRIAL. (2013). OBTENIDO DE [HTTP://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/RED_INDUSTRIAL](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_industrial)
- V.BARBOSA, G., & VEGA MERCADO, H. (2000). DESHIDRATACION DE ALIMENTOS.

APÉNDICE

1. DFI302ME.pdf, Manuel e información técnica del DFI302 de SMAR.
2. SYSCONME.pdf, Manual de uso del software Syscom de SMAR.