



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION

“PROPUESTA DE AUTOMATIZACION DE UNA PLANTA HIDRAULICA”

**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACION DE LA CALDERA DE LA CENTRAL TERMoeLECTRICA
GONZALO ZEBALLOS “SALITRAL”, UTILIZANDO TECNOLOGÍA FIELDBUS FOUNDATION”**

TRABAJO DE GRADUACION

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION: ELECTRONICA INDUSTRIAL

Presentada por:

KARLA PAOLA ARCENTALES ZAMBRANO

HERNAN VINICIO VILEMA ESCUDERO

DOLORES HELLEN ZAMBRANO SANTANA

GUAYAQUIL – ECUADOR

2003

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Ing. Ing. José Layana Chancay, al Tlgo. Campos, a la Ing. Gladys Murillo y a todo el personal de la Central Termoeléctrica Gonzalo Zeballos “Salitral”, por la colaboración que nos brindaron en las visitas a la planta.

DEDICATORIA

A nuestros padres, que nos motivaron con su ejemplo y sus palabras para que culminemos nuestras carreras.

A nuestros hermanos y amigos, que nos alentaban para seguir adelante.

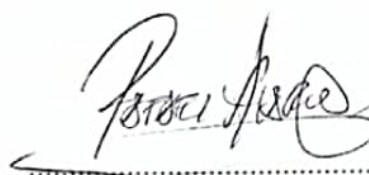
Y a todos aquellos que nos brindaron su ayuda a lo largo de nuestras vidas universitarias.

TRIBUNAL



Ing. Norman Chootong

SUB-DECANO



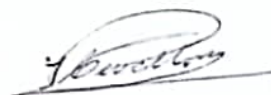
Ing. Raphael Alarcón

DIRECTOR DE TOPICO



Ing. Alberto Manzur

M. PRINCIPAL



Ing. Holger Cevallos

M. PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo, nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

Karla Arcenales Zambrano
.....
KARLA P. ARCENTALES Z.

D. Hellen Zambrano S.
.....
D. HELLEN ZAMBRANO S.

Hernan Vilema E.
.....
HERNAN V. VILEMA E.

RESUMEN

Nuestro trabajo abarca la comprensión general del funcionamiento de la Central Termoeléctrica Gonzalo Zeballos, profundizando en el estudio de la caldera y sus diagramas de control, cuya modernización es la base de nuestro trabajo.

Para esto proponemos transmisores inteligentes y equipos auxiliares que emplean la tecnología Fieldbus, cuyas características de funcionamiento están detalladas en este documento.

También se muestra la forma de conexión de los equipos en red y su programación utilizando la herramienta de configuración Syscon.

Se mencionan además las ventajas que ofrecen los equipos que forman parte del grupo System302 de Smar.

INTRODUCCION

Como base de nuestra propuesta elegimos la Central Termoeléctrica Gonzalo Zeballos, “Salitral”, puesto que su instrumentación es totalmente neumática, además de las facilidades que nos dieron para ingresar a la planta y recopilar la información requerida.

Escogimos la caldera porque la generación de vapor es la base primordial para el funcionamiento de la turbina y el generador, y por ende de la producción de energía eléctrica. Esta propuesta abarca los controles de nivel, temperatura y presión de la caldera, debido a que éstos son los parámetros que regulan su buen funcionamiento.

Para modernizar la caldera la tecnología propuesta es la Fieldbus Foundation, utilizando los transmisores inteligentes y equipos auxiliares marca Smar.

Optamos por esta tecnología ya que brinda flexibilidad, mayor velocidad, seguridad en la transmisión y procesamiento de datos, estabilidad de la señal, mantenimiento permanente, posibilidad de expansiones futuras y las señales provenientes de los sensores pueden ser transmitidas a mayores distancias.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

- a. El objetivo principal de este proyecto es proponer la utilización de la tecnología de Fieldbus Foundation en el sistema de control de la caldera de la central Termoeléctrica Gonzalo Zeballos, “Salitral”; haciendo que la transmisión y adquisición de datos entre los equipos sea más confiable y a mayor velocidad, realizando un control más eficiente.
- b. Conocer el funcionamiento de la caldera de la central Termoeléctrica Gonzalo Zeballos para fundamentar la propuesta de automatización.
- c. Aprender y dar a conocer las características principales, funcionamiento y programación de los equipos Fieldbus Foundation marca Smar.
- d. Presentar la cotización detallada de los equipos Fieldbus Foundation marca Smar, el tiempo de instalación y costos de ingeniería.
- e. Por último, dar a conocer las ventajas y desventajas de utilizar estos equipos.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	vi
INTRODUCCION	vii
OBJETIVOS DEL PROYECTO	viii
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE FIGURAS	xv
INDICE DE TABLAS	xviii

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA GONZALO ZEBALLOS	1
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	1
1.2. COMPONENTES BÁSICOS DE LA PLANTA	5
1.2.1. CALDERA	5
1.2.1.1. SISTEMAS AUXILIARES DE LA CALDERA	9
a.- SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN	9
b.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE	10
c.- SISTEMA AIRE-GAS	11
1.2.2. TURBINA	11
1.2.3. CONDENSADOR	12

1.2.4. GENERADOR	13
------------------	----

CAPÍTULO II

INSTRUMENTACIÓN EXISTENTE PARA EL CONTROL DE LA CALDERA DE LA CENTRAL	14
2.1. ELEMENTOS PRIMARIOS	15
2.1.1. MEDIDOR DE CAUDAL DE ÁREA VARIABLE (ROTÁMETRO)	15
2.1.2. TUBO DE VENTURI	17
2.1.3. TUBO DE BOURDON	18
2.1.4. TERMOCUPLA	19
2.2. TRANSMISORES NEUMÁTICOS	21
2.2.1. TRANSMISORES DE PRESIÓN	22
2.2.2. TRANSMISORES DE FLUJO	23
2.3. RELEVADORES	26
2.4. GENERADORES DE FUNCIÓN	29
2.5. SELECTORES	30
2.6. VÁLVULAS DE CONTROL	31

CAPÍTULO III

EQUIPOS FIELD BUS	33
3.1. TECNOLOGÍA FOUNDATION FIELD BUS	33
3.2. ARQUITECTURA SYSTEM 302	43

3.2.1. LD302, TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL FIELD BUS	43
3.2.1.1. CARACTERÍSTICAS	44
3.2.1.2. DESCRIPCIÓN	44
3.2.2. TT302, TRANSMISOR DE TEMPERATURA	45
3.2.2.1. CARACTERÍSTICAS	45
3.2.2.2. DESCRIPCIÓN	46
3.2.3. FP302, CONVERTIDOR DE SEÑAL FIELD BUS A NEUMÁTICA	48
3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS	48
3.2.3.2. DESCRIPCIÓN	48
3.2.4. PCI 302, INTERFASE DE CONTROL DE PROCESOS	49
3.2.4.1. HARDWARE	51
3.2.5. CABLE SC71 PARA CONECTAR LOS DISPOSITIVOS FIELD BUS A LA TARJETA PCI302	53
3.2.6. PS302, FUENTE DE ALIMENTACIÓN FIELD BUS	55
3.2.7. PSI 302, IMPEDANCIA DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	57
3.2.8. BT302, TERMINAL DEL BUS	60
3.2.9. JB, CAJA DE UNIONES	64
3.2.9.1. CARACTERÍSTICAS	64
3.2.9.2. DESCRIPCIÓN	64

CAPÍTULO IV

HERRAMIENTAS DE CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS FIELD BUS	67
4.1. BLOQUES DE FUNCIONES	67
4.1.1. BLOQUE DE RECURSO	69
4.1.2. BLOQUE TRANSDUCTOR	69
4.1.2.1. BLOQUES TRANSDUCTORES DE ENTRADA	70
4.1.2.2. BLOQUES TRANSDUCTORES DE SALIDA	70
4.1.3. PARÁMETROS DE LOS BLOQUES DE FUNCIONES	70
4.1.3.1. PARAMETROS DE MODOS	72
4.1.4. DESCRIPCION DE LOS BLOQUES DE FUNCIONES	75
4.1.4.1. AI – ENTRADA ANÁLOGA	75
4.1.4.2. OSDL -SELECTOR DE SEÑAL DE SALIDA Y LIMITADOR DINÁMICO	77
4.1.4.3. ISEL (INPUT SELECTOR)	80
4.1.4.4. ARTH – ARITHMETIC	83
4.1.4.5. PID – PROPORTIONAL, INTEGRAL, DERIVATIVE CONTROL	85
4.1.4.6. AO – ANALOG OUTPUT	87
4.2. CONFIGURADOR SYSCON 302	88
4.2.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA LA INSTALACION DEL SYSCON	90

CAPÍTULO V

ESTRUCTURAS DE CONTROL TRADICIONAL Y FIELDBUS	92
5.1. ESTRUCTURAS DE CONTROL EMPLEANDO LA NORMA ISA	92
5.1.1. CONTROL DE NIVEL A TRES ELEMENTOS	92
5.1.2. CONTROL DE TEMPERATURA A TRES ELEMENTOS	96
5.1.3. CONTROL DE COMBUSTIÓN DE LÍMITES CRUZADOS, CON CONTROL DE PRESIÓN MÍNIMA DE COMBUSTIBLE EN LOS QUEMADORES Y CORRECCIÓN ANTICIPADA DE DEMANDA	99
5.2. ESTRUCTURAS DE CONTROL EMPLEANDO EL PROGRAMA DE CONFIGURACIÓN SYSCON.	105
5.2.1. CONTROL DE NIVEL A TRES ELEMENTOS	105
5.2.1.1. ALGORITMO DEL CONTROL DE NIVEL	106
5.2.2. CONTROL DE TEMPERATURA A TRES ELEMENTOS	101
5.2.2.1. ALGORITMO DEL CONTROL DE TEMPERATURA	109
5.2.3. CONTROL DE COMBUSTIÓN DE LÍMITES CRUZADOS, CON CONTROL DE PRESIÓN MÍNIMA DE COMBUSTIBLE EN LOS QUEMADORES Y CORRECCIÓN ANTICIPADA DE DEMANDA	112
5.2.1.1. ALGORITMO DEL CONTROL DE PRESION	113
5.3. DIAGRAMAS DE VISUALIZACIÓN	119

CAPITULO VI

COTIZACION DE LOS EQUIPOS FIELDBUS FOUNDATION	121
--	-----

CAPÍTULO VII

VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE PRESENTAN LOS EQUIPOS FIELD BUS	127
7.1. VENTAJAS	127
7.1.1. FACILITA EL MANTENIMIENTO	127
7.1.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO BAJOS	128
7.1.3. ELIMINACIÓN DEL HARWARE TRADICIONAL	128
7.1.4. FLEXIBILIDAD	128
7.1.5. INTEROPERABILIDAD	129
7.1.6. FACILIDAD DE APRENDIZAJE	129
7.2. DESVENTAJAS	130
7.2.1. COSTOS	130
7.2.2. SE REQUIERE MANO DE OBRA ESPECIALIZADA.	130
7.2.3. AÚN NO ES ACEPTADA COMO NORMA ESTÁNDAR ÚNICA	130
CONCLUSIONES	131
RECOMENDACIONES	133
ANEXO A	134
ANEXO B	135
ANEXO C	140
ANEXO D	143
ANEXO E	144

INDICE DE FIGURAS

Pág.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

GONZALO ZEBALLOS

Fig.1.1.Central Termoeléctrica Gonzalo Zeballos	4
Fig.1.2. Unidad generadora de vapor acuatubular	5
Fig.1.3. Diagrama de flujo de combustible	11

CAPÍTULO II

INSTRUMENTACIÓN EXISTENTE PARA EL CONTROL DE LA

CALDERA DE LA CENTRAL

Fig. 2.1. Rotámetro	16
Fig. 2.2. Tubo de Venturi	18
Fig. 2.3. Termocupla	20
Fig. 2.4. Conjunto Tobera-Obturador	22
Fig. 2.5. Indicador de nivel	25
Fig. 2.6. Función básica del Relevador	27
Fig. 2.7. Mecanismo de operación del Relevador	27
Fig. 2.8. Vista frontal de los Generadores de Función	29

Fig. 2.9. Vista frontal del Selector	30
--------------------------------------	----

CAPÍTULO III

EQUIPOS FIELDBUS PROPUESTOS PARA EL CONTROL DE LA

CALDERA

Fig. 3.1. Comparación de las tecnologías de comunicación industrial	35
Fig. 3.2. Modelo Fieldbus	36
Fig. 3.3. Transferencia de datos cíclicos	39
Fig. 3.4. Transferencia de datos acíclicos	39
Fig. 3.5. Distancias de una red Fieldbus	42
Fig. 3.6 Distancias máximas entre repetidores	43
Fig. 3.7. Transmisores LD302	45
Fig. 3.8. Transmisor TT302	47
Fig. 3.9. Convertidor FP302	49
Fig. 3.10. Tarjeta PCI302	50
Fig. 3.11. Perspectiva de la tarjeta PCI302	51
Fig. 3.12. Diagrama del hardware de la tarjeta PCI302	51
Fig. 3.13. Cable SC71	54
Fig. 3.14. Vista de los pines del SC71	55
Fig. 3.15. Esquema de conexión del PS302	56
Fig. 3.16. Vista frontal del PS302	57
Fig. 3.17. Diagrama de bloques del PSI302	58

Fig. 3.18. Vista frontal del PSI302, modelo DF49	59
Fig. 3.19. Vista frontal del PSI302, modelo DF53	60
Fig. 3.20. Terminal del bus BT302	62
Fig. 3.21. Topología bus	63
Fig. 3.22. Caja de uniones JB	65
Fig. 3.23. Esquema de conexión utilizando cajas de uniones JB	66

CAPÍTULO IV

HERRAMIENTAS DE CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS

FIELDBUS

Fig. 4.1. Conexión típica en cascada	75
Fig. 4.2. Estructura interna del bloque AI	76
Fig. 4.3. Estructura interna del bloque OSDL	78
Fig. 4.4. Estructura interna del bloque ISEL	80
Fig. 4.5. Estructura interna del bloque ARTH	83
Fig. 4.6. Estructura interna del bloque PID	86
Fig. 4.7. Estructura interna del bloque AO	87

CAPÍTULO V

ESTRUCTURAS DE CONTROL TRADICIONAL Y FIELDBUS

Fig. 5.1. Diagrama de control de nivel a tres elementos	95
Fig. 5.2. Diagrama de control de temperatura a tres elementos	96

Fig. 5.3. Diagrama de control de combustión de límites cruzados, con control de presión mínima de combustible en los quemadores y corrección anticipada de demanda	99
Fig. 5.4. Diagrama de control de nivel a tres elementos , Syscon	105
Fig. 5.5. Diagrama de control de temperatura a tres elementos, Syscon	108
Fig. 5.6. Diagrama de control de combustión de límites cruzados, con control de presión mínima de combustible en los quemadores y corrección anticipada de demanda, Syscon	112
5.3. Diagramas de visualización	119

INDICE DE TABLAS

Pág.

CAPÍTULO II

INSTRUMENTACIÓN EXISTENTE PARA EL CONTROL DE LA CALDERA DE LA CENTRAL

Tabla 2.1	21
Tabla 2.2	32

CAPÍTULO III

EQUIPOS FIELDBUS PROPUESTOS PARA EL CONTROL DE LA CALDERA

Tabla 3.1	42
Tabla 3.2	54

CAPÍTULO IV

HERRAMIENTAS DE CONFIGURACION DE LOS EQUIPOS FIELDBUS

Tabla 4.1	74
-----------	----

CAPÍTULO V

ESTRUCTURAS DE CONTROL TRADICIONAL Y FIELDBUS

Tabla 5.1	95
Tabla 5.2	98
Tabla 5.3	104

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA GONZALO ZEBALLOS

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La central Termoeléctrica Ing. Gonzalo Zeballos se encuentra ubicada en el Km. 7½ vía a Salinas.

Tiene una capacidad de generación de 166MW, con una turbina a gas de 20MW y dos unidades idénticas a vapor de 73MW, de servicio continuo. La generación de vapor es de 295 Ton/hora para cada una.

En la fig. 1.1 se muestra el diagrama general de la central. Partiendo desde el condensador, el agua de alimentación la sustancia de trabajo es extraída por medio de la bomba de condensado. Luego el fluido presurizado pasa a ser precalentado por tres calentadores en serie; el incremento de temperatura en esta etapa es de 44°C a 120°C. Continuando el ciclo se tiene el sistema de agua de alimentación conformado por la bomba de agua de alimentación y dos calentadores de alta presión (calentadores 4 y 5) que incrementan su temperatura hasta los 220°C. La bomba tiene la función fundamental de incrementar la presión del fluido a un nivel mayor que la presión del domo agua-vapor (96 Kg./cm²), a donde llega el líquido luego de pasar por los dos calentadores. Finalmente el agua se vaporiza en condiciones de saturación en base al fenómeno de circulación natural que se produce en el banco de tubos que interconectan los domos de agua-vapor (domo superior) y de agua (domo inferior), así como también en las paredes de tubos de agua del hogar del caldero cuyos colectores superiores se comunican también con el domo superior.

La caldera tiene una evaporación nominal continua de 295Ton/hora y temperatura final de vapor de 510°C. Se la denomina temperatura final porque

el vapor saturado que parte del domo superior se recalienta inicialmente en el supercalentador primario, luego pasa al atemperador en donde es mezclado con porciones relativamente pequeñas de agua a fin de controlar su temperatura, para finalmente llegar al supercalentador secundario.

Así el vapor en condiciones de 88Kg/cm^2 de presión y 510°C de temperatura, convierte su energía térmica en cinética al ser admitido por la turbina en donde se produce la conversión a energía mecánica manifestada por la rotación, y que por acoplamiento de ejes transmite su giro de 3600 r.p.m. al generador.

Parte del vapor que pasa por la turbina es sacado a través de cinco extracciones destinadas al precalentamiento del condensado y agua de alimentación en los respectivos calentadores, por lo que éste constituye un ciclo regenerativo. El vapor que no ha sido extraído de la turbina se descarga al condensador.

En el condensador el vapor, en condiciones de 44°C y una presión de vacío de 50mm de Hg. absolutos, fluye por la parte externa de los tubos de enfriamiento, se condensa y se acumula en el llamado “pozo caliente”, dando inicio nuevamente al ciclo descrito. Dentro de los tubos de enfriamiento del condensador circula agua de mar a temperatura ambiente (23°C a 30°C).

1.2. COMPONENTES BÁSICOS DE LA PLANTA

1.2.1. CALDERA

La caldera es de tipo acuatubular con domos de agua-vapor y de agua, y con cámara de combustión frontal.

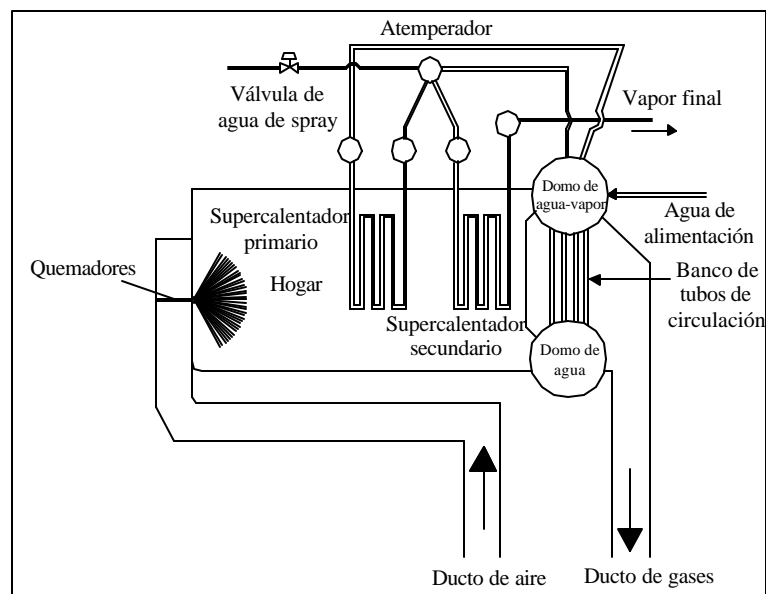


Fig.1.2. Unidad generadora de vapor acuatubular

La caldera se calienta mediante la quema de combustible residuo Bunker C o puede ser modificada para usar gas natural. Su capacidad máxima continua de producción de vapor es de 295Ton/h. La presión del agua de alimentación es de 103Kg/cm², con una temperatura de 220°C.

En la figura 1.2 se muestran las partes principales de la caldera, las cuales son:

- Domo de agua o inferior.
- Domo de vapor o superior.
- Banco de tubos de circulación.
- Hogar (cámara de combustión).
- Supercalentador primario.
- Supercalentador secundario.
- Atemperador.
- Quemadores.
- Ducto de gases.

- Ducto de aire

El hogar es el lugar donde ocurre la quema de combustible. El hogar está constituido por una cámara, en cuyo interior se introduce combustible a través de los inyectores. Este combustible se quema al entrar en contacto con el aire de combustión.

Los tubos que interconectan los domos y los que se encuentran en las paredes del hogar, contribuyen a la vaporización de acuerdo a su ubicación con respecto a la fuente de calor.

El agua de alimentación, precalentada en los calentadores y presurizada por las bombas entra al domo de agua-vapor, se mezcla con agua saturada separada del vapor y se descarga al domo de agua por los tubos posteriores. Como los tubos frontales de la caldera se encuentran en contacto con el gas de combustión a mayor temperatura que los tubos de posteriores, el agua tiende a fluir hacia el domo superior. De esta manera se produce la circulación natural por diferencia de densidades.

El vapor saturado sale del domo superior y fluye al supercalentador primario donde es calentado por el calor de radiación y convección del gas de combustión del hogar. Luego ingresa al atemperador donde se le añade agua en forma de rocío, mediante la apertura de la válvula de agua de spray (CV-3), para controlar la temperatura de salida del vapor

supercalentado; finalmente entra al supercalentador secundario donde es calentado por el calor de convección del gas de combustión del hogar.

Los sistemas y equipos auxiliares que asisten a la caldera con el fin de generar vapor son:

- a. Sistema de agua de alimentación.
- b. Sistema de combustible.
- c. Sistema aire-gas de combustión
- d. Sistema de sopladores de hollín.
- e. Sistema de enfriamiento de aceite de lubricación del turbo-generador.
- f. Equipos de inyección química.
- g. Equipos de aire de sellado y aspirado.
- h. Equipo de prueba de temperatura del hogar.
- i. Equipo de muestreo y análisis de gases.

1.2.1.1. SISTEMAS AUXILIARES DE LA CALDERA

A continuación se describen brevemente algunos de los sistemas auxiliares más importantes de la caldera.

a.- SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de agua de alimentación de la caldera empieza con la salida de agua saturada del calentador número 3C a 160°C, la cual es succionada por una de las dos bombas de agua de alimentación que elevan la presión hasta 108Kg/cm². Una sola bomba tiene capacidad para manejar 300T/h por lo cual opera una a la vez mientras que la otra es alterna.

El fluido pasa por los calentadores 4 y 5 antes de llegar al domo superior de la caldera. Los parámetros después de estos calentadores son 105Kg/cm² a 200°C y 103Kg/cm² a 220°C, respectivamente. Estos datos son para carga nominal.

Los calentadores 4 y 5 son horizontales y reciben las extracciones de vapor 2 y 1 respectivamente del lado de alta presión de la turbina, por lo que también se los llama calentadores de alta presión. Hay una derivación de la línea de

agua de alimentación antes de entrar al calentador 4 que va al atemperador para controlar la temperatura del vapor.

b.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Este sistema consta de bombas, controladores y válvulas que trabajan alternamente. El combustible es succionado de los tanques diarios por medio de una bomba a una temperatura de 45°C y descargado a una presión de 19Kg/cm² que es mantenida por un controlador de presión que regula la válvula automática (CV-21) de retorno a los tanques de almacenamiento. (Ver figura 1.3) La temperatura en la succión de la bomba es regulada por medio de un controlador que gobierna la válvula (CV-20) que permite el paso de vapor al calentador de succión para calentar el combustible.

En el calentador de combustible se eleva la temperatura a 100°C y es mantenida en ese valor por medio de un controlador de temperatura que regula la entrada de vapor al calentador por medio de la válvula de control (CV-22).

Finalmente el combustible a 100°C ingresa al hogar por los inyectores a una presión de 10.5Kg/cm².

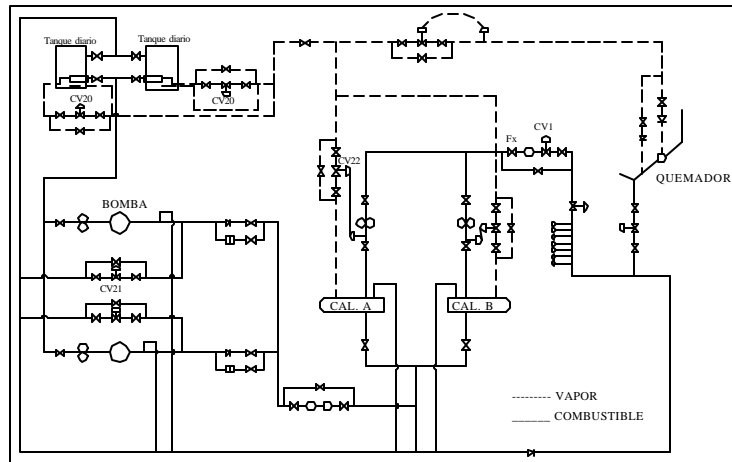


Fig.1.3. Diagrama de flujo de combustible

c.- SISTEMA AIRE-GAS

El ventilador de tiro forzado toma aire de la atmósfera, el cual es precalentado por el calentador de aire a vapor. Esto previene la corrosión de los elementos de calentamiento del calentador de aire regenerativo (C.A.R.).

El aire que sale del calentador de aire regenerativo es conducido a por el ducto de aire hacia los quemadores.

1.2.2. TURBINA

La turbina es del tipo impulso monocilíndrica. Tiene catorce etapas: Una de velocidad, diez de impulso y tres de reacción. Cuenta con cinco

extracciones de vapor a diferentes presiones y temperaturas para precalentamiento de los sistemas de condensado y agua de alimentación de la caldera. Su velocidad de régimen es de 3600 r.p.m. con un rendimiento máximo de 73MW.

La bomba del sistema de aceite de lubricación y el sistema de control hidráulico se encuentran acoplados en un extremo del eje de la turbina. Tiene además un sistema controlador de velocidad cuyos componentes son: El regulador de velocidad (gobernador), el cambiador de velocidad y el limitador de carga.

La turbina cuenta con elementos de protección que detectan las condiciones de operación y actúan para evitar situaciones riesgosas. Éstos supervisan parámetros tales como la vibración del rotor en los cuatro cojinetes, la excentricidad del rotor, la posición del rotor, la velocidad excesiva, el bajo vacío de escape y la temperatura diferencial.

1.2.3. CONDENSADOR

El condensador es de doble paso, horizontal, con cajas de agua divididas. Tiene una superficie de transferencia de 4.430m², área constituida por 6.566 tubos por los que circula el agua de enfriamiento (agua de mar) con una capacidad de 108m³/minuto y cuyos diámetros interiores son de 24.4mm. Trabaja en vacío de 700mmHg.

El condensador provee el medio más económico para extraer el calor al final del ciclo y convertir el vapor que sale de la turbina en agua a fin de reusarlo en el proceso. Una vez que el vapor se condensa es receptado en la parte inferior del condensador denominada pozo caliente. De aquí, el condensado recuperado está listo para alimentar una nueva etapa al ser impulsado por las bombas de condensado.

El condensador tiene además un sistema de protección catódica de corriente contra la corrosión electrolítica que se produce por el uso de agua salada.

1.2.4. GENERADOR

El generador es sincrónico de rotor cilíndrico, de 2 polos autoexcitado, 3 fases, 85MVA, factor de potencia de 0.85, velocidad de 3.600r.p.m., 13.8KV, 3.593A, refrigerado por hidrógeno.

El generador se autoexcita por medio de puentes rectificadores de estado sólido. La ventilación es del tipo radial múltiple. La recirculación la realizan ventiladores fijados a los extremos del rotor. Tanto el estator como el rotor están provistos de cámaras, espacios y ductos para permitir el paso del fluido enfriador.

CAPÍTULO II

INSTRUMENTACIÓN EXISTENTE PARA EL CONTROL DE LA CALDERA DE LA CENTRAL

Se define por instrumentos a los aparatos que en una aplicación industrial nos permiten medir y controlar variables físicas del proceso. Un instrumento tendrá pues un elemento primario (mecanismo de medición) que estará en contacto con el proceso detectando la variable a medir.

Son elementos primarios o detectores, el tubo de Venturi, el rotámetro, el tubo Bourdon y la termocupla.

2.1. ELEMENTOS PRIMARIOS

2.1.1. MEDIDOR DE CAUDAL DE ÁREA VARIABLE (ROTÁMETRO)

En los rotámetros el área de flujo se varía de modo que ocasione una diferencia de presiones constante, es por esto que a dichos instrumentos se los denomina medidores de área variable. Un rotámetro consiste en un tubo cónico y un flotador interior que indica la cantidad de fluido que circula a través del tubo (ver Fig. 2.1). Los tubos empleados en los rotámetros pueden ser de vidrio o metálicos. Los tubos de vidrio pueden ser lisos o con nervios interiores que sirven para guiar el flotador y los metálicos son siempre lisos. Los tubos pueden tener grabada una escala en unidades de flujo o porcentaje.

El área libre entre el flotador y la pared interior del tubo forma un orificio anular.

Al variar el flujo el flotador sube o baja, variando el área del espacio anular de tal forma que la pérdida de presión a través de este anillo es igual al peso del flotador en el fluido.

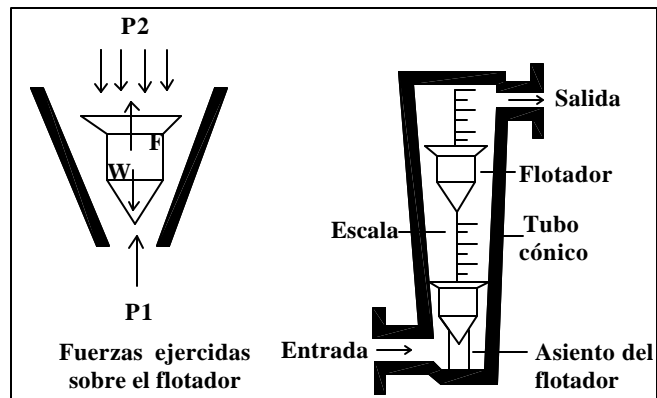


Fig. 2.1. Rotámetro

Las fuerzas ejercidas sobre el flotador son:

W, peso del flotador.

F, fuerza dirigida hacia arriba que equivale al peso del volumen del líquido desalojado cuando el flotador está sumergido.

P1, presión por debajo del flotador.

P2, presión por encima del flotador.

El flotador estará en equilibrio cuando las fuerzas ejercidas hacia abajo y hacia arriba estén en equilibrio, es decir:

$$W + P2 = P1 + F,$$

entonces: $W - F = P1 - P2$

El lado derecho de la ecuación representa la caída de presión a través del flotador, mientras que el lado izquierdo representa una diferencia constante, luego la pérdida de presión debe ser constante y no depende de la cantidad de fluido.

La presión diferencial a través de un orificio es proporcional al cuadrado de la cantidad de flujo. El flotador es empujado hacia arriba hasta que la fuerza elevadora originada por la presión diferencial a través del flotador, es igual a su peso. Así la presión diferencial permanece constante y el área del orificio anular y la altura alcanzada por el flotador son proporcionales a la cantidad de caudal.

2.1.2. TUBO DE VENTURI

El tubo de Venturi se utiliza para medir presiones diferenciales de gases o líquidos. Consiste en dos conos, uno convergente y otro divergente, unidos por un carrete en el centro que con bridas en ambos lados constituye la garganta o parte más contraída del tubo (ver Fig. 2.2).

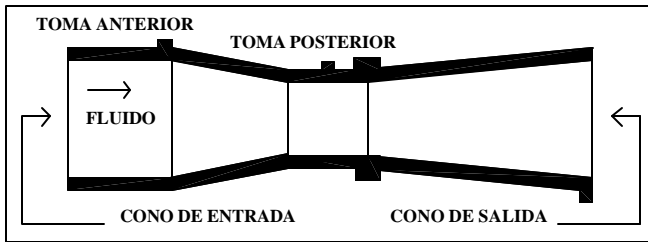


Fig. 2.2. Tubo de Venturi

A la primera sección o cono de entrada se conecta la toma de alta presión (toma anterior). La toma de baja presión (toma posterior) se conecta en la garganta del tubo. Al cono de salida se le llama cono de recuperación, ya que recupera una parte muy importante de la pérdida de presión provocada por la restricción.

El tubo de Venturi presenta como ventajas alta exactitud, mantenimiento mínimo y pérdida de carga muy pequeña por rozamiento y/o presencia de elementos mecánicos, y como desventajas un costo elevado y dificultad en la instalación.

2.1.3. TUBO DE BOURDON

Puede utilizarse para medir desde vacíos hasta presiones muy elevadas. Consiste básicamente en un tubo de sección elíptica, metálico y curvado en forma de arco. Este arco está cerrado por un extremo, al cual se adapta un acoplamiento que lo une a un sector dentado y un piñón. El otro

extremo está fijo y por él se aplica la presión que deseamos medir. También es pieza fundamental un resorte en espiral que disminuye la inercia del sistema. Los materiales y espesores del tubo de Bourdon varían en función de la presión a medir, siendo lógicamente más robustos y de mayor pared si la presión es mayor. Los materiales normalmente empleados para su construcción son bronce al fósforo o al berilio y acero inoxidable. Estas aleaciones no se alteran, permaneciendo su elasticidad constante por tiempo indefinido.

Al aplicar la presión el tubo tiende a enderezarse ligeramente, por lo que el movimiento es transmitido y amplificado por el sector dentado y el piñón sobre el que va montada la aguja indicadora.

Este instrumento mide la presión relativa o manométrica, es decir la diferencia algebraica entre la presión a medir y la atmosférica.

2.1.4. TERMOCUPLA

Una termocupla es un sensor que mide temperatura. Las termocuplas son construidas con dos cables (A y B) hechos de diferentes metales o aleaciones, unidos en un extremo llamado juntura de medición o juntura caliente, su representación se la puede observar en la Fig. 2.3. El otro extremo de la termocupla permanece abierto y se conecta al transmisor de temperatura; este punto es llamado juntura de referencia o juntura fría.

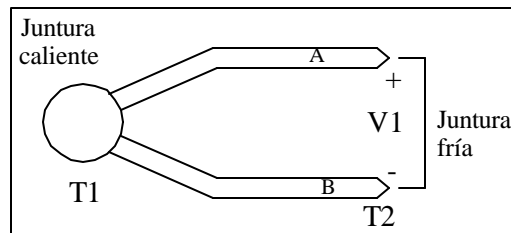


Fig. 2.3. Termocupla

Cuando hay una diferencia de temperatura a lo largo de un cable metálico, un pequeño potencial eléctrico, único para cada aleación, ocurre. Este fenómeno se conoce como efecto Seebeck. Cuando dos cables de metales diferentes son unidos en un extremo y se deja abierto el otro, una diferencia de temperatura entre los dos extremos resultará en un voltaje, ya que los potenciales generados por materiales diferentes son también diferentes y no se anulan entre sí. Entonces el voltaje generado por la termocupla es proporcional a la diferencia entre las temperaturas de la juntura de medición y de la juntura fría.

Se debe usar cable para termocupla todo el camino desde el sensor hasta los terminales del transmisor, para evitar la formación de nuevas juntas con un efecto Seebeck adicional.

Las termocuplas que se encuentran en la caldera son tipo J hechas de Hierro y Constantan (Hierro vs. Cobre-Níquel). En la siguiente tabla (tabla 2.1) se muestran las termocuplas utilizadas (ver anexo A):

ELEMENTO	RANGO	TIPO	SERVICIO
TE-101	200-600°C	J	Temperatura del vapor final
TE-102	200-600°C	J	Temperatura del vapor a la salida del atemperador
TE-115A	200-600°C	J	Temperatura del vapor final
TE-115B	200-600°C	J	Temperatura del vapor final

Tabla 2.1

2.2. TRANSMISORES NEUMÁTICOS

Los transmisores son instrumentos que captan la variable del proceso y la transmiten a distancia a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o unidad central de proceso. Los transmisores neumáticos generan una señal neumática variable linealmente de 3-15psi para el campo de medida de 0-100% de la variable.

La transmisión neumática adolece del problema de la distancia entre el transmisor y el receptor. Para distancias superiores a 180m la transmisión neumática sólo es aceptable si la variable cambia lentamente; a distancias que sobrepasan los 300m no se recomienda este tipo de transmisión.

Estos transmisores se basan en el sistema tobera-obturador que convierte el movimiento del elemento de medición en una señal neumática (ver Fig.2.4).

El sistema tobera-obturador consiste de un tubo neumático alimentado a una presión constante (P_s) con una reducción en su salida en forma de tobera. La tobera puede ser obstruida por una lámina llamada obturador cuya posición (X) es variable.

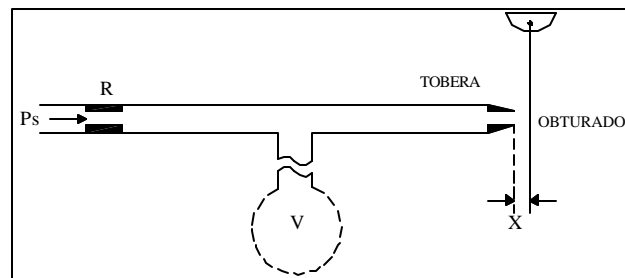


Fig. 2.4. Conjunto Tobera-Obturador

El aire de alimentación a presión normalizada de 20psi pasa por la restricción (R) y llena el volumen cerrado V , escapándose a la atmósfera por la tobera. El escape de aire a través de la tobera depende de la posición del obturador. Debido a este escape el volumen V se encontrará a una presión intermedia (P_1) entre P_s y la presión atmosférica. Para $X=0$, el obturador tapa casi la totalidad de la tobera con lo cual no hay escape de aire a la atmósfera y P_1 llega a ser casi igual a la presión P_s . Para X relativamente grande, el obturador está separado de la tobera y no limita el escape de aire a la atmósfera siendo la presión P_1 próxima a la atmosférica.

2.2.1. TRANSMISORES DE PRESIÓN

Se tienen los transmisores PX-110 y PX-102, que captan la presión de vapor de entrada a la turbina (vapor final) y la presión del combustible en los quemadores respectivamente (ver anexo A).

El mecanismo de medición de estos transmisores es el tubo de Bourdon que está conectado por medio de eslabones a un puntero indicador que se posiciona para señalar la presión medida.

El mecanismo de transmisión consiste en un conjunto tobera-obturador y una unidad reforzadora. El obturador está unido al puntero indicador de tal forma que su posición corresponde a la presión medida. Cuando la presión medida es constante, la tobera y el obturador están en posición de balance. Cuando la presión medida aumenta, el extremo libre del Bourdon reposiciona el puntero indicador haciendo a su vez que el obturador se mueva más cerca de la tobera. Cuando la presión medida disminuye, todos los movimientos se efectúan en la dirección opuesta y la presión de salida del transmisor se mantiene en un nuevo valor disminuido proporcional a la presión medida.

2.2.2. TRANSMISORES DE FLUJO

El transmisor de flujo de combustible FX-101 emplea el rotámetro como mecanismo de medición. El mecanismo de indicación consta de un puntero y escala, y el de transmisión del conjunto tobera-obturador y una

unidad reforzadora. El movimiento del flotador se transmite directamente a través de eslabones de conexión al puntero indicador, el cual se posiciona en la escala indicando el valor medido y a su vez mueve el obturador. Como las presiones de salida desarrolladas por el mecanismo de transmisión son directamente proporcionales a la posición del obturador, son también proporcionales a la posición del flotador y al flujo medido.

Los transmisores FX-103 y FX-104, de flujo de vapor y agua de alimentación, respectivamente, emplean como mecanismo de medición el tubo de Venturi que toma la caída de presión, y una campana de presión diferencial que la detecta. La campana consiste de una carcasa que tiene en su interior un flotador sumergido en mercurio, la presión diferencial se aplica a la campana lo que hace que el flotador se desplace verticalmente hacia arriba o hacia abajo, y transmite este movimiento por medio de una palanca a un pasador que está unido al mecanismo de transmisión. El conjunto tobera-obturador y la unidad reforzadora constituyen el mecanismo de transmisión.

El transmisor de flujo de aire FX-102 tiene como elemento primario el tubo de Venturi. La presión diferencial generada en el tubo de Venturi es aplicada a un diafragma, cuyo movimiento es transmitido por medio de un eslabón a la viga de balance y de ahí a la pluma indicadora.

El transmisor de nivel del domo LX-101, cuyo rango de medición es de $-300\sim 0\sim +300\text{mm}$, se basa en el principio de la presión estática de columnas de agua aplicadas a un manómetro de mercurio, como se muestra en la Fig. 2.5.

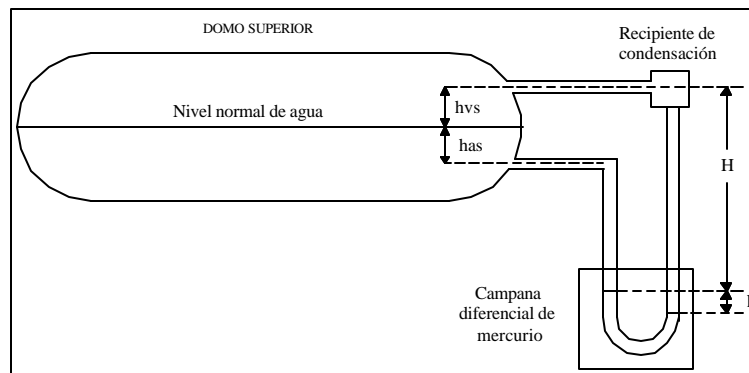


Fig. 2.5. Indicador de nivel

Donde:

h_{vs} , altura de la columna de vapor en el domo.

h_{as} , altura de la columna de agua en el domo.

H , distancia entre las tomas.

Un indicador de nivel de este tipo está operado por el nivel real en el interior del domo lo cual lo hace altamente recomendable. Las conexiones de alta y baja presión que salen del domo están conectadas a la campana

de presión diferencial de mercurio. De acuerdo con esta presión diferencial el flotador adoptará una posición determinada. El flotador está unido a un pasador por medio de una palanca horquetada, es decir, que el desplazamiento hacia arriba o hacia abajo del flotador, producido por variaciones de nivel del domo, se transforma en movimiento de rotación del pasador que ingresa a la caja de indicación del instrumento. El conjunto tobera-obturador constituye el mecanismo de transmisión.

Todos los transmisores aquí descritos se encuentran en el anexo A.

2.3. RELEVADORES

Los elementos relevadores son los siguientes: CC-1, CC-2, CC-6, CC-9, CC-10, CC-11, CC-18, CC-19, CC-21, CC-22, FC-2, FC-3, TC-1, TC-3 y TC-4 (ver anexo A).

Las funciones básicas de un relevador (ver Fig. 2.6) o controlador automático de señal neumática incluyen:

- Recepción de la variable medida M que está siendo controlada.
- Comparación de ese valor con uno de referencia o valor deseado.
- Determinación de la magnitud de cualquier desviación o error E .

- Suministrar una señal correctiva de salida de acuerdo con la desviación.

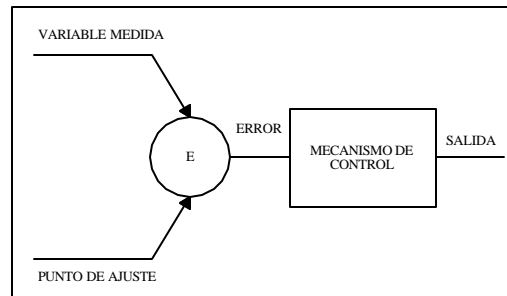


Fig. 2.6. Función básica del Relevador

Para la descripción de la operación del controlador nos referimos a la siguiente figura (Fig. 2.7):

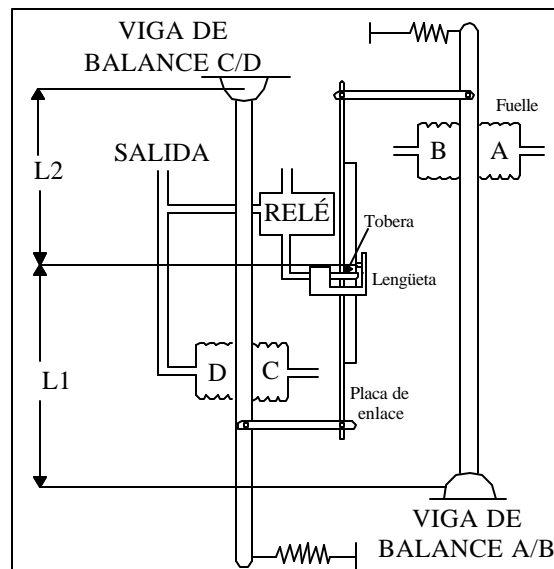


Fig. 2.7. Mecanismo de operación del Relevador

La operación comienza con un cambio en la presión de entrada a los fuelles que posicionan las dos vigas de balance. Este cambio causa desalineamiento de las vigas y por lo mismo una variación del ángulo de la placa de enlace que conecta los extremos libres de las vigas de balance. La placa de enlace soporta a la lengüeta del mecanismo de ganancia. La variación de la distancia entre la lengüeta y la tobera se amplifica en la unidad reforzadora y se transmite como una presión de salida. La unidad reforzadora también suministra una presión al fuelle D para eliminar el desbalance causado por el cambio en la presión de entrada y restaurar la distancia lengüeta-tobera a su posición de balance.

El efecto que un cambio de presión de entrada dado tiene sobre la presión de salida depende de la función para la cual el controlador es ajustado, de la posición del mecanismo de ganancia y de la acción de control empleada.

Con una presión de entrada aplicada únicamente al fuelle A, el controlador transmite una presión de salida proporcional a la presión de entrada.

La entrada al fuelle C se utiliza únicamente para funciones de totalización, substracción o promediación. Siempre que se emplee la acción integral de control, C no tendrá una entrada separada pero recibirá la presión correspondiente al fuelle D a través de una válvula de estrangulación.

El fuelle D, en lugar de tener una entrada individual de señal, está conectado directamente a la presión de salida de la unidad reforzadora o de retroalimentación.

Cuando una presión de entrada es aplicada a más de un fuelle del controlador, la presión de salida es la suma algebraica de las fuerzas resultantes en las vigas de balance AB y CD. Las presiones aplicadas a los fuelles A y C actúan en la misma dirección y se puede obtener una función totalizadora, mientras que las presiones aplicadas a los fuelles A y B (C y D) actúan en direcciones opuestas siendo la presión de salida proporcional a su diferencia.

2.4. GENERADORES DE FUNCIÓN

Los generadores de función son los siguientes: CC-3, CC-15, CC-16, CC-24, CC-26, CC-27, TC-7, TC-8, TC-10, FC-6 y FC-7 (ver anexo A).

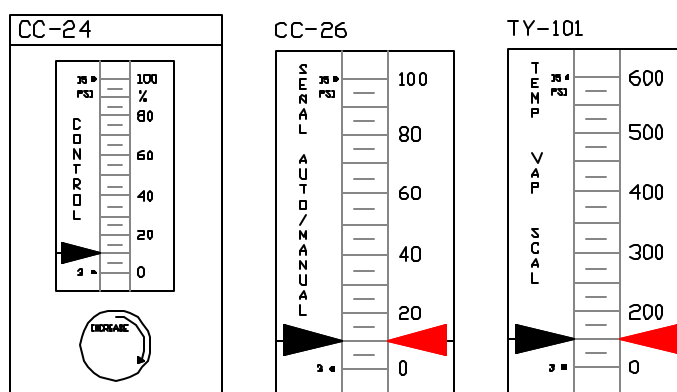


Fig. 2.8. Vista frontal de los Generadores de Función

El generador de función es esencialmente un controlador neumático al cual se ha agregado un mecanismo de control de ganancia. Este mecanismo es sensible a una señal de presión de aire y actúa para repositionar el brazo de ganancia del controlador cuando se produzca una variación de esta señal.

En la figura 2.8, se muestra la vista frontal de los generadores de función.

2.5. SELECTORES

Las selectoras presentes son: CC-4, CC-13, CC-23, TC-9 y FC-4 (ver anexo A).

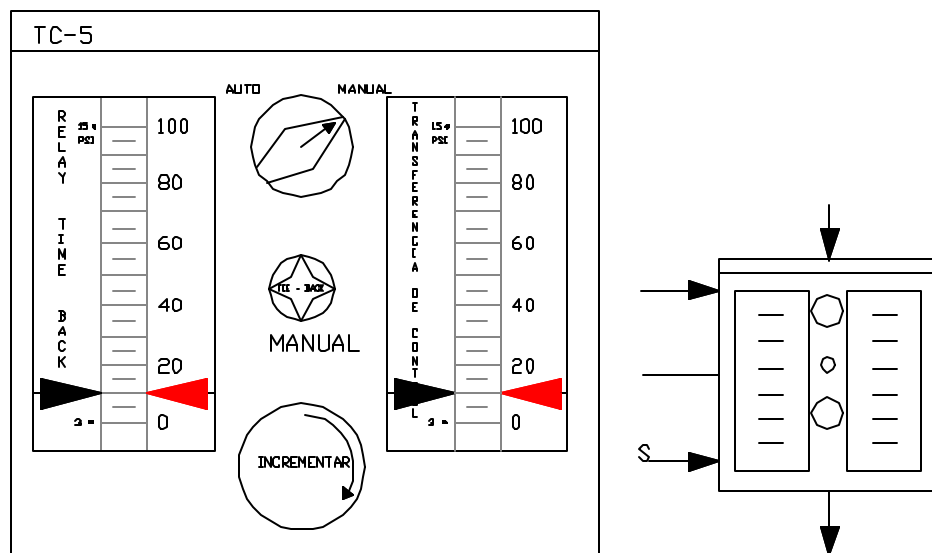


Fig. 2.9. Vista frontal del Selector

Los selectores son instrumentos cuya función principal es permitir el paso de la señal automática de control. En la figura 2.9 se muestra la vista frontal de una

selector. En posición automático el selector recibe la señal proveniente del relevador la cual entra por la vía 6 (entrada) y sale por la vía 2 (salida), y de aquí va al elemento final de control (válvula de control). En posición manual no interviene la señal de control del relevador, sino que ésta sale directamente de la selector hacia el elemento final de control por la vía 2. Con la perilla de ajuste se pueden igualar las señales manual y automática para hacer el cambio de posición de la selector de manual a automático.

2.6. VÁLVULAS DE CONTROL

Las válvulas de control son los reguladores básicos en cualquier proceso en que se manejen corrientes de fluidos. La válvula de control actúa como una resistencia variable en el proceso; mediante el cambio de su apertura se modifica la resistencia al paso del flujo. Una válvula de control consta de dos partes principales: El cuerpo y el actuador. El flujo pasa por el cuerpo. La función del actuador es responder a la señal del controlador y mover las piezas de la válvula para variar el flujo.

A continuación se dan los rangos de medición de algunos de los instrumentos empleados en la caldera (tabla 2.2):

ITEM ELEMENTO	RANGO	MARCA	SERVICIO
1 CD-1	Abierto/Cerrado	BAILEY	Ventilador de tiro forzado
2 CV-1	Abierto/Cerrado	NIIGATA MASONEILAN	Válvula de control del combustible
3 CV-2	Abierto/Cerrado	NIIGATA MASONEILAN	Válvula de control del agua de alimentación
4 CV-3	Abierto/Cerrado	NIIGATA MASONEILAN	Válvula de control del agua de spray del atemperador
5 CV-4	Abierto/Cerrado	NIIGATA MASONEILAN	Válvula de control de la temperatura del aire a la salida del calentador
6 FX-101	0 - 25T/H	BAILEY	Transmisor de flujo de combustible
7 FX-102	0 - 100%	BAILEY	Transmisor de flujo de aire
8 FX-103	0 - 350T/H	BAILEY	Transmisor de flujo de vapor
9 FX-104	0 - 350T/H	BAILEY	Transmisor de flujo de agua de alimentación
10 LX-101	(-300 ~ 0 ~ +300)mm	BAILEY	Transmisor de nivel del domo
11 PX-102	0 - 20Kg./cm	BAILEY	Transmisor de presión del combustible en los quemadores
12 PX-110	20 - 120Kg./cm ²	BAILEY	Transmisor de presión del vapor final
13 TIX-102	200 - 600°C	BAILEY	Transmisor indicador de la temperatura del vapor a la salida del atemperador
14 TRX-101	200 - 600°C	BAILEY	Transmisor registrador de la temperatura del vapor final

Tabla 2.2

CAPÍTULO III

EQUIPOS FIELDBUS

3.1. TECNOLOGÍA FIELDBUS FOUNDATION

Un protocolo es un conjunto formal de reglas y convenciones que gobiernan el intercambio de información entre los equipos que pertenecen a una red, y definen los procedimientos requeridos para iniciar, mantener y terminar una comunicación.

Fieldbus Foundation es la evolución tecnológica en comunicación digital para control de procesos. Difiere de protocolos de comunicación convencionales

porque ha sido diseñado para resolver aplicaciones de control de procesos en lugar de sólo transferir datos en modo digital.

Fieldbus Foundation es un sistema de comunicación bidireccional, serial, digital, que interconecta el equipo de campo como sensores, actuadores y controladores. Fieldbus es una red de área local (LAN) para instrumentos usados en automatización de procesos, con capacidad para distribuir la aplicación de control a lo largo de la red.

Fieldbus Foundation usa bloques de funciones estándares para implementar estrategias de control. Muchas funciones del sistema de control tales como entrada análoga (AI), salida análoga (AO) y control proporcional/integral/derivativo, pueden ser ejecutadas por el dispositivo de campo a través del uso de bloques de funciones. Los dispositivos Fieldbus Foundation tienen bloques de funciones almacenados en sus microprocesadores.

En un Sistema Digital de Control Distribuido (SDCD o Digital Control System DCS) los dispositivos de adquisición de datos presentes en una fábrica, pasan a ser controlados por microprocesadores que se comunican entre sí. El DCS ganó popularidad gracias a sus características, en su momento innovadoras. Tales características incluían mayor confiabilidad en el sistema de control, posibilidad de aumento modular, descentralización del procesamiento y accesibilidad a la

información. Con el tiempo se presentó la necesidad de comunicarse en red a través de códigos digitales confiables. Entonces un nuevo modelo de conexión y operación para la instrumentación de plantas fue propuesto: Fieldbus, llamado también Sistema de Control de Campo FCS (Fieldbus Control System). Con este tipo de control se elimina la mayoría del hardware asociado con el DCS, tales como las tarjetas de entrada/salida y los controladores. En la figura

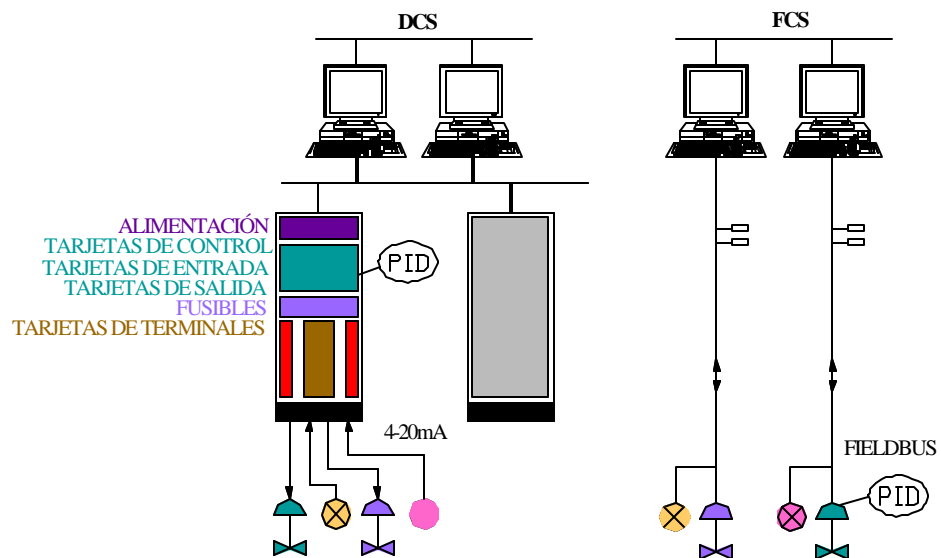


Fig. 3.1. Comparación de las tecnologías de comunicación industrial

La comunicación digital de alta resolución y libre de distorsión (no hay conversiones A/D o D/A) proporciona mayor capacidad y confiabilidad al control.

La tecnología Fieldbus Foundation tal como se indica en la figura 3.2, consta de tres partes:

- a. Capa física;
- b. Pila de Comunicación (capa de enlace, subcapa de acceso y especificación del mensaje);
- c. Aplicación.

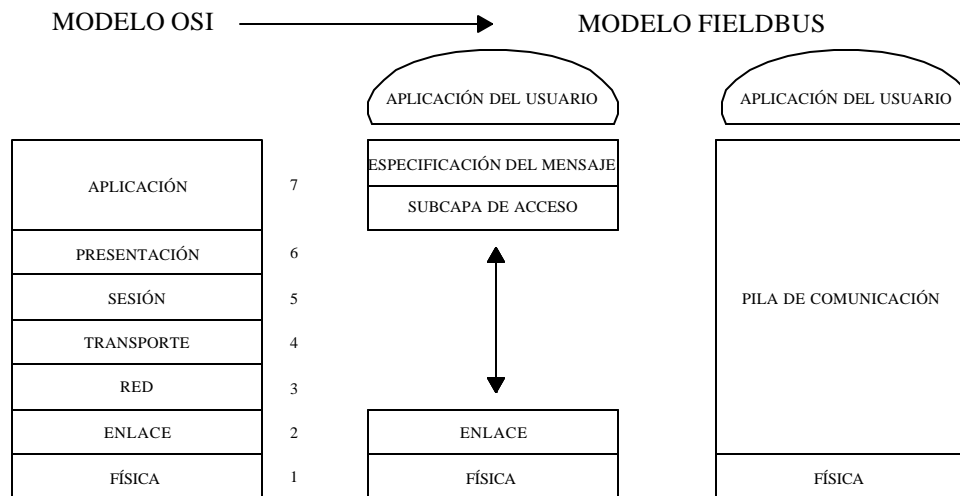


Fig. 3.2. Modelo Fieldbus

El modelo de comunicación por capas OSI (Open Systems Interconnect) es usado para modelar estos tres componentes. El modelo OSI es un modelo conceptual.

Cada capa en el sistema de comunicación es responsable de una parte del mensaje que es transmitido.

- a. La capa Física recibe mensajes desde la parte encargada de la comunicación y los convierte en señales físicas en el medio de transmisión Fieldbus.
- b. La capa de Enlace controla la transmisión de mensajes en la red Fieldbus. Esta capa maneja el acceso a la red a través del Programador Activo de Enlace (LAS, Link Active Scheduler). Hay dos tipos de dispositivos que son definidos en las especificaciones de la capa de enlace:
 - Dispositivo Básico
 - Maestro de Enlace

Todos los transmisores inteligentes Fieldbus Foundation, son dispositivos básicos a menos que se los defina como maestros de enlace.

Los dispositivos maestros de enlace son capaces de convertirse en Programadores Activos de Enlace (LAS), mientras que los dispositivos básicos no tienen tal capacidad.

Una red Fieldbus puede tener múltiples dispositivos maestros de enlace. Si el LAS que está trabajando falla, uno de los dispositivos maestros de enlace se convertirá en LAS para que la operación no sea interrumpida.

Como se muestra en la figura 3.3, cuando llega el momento en que un dispositivo (publicador) debe enviar información, el LAS publica un mensaje CD (Compel Data) al dispositivo. Una vez recibido el CD, el dispositivo publica la información a todos los demás en la red Fieldbus. Cualquier dispositivo que es configurado para recibir la información es llamado “suscriptor”.

Esta forma de transferencia de datos fija en el tiempo es típicamente usada para el traslado regular y cíclico de la información de los lazos de control entre los dispositivos.

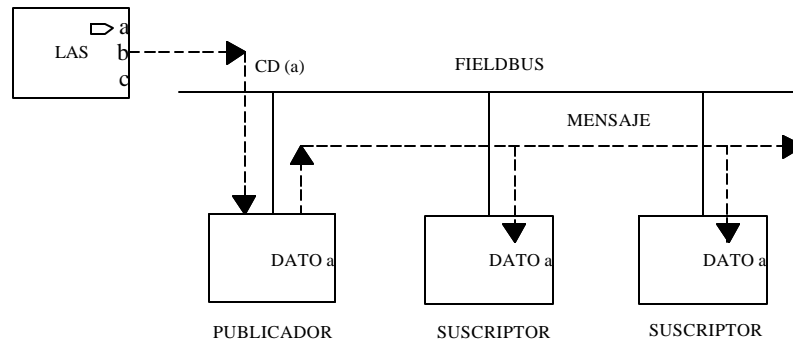


Fig. 3.3. Transferencia de datos cíclicos

Todos los dispositivos en la red Fieldbus tienen la oportunidad de enviar mensajes no cíclicos entre las transmisiones de mensajes cíclicos.

En la figura 3.4 se indica como el LAS le permite a un dispositivo usar el bus de comunicación, publicando un mensaje PT (Pass Token) a dicho dispositivo. Una vez recibido el PT, el dispositivo envía mensajes hasta que haya terminado o hasta que el tiempo de transmisión haya expirado.

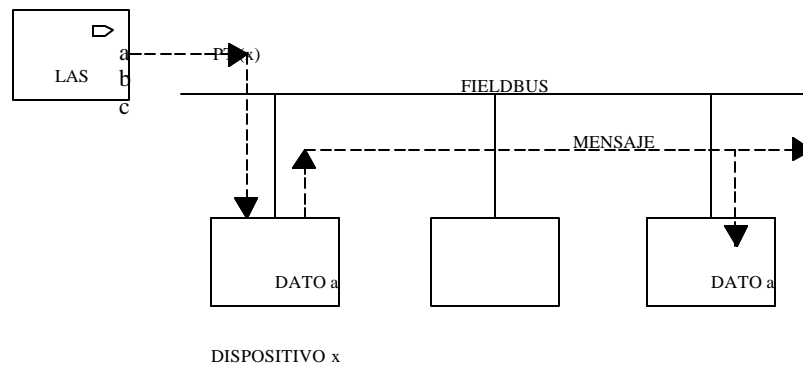


Fig. 3.4. Transferencia de datos acíclicos

La subcapa de acceso a la red usa las características cíclicas y acíclicas de la capa de enlace para proporcionar un servicio a la subcapa de especificación de mensaje. Los tipos de servicios son descritos por las “Relaciones de Comunicación Virtual” (VCR).

Hay diferentes tipos de VCRs:

- **Tipo Cliente/Servidor**, que es usado para comunicación en serie (sin sobrescribir en mensajes previos), acíclica, iniciada por el usuario, uno a uno, entre dispositivos de la red.

Cuando un dispositivo “servidor” recibe un Pass Token (PT) del LAS, éste puede enviar un mensaje a otro dispositivo “cliente” en una red.

- **Tipo Distribución de reporte**, que es usado para comunicación en serie (sin sobrescribir en mensajes previos), acíclica, iniciada por el usuario, desde un dispositivo de la red a varios.

Cuando un dispositivo recibe el PT, envía un mensaje a un grupo de dispositivos en la red.

- **Tipo Publicador/Suscriptor**, que es empleado para comunicación cíclica desde uno a varios dispositivos en la red. En este caso el nuevo dato se sobrescribe en el anterior.

Los servicios de la subcapa de Especificación del Mensaje permiten a las aplicaciones del usuario enviar mensajes de un lado a otro en la red usando un grupo estándar de formatos de mensaje.

- c. Fieldbus Foundation ha definido una Aplicación del Usuario basada en "bloques". Los bloques son representaciones de diferentes tipos de funciones.

Algunas características importantes de la red Fieldbus son:

- Velocidad de transmisión de 31.25Kb/s.
- La alimentación de los equipos Fieldbus (24VDC) puede ser hecha a través de los mismos cables de comunicación o separadamente.
- La red soporta hasta 12 instrumentos alimentados por el mismo cable de comunicación, y 32 con alimentación separada de la comunicación.
- La distancia máxima de la red es de 1900m., incluyendo las derivaciones.

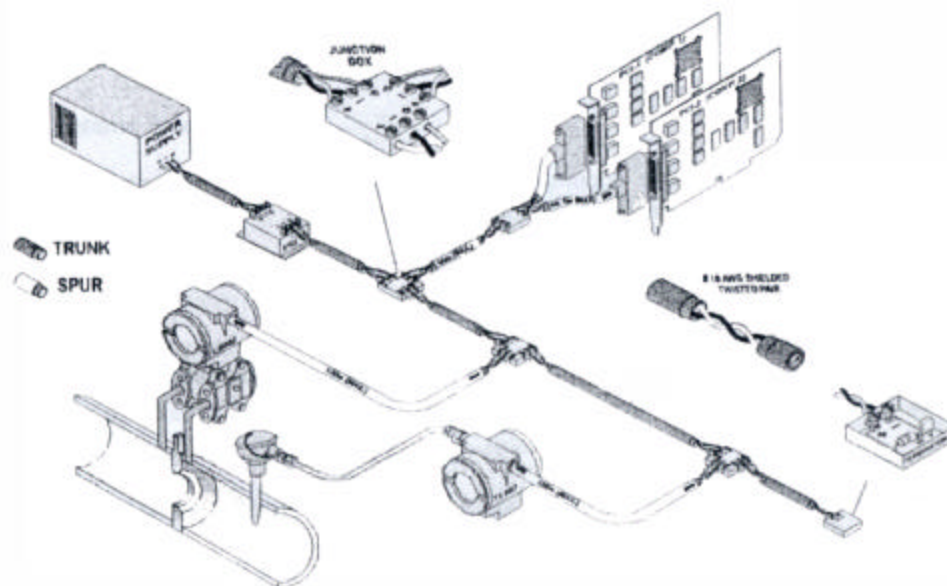


Fig. 3.5. Distancias de una red Fieldbus

Número de elementos	Máxima longitud por spur (m)
25-32	0
19-24	30
15-18	60
13-14	90
01-12	120
Longitud total del Bus (Trunks + Spurs) < 1900m	

Tabla 3.1

Tal distancia puede ser aumentada como se muestra en la figura 3.5, con el uso de repetidores a cada 1900m., teniendo como máximo hasta 4 repetidores.

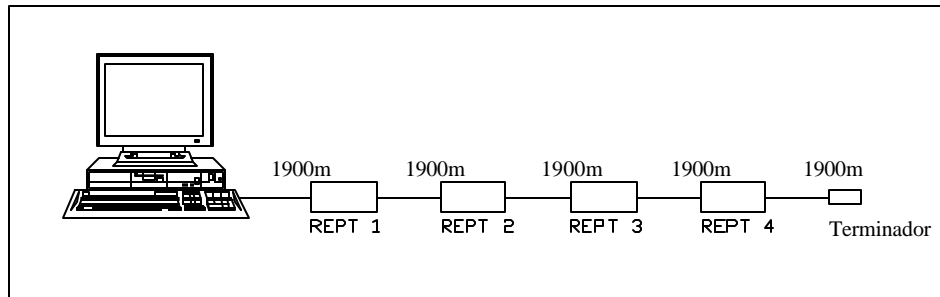


Fig. 3.5. Distancias máximas entre repetidores

El cable ideal para la red es el #18 AWG par trenzado apantallado.

En la red Fieldbus todos los dispositivos pueden ser conectados en paralelo.

3.2. ARQUITECTURA SYSTEM 302

El SYSTEM 302 de la marca Smar, fue construido de acuerdo con las especificaciones de Fieldbus Foundation, y representa un sistema cuya base son los dispositivos de campo con control programado a través de los bloques de funciones. Aquí se incluyen transmisores de presión, temperatura, conversores de señales (Fieldbus a neumática, Fieldbus a eléctrica y viceversa), posicionadores de válvulas, controladores programables para señales discretas y E/S distribuidas, software para configuración, además de otros equipos auxiliares.

3.2.1. LD302, TRANSMISOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL FIELDBUS

3.2.1.1. CARACTERÍSTICAS

Están disponibles en rangos desde 0-125Pa hasta 0-40MPa, y desde 0-0.5inH₂O hasta 0-5800psi.

Tienen 0.075% de precisión del rango calibrado.

La configuración es a través de comunicación FIELDBUS desde una PC o por interruptores de ajuste local.

Permiten la instalación y borrado de bloques de funciones.

Son totalmente digitales (el sensor, las partes electrónicas y la comunicación).

Poseen función de autodiagnóstico.

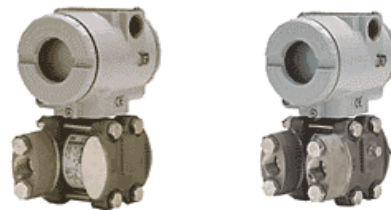
Están diseñados para resistir las variaciones climáticas, a prueba de explosiones e intrínsecamente seguros.

Tienen display LCD para visualización de variables y programación en el campo.

Las características técnicas se encuentran en el anexo B.

3.2.1.2. DESCRIPCIÓN

Es un transmisor utilizado para medir presión diferencial, presión absoluta, nivel y flujo. Está basado en un sensor capacitivo digital probado en el campo que proporciona operación confiable y alto rendimiento. La tecnología digital usada en el LD302 habilita la elección de algunos tipos de funciones de transferencia, permite una fácil interfase entre el campo y la sala de control, una precisión superior, estabilidad y algunas características interesantes que reducen los costos de instalación, operación y mantenimiento. En la figura 3.6 se muestran dos modelos de transmisores de presión LD302.



Presión absoluta

Presión diferencial

Fig.3.6. Transmisores LD302

3.2.2. TT302, TRANSMISOR DE TEMPERATURA

3.2.2.1. CARACTERÍSTICAS

Poseen entrada universal que acepta algunos tipos de termocuplas y RTDs.

Tienen una precisión de 0.02% del rango calibrado.

Se configuran a través de comunicación Fieldbus desde una PC o por interruptores de ajuste local.

Tienen display LCD para visualización de variables y programación en el campo.

Emplean bloques de funciones para crear estrategias de control.

Realizan función de autodiagnóstico.

Son diseñados a prueba de cambios ambientales, explosiones y son intrínsecamente seguros.

Tienen canal dual, es decir que pueden aceptar la conexión de hasta dos sensores.

Las características técnicas se encuentran en el anexo B.

3.2.2.2. DESCRIPCIÓN

Este transmisor está destinado a la medición de temperatura usando RTDs o termocuplas, pero también puede aceptar otros sensores con salida resistiva o en mV tales como pirómetros y celdas de carga. La tecnología digital usada en el TT302 (mostrado en la figura 3.7) permite que un modelo único acepte algunos tipos de sensores, rangos amplios de medición y una fácil interfase entre el campo y la sala de control. El TT302 tiene dos canales, es decir que puede ser configurado para trabajar simultáneamente con dos sensores. De acuerdo a la configuración del transmisor se pueden obtener las siguientes lecturas:

Diferencial.- En este caso hay un solo bloque transductor. La salida del transductor es la diferencia entre las lecturas de los sensores 1 y 2.

Doble.- Se emplean dos bloques transductores y cada sensor proporciona una señal a su respectivo transductor.



Fig.3.7. Transmisor TT302

3.2.3. FP302, CONVERTIDOR DE SEÑAL FIELDBUS A NEUMÁTICA

3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS

- La configuración es hecha a través de la comunicación Fieldbus desde una PC o por ajuste local de interruptores.
- Permiten habilitar y borrar bloques de funciones.
- Pueden realizar autodiagnóstico.
- Son equipos diseñados a prueba de ambientes agresivos, a prueba de explosiones e intrínsecamente seguros.

Las características técnicas se muestran en el anexo B.

3.2.3.2. DESCRIPCIÓN

Es un convertidor principalmente destinado para la conexión de un sistema Fieldbus a una válvula de control actuada neumáticamente o a un posicionador. El FP302 (mostrado en la figura 3.8) produce una salida de 3 a 15psi (0.2 a 1.0Kg/cm²) proporcional a una entrada digital recibida de la red Fieldbus. El aire de alimentación al FP302 debe ser seco, limpio y no corrosivo. La presión máxima del

aire de alimentación es de 1.5Kg/cm^2 , un exceso podría causar daños.



Fig.3.8. Convertidor FP302

3.2.4. PCI 302, INTERFASE DE CONTROL DE PROCESOS

El PCI es una interfase Fieldbus que combina el control de procesos avanzado con el manejo de comunicación múltiple.

El PCI (mostrado en la figura 3.9) es una tarjeta de 16 bits norma ISA, diseñada para trabajar dentro de PCs comerciales o industriales.

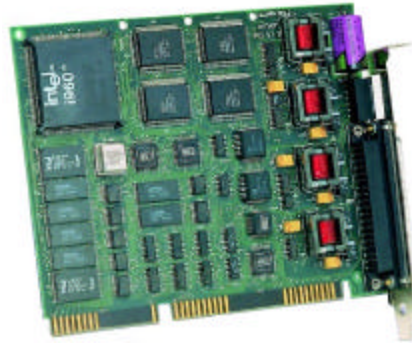


Fig. 3.9. Tarjeta PCI302

Tal como se indica en la figura 3.10, el PCI302 posee cuatro canales maestros Fieldbus con velocidad de comunicación de 31.25Kbps y es alimentada por el CPU RISC de 32 bits. Es directamente conectada al bus de la PC y proporciona una trayectoria de comunicación rápida entre los dispositivos de campo y las aplicaciones en la PC. Todas las tareas de comunicación y control de procesos son ejecutados internamente, manteniendo la PC libre para implementar la mejor interfase hombre-máquina. La arquitectura de software abierto del PCI permite compartir la información entre los canales independientes Fieldbus.

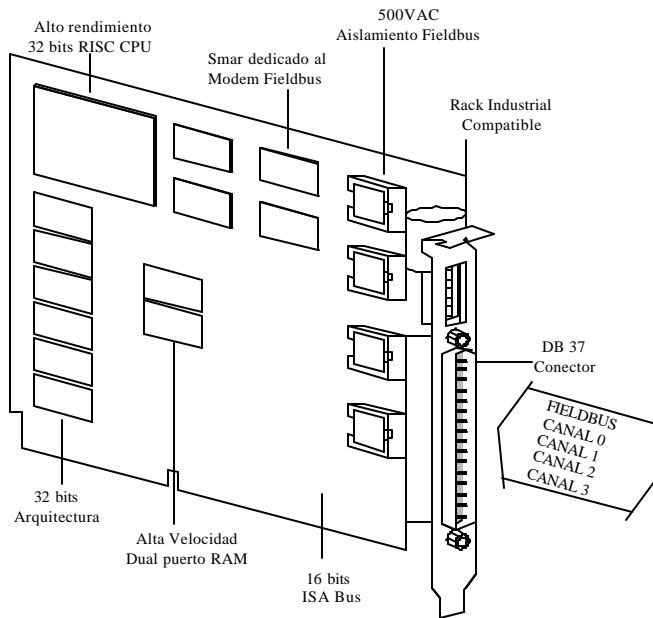


Fig. 3.10. Perspectiva de la tarjeta PCI302

3.2.4.1. HARDWARE

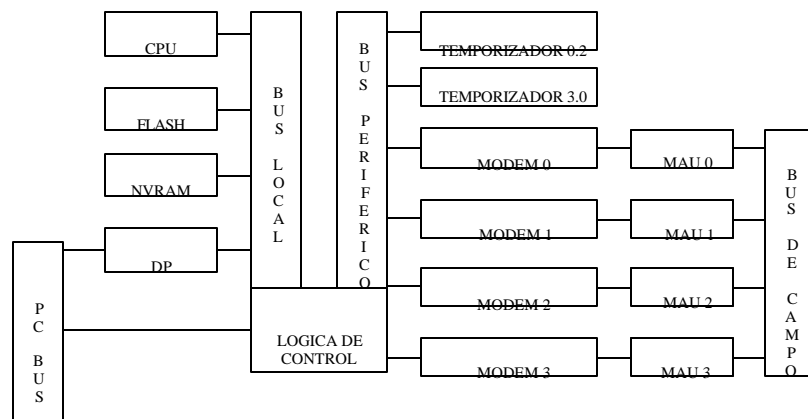


Fig. 3.11. Diagrama del hardware de la tarjeta PCI302

El hardware del PCI302, mostrado en la figura 3.11, consta de los siguientes elementos:

PC BUS (bus de expansión).- Bus de 16 bits ISA al cual se conecta la tarjeta PCI. Este bus proporciona alimentación y permite el acceso de la PC a la tarjeta.

CPU (unidad central de procesamiento).- Es un procesador RISC de 32 bits que maneja todas las tareas de comunicación y control de procesos.

Memoria Flash.- Memoria de 32 bits donde el programa de la PCI es guardado.

NVRAM (Random Access Memory).- Memoria de 32 bits donde las estructuras de datos y los objetos son almacenados.

DP (puerto dual RAM).- Tiene 16 bits de memoria de datos compartida con la PC a través del PC bus. Ambos CPUs (tanto de la PC como de la tarjeta PCI) tienen acceso simultáneo a su memoria, lo que proporciona una trayectoria de comunicación eficiente entre ellas.

Lógica de control.- Sirve para manejar el acceso del CPU a todos los dispositivos (RAM, NVRAM, FLASH, TIMERS, MODEMS).

Bus local.- Bus interno de 32 bits que interconecta la CPU a dispositivos rápidos como: RAM, NVRAM, FLASH y DP.

Bus periférico.- Bus de 8 bits usado por la CPU para conectar dispositivos lentos como: TIMERS y MODEMS.

Timers (temporizadores).- Empleados como base de tiempo para cambios de tareas.

Modems (controladores de comunicaciones Fieldbus).- Chips que ponen en serie los datos de comunicación a una velocidad de 31.25Kbps.

MAU.- Circuito aislador y acondicionador de la señal que adapta la señal digital (0/5V) desde el modem al bus de campo (Field Bus).

Bus de campo.- Es un conector macho DB37 de la parte posterior de la tarjeta PCI, que lleva la información de los 4 canales Fieldbus.

3.2.5. CABLE SC71 PARA CONECTAR LOS DISPOSITIVOS FIELDBUS A LA TARJETA PCI302

El conector macho DB37 de la parte posterior de la tarjeta PCI lleva todas las conexiones para la comunicación Fieldbus, las cuales son hechas a través del cable SC71. Ambas figuras, 3.12 y 3.13, muestran el cable de conexión SC71. La configuración de los pines utilizados se detalla en la tabla 3.1.



Fig. 3.12. Cable SC71

1 PIN	SEÑAL	2 PIN
18	0DATA+	0D+
36	0DATA-	0D-
16	1DATA+	1D+
34	1DATA-	1D-
14	2DATA+	2D+
32	2DATA-	2D-
12	3DATA+	3D+
30	3DATA-	3D-
NC	GND	GND

Tabla 3.2

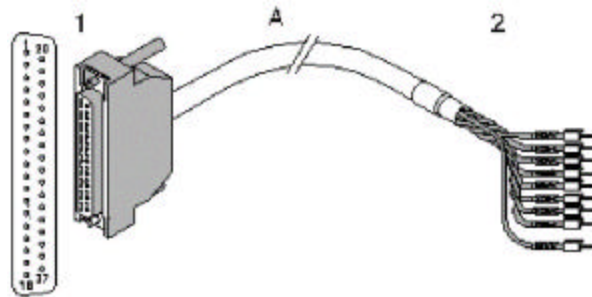


Fig. 3.13. Vista de los pines del SC71

3.2.6. PS302, FUENTE DE ALIMENTACIÓN FIELDBUS

La fuente de alimentación es un equipo sin seguridad intrínseca con una entrada AC universal de 90 a 260VAC, 47 a 440Hz, y una salida de 24VDC aislada con protección de cortocircuito y sobrecorriente, apropiada para alimentar elementos Fieldbus. No hay disparo de la señal de salida cuando la fuente es prendida o apagada.

Si alguna condición anormal ocurre en la salida como sobrecarga o cortocircuito, el interruptor interno automáticamente apaga la fuente protegiendo así su circuito. Una vez que la salida retorna a condiciones normales de operación, el circuito es automáticamente encendido. Este modelo permite redundancia sin requerir algún componente acoplado a su salida.

El PS302 puede alimentar más de 5 impedancias PSI302 (power supply impedance) a plena carga, es decir hasta 15 instrumentos por impedancia.

La interconexión de los elementos Fieldbus a la unidad PS302 debe hacerse como se muestra en la figura 3.15.

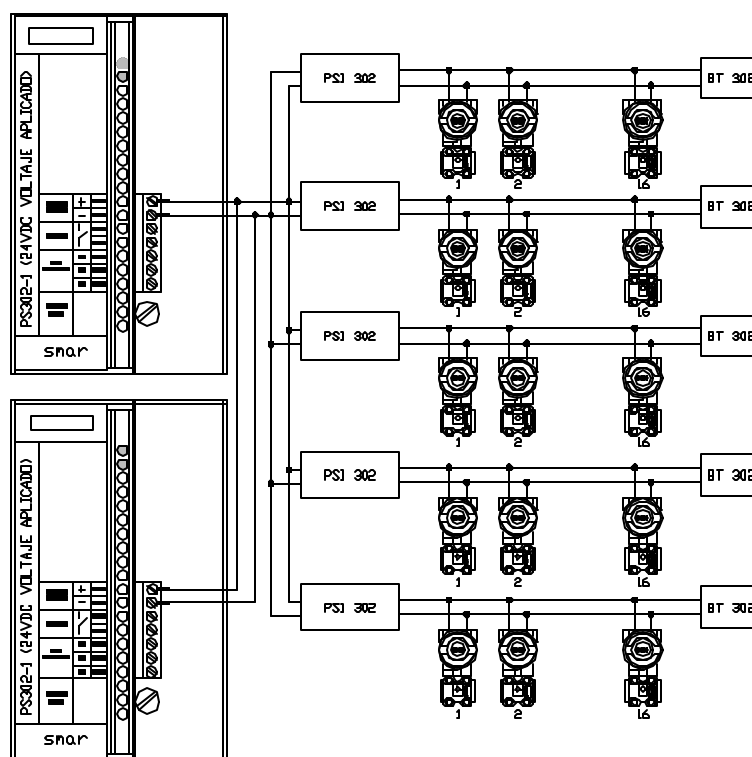


Fig. 3.15. Esquema de conexión del PS30 2

El PS302 tal como se muestra en la figura 3.16, posee tres terminales de entrada (7B, 6B y 5B) que pueden ser conectadas fase/neutro o fase/fase; dos terminales (3B y 4B) que son conectados a un contacto para activar

una alarma en caso de falla de alimentación, cortocircuito de la salida o sobrecorriente; y dos terminales de salida de 24VDC (1B y 2B).

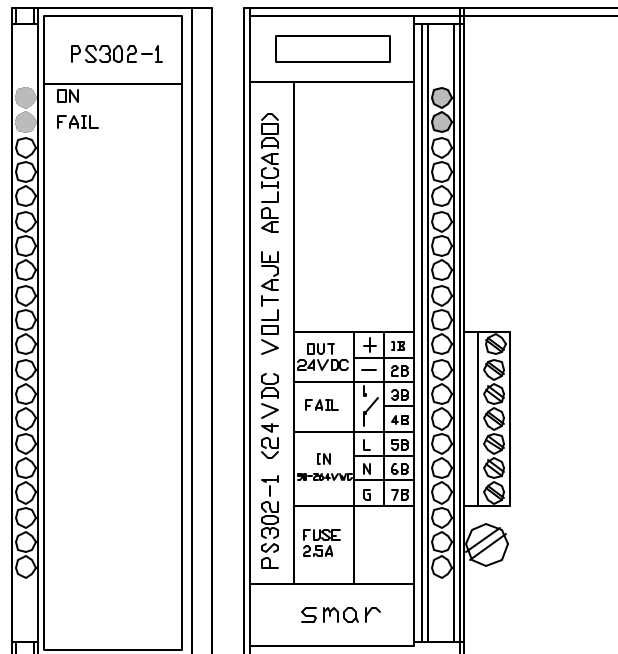


Fig. 3.15. Vista frontal del PS302

3.2.7. PSI 302, IMPEDANCIA DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Este dispositivo tiene una impedancia de salida, que en paralelo con el terminal del bus BT302 de $100\Omega \pm 2\%$, dan como resultado una impedancia de línea puramente resistiva para un amplio rango de frecuencia.

En la figura 3.17 a manera de bloques se muestra la construcción interna del PSI302.

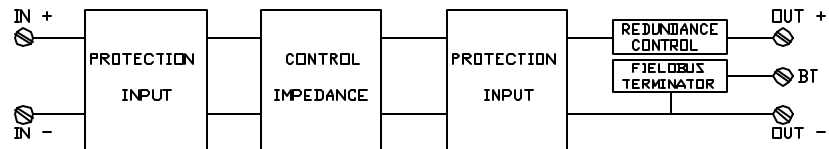


Fig. 3.17. Diagrama de bloques del PSI302

El PSI302 puede ser usado en redundancia conectando su salida (+ output-) en paralelo. Cuando se usa esta configuración queda deshabilitada la salida BT (terminal interno), por lo tanto hay que añadir después del PSI un terminal BT302.

Esta unidad presenta indicación de alimentación y sobrecorriente mediante LEDs. El LED de indicación de alimentación es de color verde y debe estar encendido mientras el equipo esté energizado. El LED de indicación de sobrecorriente es de color rojo y debe ser energizado sólo en caso de sobrecorriente causada por un cortocircuito o por un número excesivo de dispositivos conectados. Además hay un grupo de interruptores para la interconexión de los terminales internos del PSI302. Así el interruptor 1 en posición ON habilita el terminal para el canal 1.

Existen dos modelos de PSI302, el DF49 que tiene dos salidas y el DF53 que tiene cuatro salidas. Ambos modelos se muestran en las figuras 3.18 y 3.19 respectivamente.

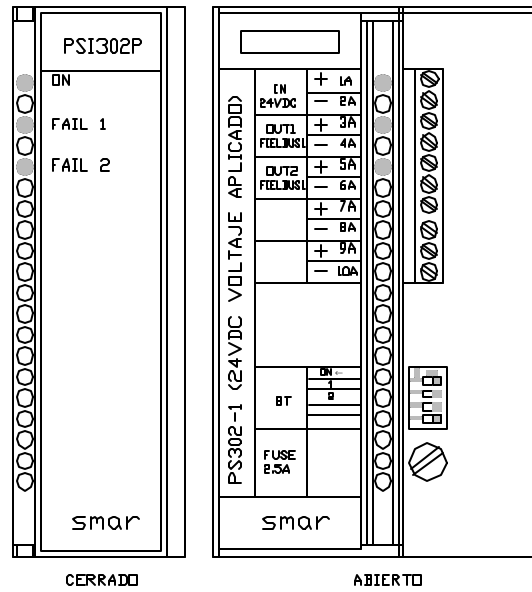


Fig. 3.18. Vista frontal del PSI302, modelo DF49

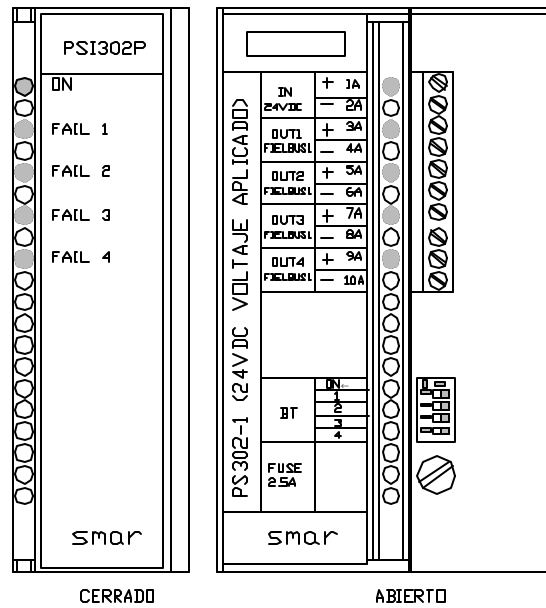


Fig. 3.19. Vista frontal del PSI302, modelo DF53

3.2.8. BT302, TERMINAL DEL BUS

La transmisión Fieldbus se realiza modulando la corriente, y la recepción sensando el voltaje. La función primaria del terminal es convertir la corriente transmitida a un voltaje que pueda ser recibido. De acuerdo al estándar, la corriente debe ser modulada con una amplitud entre $\pm 7.5\text{mA AC}$ a $\pm 10\text{mA AC}$ (Smar usa $\pm 8\text{mA}$). Los dos terminales de 100Ω en paralelo (el terminal del PSI y el BT) resultan en una impedancia de red de 50Ω . El capacitor ($1\mu\text{F}$) en el terminal previene el paso de la alimentación DC a través del

resistor del terminal ya que resultaría en un consumo de potencia de algunos watts.

En un cable de transmisión infinito cuya impedancia característica es Z_0 , las señales de comunicación fluyen unidireccionalmente. Si el cable tiene una juntura donde hay una impedancia diferente (Z_1) a la impedancia característica de la línea, la señal transmitida encuentra una barrera que causa una reflexión de la señal cuya amplitud es proporcional a la impedancia (Z_1). Como la reflexión tiene una dirección opuesta a la de la señal transmitida, éstas van a ser superpuestas causando mayores distorsiones de la señal original. Este efecto debe ser eliminado haciendo que las impedancias sean idénticas en todas las juntas y finales de los cables, como en un cable infinito.

Un terminal de cable (el terminal del PSI302 y el BT302) es usado para simular una longitud infinita, aunque considerando ambos extremos. Un cable estándar para comunicación Fieldbus presenta una impedancia característica de $100\Omega \pm 2\%$ en un rango de frecuencia de 7.8KHz a 39KHz.

El BT302 consiste básicamente de un resistor de 100Ω en serie con un capacitor de μF y su función es prevenir el reflejo de la señal y

el ruido en una red Fieldbus. El BT302 tiene certificación de seguridad intrínseca.

En la figura 3.19 se muestra el terminal del bus, BT302.



Fig. 3.19. Terminal del bus BT302

En la figura 3.20 se muestra la conexión típica de todos los equipos necesarios en una red Fieldbus, usando la topología bus.

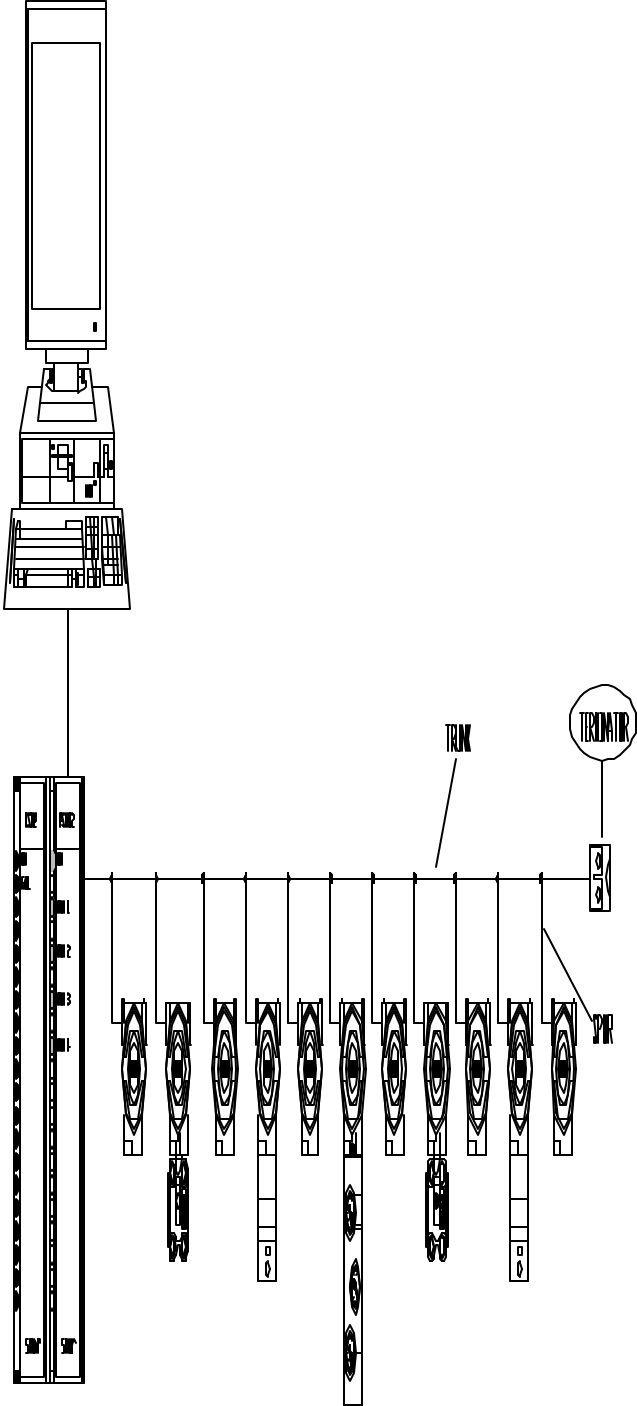


Fig. 3.20. Topologia bus

Una red Fieldbus necesita dos terminales, uno en cada extremo de la red principal. Así, si se ha habilitado el terminal interno del PSI302 en un extremo, se requiere sólo un BT302 en el otro

3.2.9. JB, CAJA DE UNIONES

3.2.9.1. CARACTERÍSTICAS

Permite una conexión fácil y segura de los dispositivos.

Simplifica el mantenimiento eléctrico.

Permite desconectar un dispositivo sin romper la continuidad del bus.

Su carcaza previene que el agua, aceite y polvo alcance las conexiones.

Puede ser usado en interiores o exteriores y soporta los más severos medios ambientes.

3.2.9.2. DESCRIPCIÓN

La conexión se realiza a través de canales que conducen los cables dentro del dispositivo, de acuerdo a estándares

internacionales. Se muestra la caja de uniones JB en la figura 3.21.



Fig. 3.21. Caja de uniones JB

Los terminales en ambos lados son usados para conectar la entrada y salida del bus, y el tercer terminal para conectar el dispositivo de campo. Este arreglo hace posible la desconexión de un solo dispositivo sin interrumpir la continuidad de la red. Algunas topologías pueden ser usadas, permitiendo más o menos utilización de cable. Para optimizar realmente la cantidad de cable se debe usar la topología tipo bus, tal como se muestra en la figura 3.22. La caja de uniones JM1 ha sido diseñada para este propósito en este tipo de conexiones.

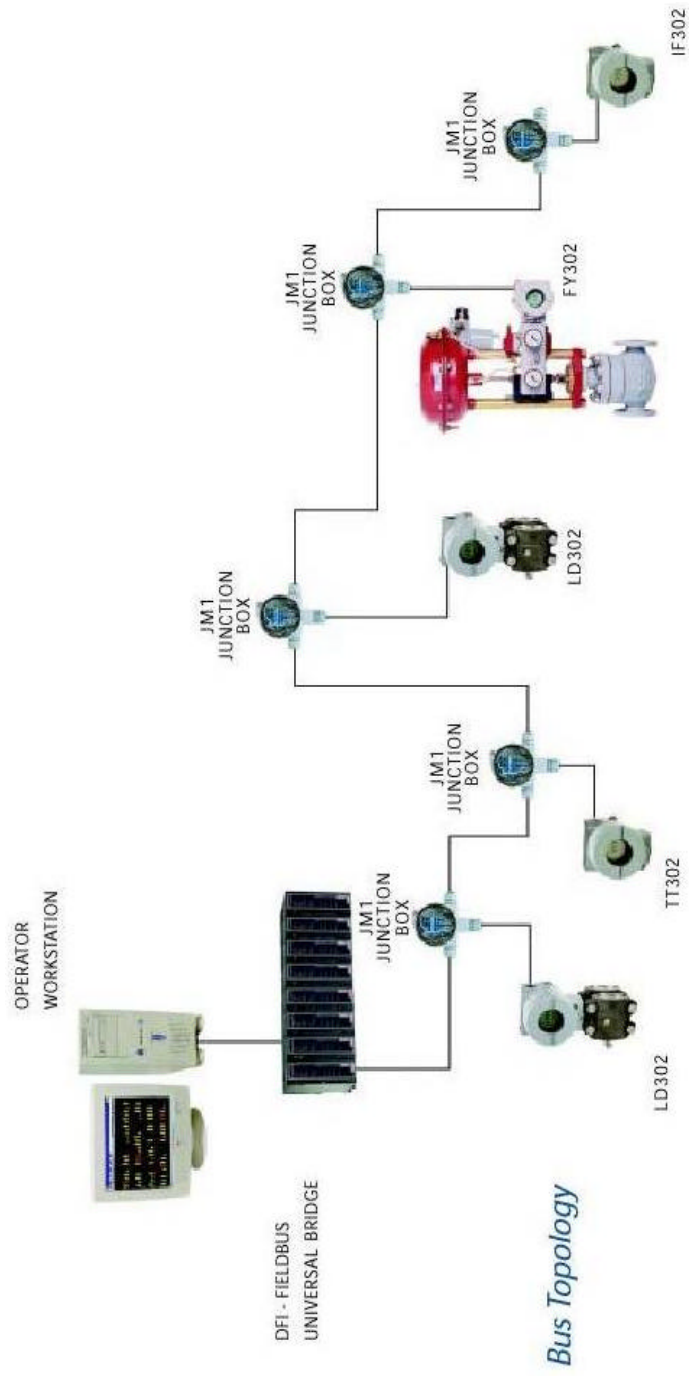


Fig. 3.23. Esquema de conexión utilizando caja de uniones JB

CAPÍTULO IV

HERRAMIENTAS DE CONFIGURACION

DE LOS EQUIPOS FIELDBUS

4.1. BLOQUES DE FUNCIONES

Un bloque de función es un grupo lógico de funciones relacionadas.

Cada bloque de función procesa parámetros de entrada de acuerdo a un algoritmo específico y a un grupo interno de parámetros de control. Estos producen parámetros de salida que están disponibles para su uso, ya sea dentro

de la misma aplicación del bloque de función o en otras aplicaciones de los bloques de funciones.

Los bloques de funciones son definidos por sus entradas, salidas, parámetros de control y el algoritmo que opera en esos parámetros.

Los bloques de funciones son identificados por el nombre (Tag) y un índice numérico. A diferencia de los tags, los cuales son globales, los índices numéricos tienen significado sólo dentro de la aplicación que contiene el bloque de función.

Todos los dispositivos de campo (LD302, TT302, IF302, TP302, DT302, FY302, FP302 y el FI302) tienen más de 20 bloques seleccionables desde una librería de bloques de funciones.

El lenguaje del bloque de función es ideal para crear estrategias de control de procesos. Control en cascada, control con retroalimentación, límites cruzados y otras estrategias de control son fácilmente configuradas uniendo los bloques de funciones de los diversos dispositivos en el sistema.

Las salidas del bloque de función pueden ser unidas a las entradas de otros bloques de funciones. Cada unión indica que un parámetro de entrada de un bloque de función obtiene su valor de un parámetro de salida específico de otro bloque de función.

4.1.1. BLOQUE DE RECURSO

Este bloque describe las características del dispositivo Fieldbus tales como su nombre, fabricante y número de serie. Existe sólo un bloque de recurso por dispositivo.

4.1.2. BLOQUE TRANSDUCTOR

Los bloques transductores aíslan a los bloques de función de los dispositivos de entrada/salida, tales como sensores, actuadores e interruptores. Para acceder al hardware, el bloque transductor puede obtener el dato desde el dispositivo de entrada/salida o pasarle el dato de control a éste. La conexión entre el bloque transductor y el bloque de función es llamada canal. Normalmente los bloques transductores realizan funciones tales como calibración, linealización, compensación de temperatura, control e intercambio de datos con el hardware.

DSP (display transducer).- Este bloque configura que variables de proceso de los bloques de funciones serán mostradas en el panel LCD.

DIAG (diagnostics transducer).- Proporciona en línea la medición del tiempo de ejecución del bloque de función y chequea las uniones entre bloques.

4.1.2.1. BLOQUES TRANSDUCTORES DE ENTRADA

LD302 (Transductor de presión).- Es el bloque transductor para el transmisor de presión LD302.

TT302 (Transductor de temperatura).- Es el bloque transductor para el transmisor de temperatura TT302.

4.1.2.2. BLOQUES TRANSDUCTORES DE SALIDA

FP302 (Transductor fieldbus-presión).- Es el bloque transductor para el convertidor de señal field bus a señal de presión FP302.

4.1.3. PARÁMETROS DE LOS BLOQUES DE FUNCIONES

Los parámetros definen las entradas, salidas e información de control de un bloque. Los nombres de los parámetros son únicos dentro de un bloque. Dentro de un sistema, un parámetro puede ser identificado con su nombre y el tag de su bloque.

De acuerdo a la forma de almacenamiento pueden clasificarse como dinámicos, estáticos y no volátiles.

- **Dinámico.-** Es un atributo de un parámetro cuyo valor es calculado por el algoritmo del bloque, por lo tanto no necesita ser restaurado después de una falla de alimentación.
- **Estático.-** Es un atributo de un parámetro que tiene un valor específico configurado por el programador, que debe ser restaurado después de una falla de alimentación.
- **No volátil.-** Es un atributo de un parámetro cuyo valor es escrito frecuentemente y el último valor almacenado debe ser restaurado después de una falla de alimentación.

De acuerdo a su uso los parámetros pueden ser:

- **Parámetro contenido.-** Es aquel cuyo valor es configurado por un operador, un dispositivo de nivel superior o es calculado internamente. No puede ser unido a otra entrada o salida de un bloque de función. El parámetro de modo es un ejemplo de un parámetro contenido, común a todos los bloques.
- **Parámetro de salida.-** Es el que puede ser unido a un parámetro de entrada de otro bloque de función. El valor del parámetro de salida es calculado por el algoritmo propio del bloque. Bloques cuyo propósito es generar una salida única contienen un parámetro

designado como parámetro de salida primaria. Las salidas primarias son usadas por otros bloques para propósitos de control y cálculo. Estos bloques también contienen parámetros de salida secundaria tales como parámetros de alarmas y eventos.

- **Parámetro de entrada.-** Obtiene su valor desde una fuente externa al bloque. Si un parámetro de entrada no está unido a un parámetro de salida, entonces éste será tratado como un valor constante por el bloque de función. Bloques cuyo propósito es transformar u operar una entrada única, contendrán un parámetro designado como entrada primaria. Las entradas primarias son usadas para propósitos de control y cálculo.
- **Parámetro escalar.-** Define el rango de operación y las unidades de ingeniería asociadas. También indica el número de decimales que deben ser usados por un dispositivo.

4.1.3.1. PARAMETROS DE MODO

Los tipos de parámetros de modo de un bloque son:

Out of service (O/S, fuera de servicio).- El bloque no se evalúa. La salida se mantiene en el último valor o en un valor de estado de falla asignado. El setpoint se mantiene también en el último valor.

Manual (Man).- La salida del bloque no se calcula. El operador puede fijar directamente las salidas del bloque.

Automatic (Auto, automático).- El algoritmo normal calcula la salida del bloque. El setpoint es escrito por un operador a través de un dispositivo de interfase.

Cascade (Cas, cascada).- El setpoint proviene del bloque superior a través de la entrada (CAS_IN), así el operador no puede cambiar el setpoint. El algoritmo normal calcula la salida del bloque basándose en ese setpoint. Para llevar a cabo este modo, el algoritmo usa la entrada CAS_IN y la salida BKCAL_OUT para establecer la cascada con el bloque superior.

Remote cascade (RCas, cascada remota).- El setpoint del bloque es asignado por una aplicación de control que se está ejecutando en un dispositivo de interfase hacia el parámetro RCAS_IN. El algoritmo normal calcula la salida del bloque basándose en el valor del setpoint dado. El algoritmo usa la entrada RCas_IN y la salida RCas_OUT para establecer una relación tipo cascada con el dispositivo de interfase y la aplicación de control trabaja como un bloque superior.

Remote Output (ROut, salida remota).- La salida del bloque es fijada por una aplicación de control que se está ejecutando en un dispositivo de interfase hacia el parámetro ROUT_IN. Para llevar a cabo este modo, el algoritmo del bloque usa la entrada ROUT_IN y la salida ROUT_OUT para establecer una relación tipo cascada con el dispositivo de interfase y la aplicación de control trabaja como un bloque superior.

En la tabla siguiente (tabla 4.1) se muestra como realizar la conexión entre parámetros de entrada y salida de acuerdo a cada modo de trabajo:

MODO	FORWARD (hacia)	BACKWARD (desde)
Cas	CAS_IN	BKCAL_OUT
RCas	RCAS_IN	RCAS_OUT
ROut	ROUT_IN	ROUT_OUT

Tabla 4.1

El bloque inferior proporciona un valor de salida que es comunicado al bloque superior en la cascada como una entrada de retroalimentación.

El siguiente ejemplo muestra la forma más común de la conexión en cascada de dos bloques (Fig. 4.1):

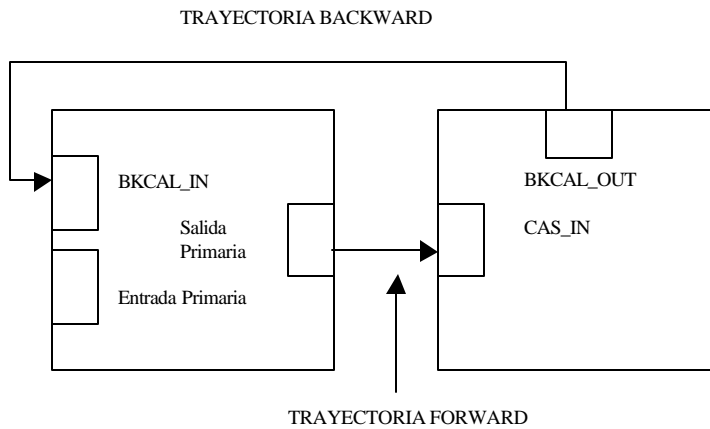


Fig. 4.1. Conexión típica en cascada

Auto, Cas y RCas son modos automáticos de operación que calculan la salida primaria usando el algoritmo normal. Los modos manuales son **Man y ROut**.

4.1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES DE FUNCIONES

4.1.4.1. AI – ENTRADA ANÁLOGA

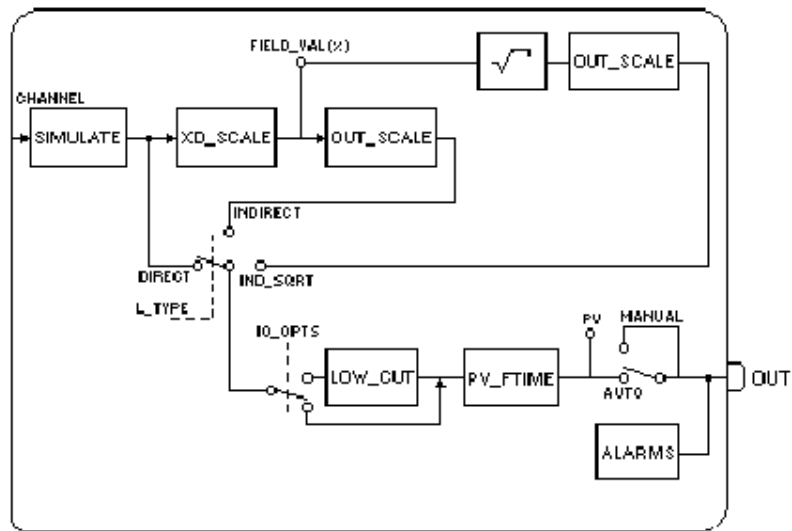


Fig. 4.2. Estructura interna del bloque AI

Este bloque toma el dato de entrada desde el bloque transductor, seleccionado por el número de canal, y lo hace disponible para los otros bloques de funciones a través de su salida OUT.

El bloque AI es conectado al bloque transductor a través del parámetro CHANNEL (canal). XD_SCALE es la escala aplicada al valor proveniente del bloque transductor a través del canal para producir el parámetro FIELD_VAL. Las unidades de ingeniería y el rango del parámetro XD_SCALE deben ser apropiados para el sensor del bloque transductor conectado al bloque AI.

El parámetro L_TYPE determina como los valores pasados por el bloque transductor serán usados dentro del bloque de función. Las opciones son:

Direct (1).-El valor del transductor pasa directamente como variable de proceso PV. En este caso queda deshabilitado el parámetro OUT_SCALE (ESCALA DE SALIDA).

Indirect (2).-El valor de la variable de proceso PV es el valor FIELD_VAL convertido a la escala OUT_SCALE.

Indirect with Square Root (3).-El valor de la variable de proceso PV es la raíz cuadrada del parámetro FIELD_VAL convertido a la escala OUT_SCALE. El parámetro LOW_CUT es una característica opcional que puede ser usada para eliminar el ruido cerca del cero para un sensor de flujo.

MODE_BLK

Opera en modos O/S, MAN y AUTO

4.1.4.2. OSDL -SELECTOR DE SEÑAL DE SALIDA Y LIMITADOR DINÁMICO

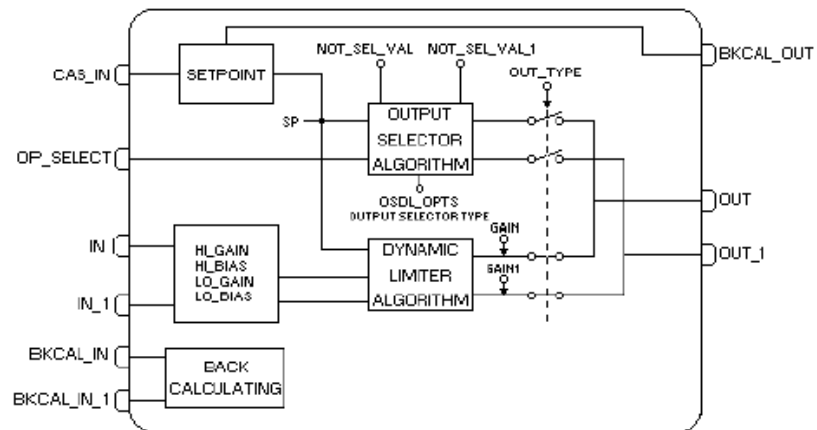


Fig. 4.3. Estructura interna del bloque OSDL

Este bloque tiene dos tipos de algoritmos:

Como Selector de Salida la entrada en cascada puede ser guiada hacia una de las dos salidas basándose en el valor del parámetro OP_SELECT. La salida no seleccionada puede conservar el último valor o recibir un valor interno.

Como Limitador Dinámico la entrada en cascada es transferida a ambas salidas, pero es limitada por las entradas secundarias multiplicadas por una ganancia más una constante llamada bias. La aplicación más importante de este bloque como limitador dinámico es en el control de límites cruzados.

El valor del setpoint (SP) puede ser proporcionado por un operador (modo AUTO) o por el control en cascada (modo CAS).

El parámetro de entrada discreta OP_SELECT selecciona a una de las dos salidas para que reciba el parámetro SP, cuando el bloque trabaja como Selector de Salida. Cuando OP_SELECT es 0, OUT recibe el SP; cuando OP_SELECT es ,1 OUT_1 recibe el SP.

Como Limitador Dinámico, las salidas son el valor del SP entrando por CAS_IN limitado por los siguientes valores:

OUT

$$\text{Límite alto} = \text{HI_GAIN}_1 * \text{IN}_1 + \text{HI_BIAS}_1$$

$$\text{Límite bajo} = \text{LO_GAIN}_1 * \text{IN}_1 - \text{LO_BIAS}_1$$

OUT_1

$$\text{Límite alto} = \text{HI_GAIN} * \text{IN} + \text{HI_BIAS}$$

$$\text{Límite bajo} = \text{LO_GAIN} * \text{IN} - \text{LO_BIAS}$$

Después de la limitación, los parámetros GAIN y GAIN_1 son aplicados como ganancias de las salidas OUT y OUT_1 respectivamente.

MODE_BLK

O/S, AUTO y CAS

OUT_TYPE

Este parámetro especifica el tipo de algoritmo que será usado.

0: Valor inválido; 1: Selector de Salida; 2: Limitador Dinámico

4.1.4.3. ISEL (INPUT SELECTOR).

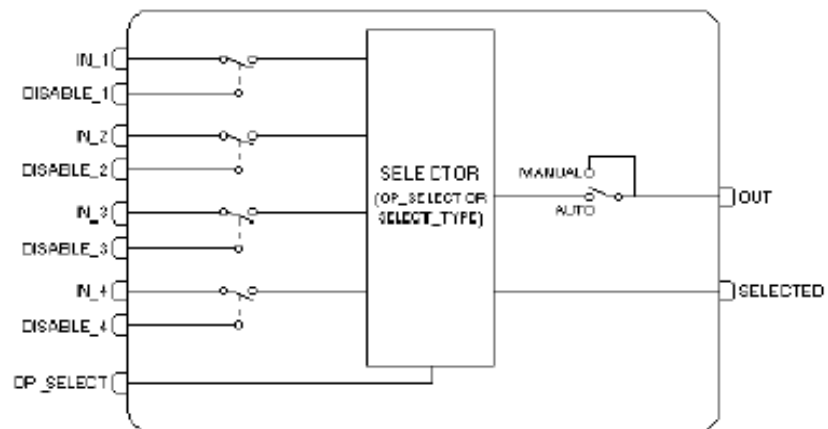


Fig. 4.4. Estructura interna del bloque ISEL

El bloque selector de señal permite la selección entre 4 entradas para generar una salida basada en la acción para la cual el bloque ha sido configurado. Normalmente recibe sus entradas de los bloques AI u otros bloques, y no directamente de los bloques transductores. Además de seleccionar señales de entrada, este bloque puede también calcular máximo, mínimo, media y promedio. El algoritmo

interno tiene las siguientes acciones de acuerdo al parámetro

SELECT_TYPE:

Max = Selecciona el máximo de todas las entradas conectadas

Min = Selecciona el mínimo de todas las entradas conectadas

Mid = Selecciona la media de todas las entradas conectadas

Avg = Selecciona el promedio de todas las entradas conectadas

SELECTED es una segunda salida que indica cual entrada ha sido seleccionada por el algoritmo, excepto cuando se calcula el promedio en cuyo caso esta salida indica el número de entradas usadas.

Parámetros del bloque:

MODE_BLK

Este bloque puede operar en los modos O/S (fuera de servicio), MAN (manual) y AUTO (automático).

OUT

Salida análoga primaria que resulta al ejecutar el algoritmo seleccionado. Si el modo del bloque es manual la salida es fijada directamente por el operador. Su rango está dado por XD_SCALE.

IN_1, IN_2, IN_3, IN_4

Entradas conectadas al bloque

DISABLE_1, DISABLE_2, DISABLE_3, DISABLE_4

Parámetro que deshabilita una entrada. Si su valor es verdadero entonces su entrada respectiva queda deshabilitada y no se considera en el cálculo de la salida.

SELECT_TYPE

2 = MIN; 3 = MAX; 4 = MID; 5 = AVG

OP_SELECT

Seleccionando 0 el algoritmo normal empleará todas las entradas habilitadas para el cálculo, mientras que escogiendo de 1 a 4 indicará la entrada a ser usada.

0 = Operación normal;

1 = Selecciona IN_1;

2 = Selecciona IN_2;

3 = Selecciona IN_3;

4 = Selecciona IN_4

4.1.4.4. ARTH – ARITHMETIC

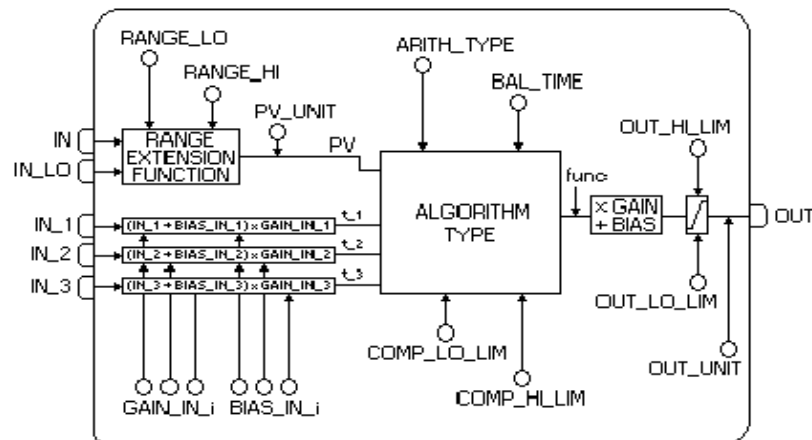


Fig. 4.5. Estructura interna del bloque ARTH

Este bloque es usado para hacer cálculos combinando las señales de los sensores. Tiene 5 entradas. Las dos primeras están dedicadas a la función Extensión del Rango que resulta en el valor de la variable de proceso PV. Estas entradas usadas para formar la variable de proceso vienen desde otros dispositivos con las unidades de ingeniería deseadas, así la PV entra a la ecuación con las unidades correctas. Las tres restantes son combinadas con la variable de proceso para ser usadas en funciones matemáticas. Hay 6 constantes usadas para las tres entradas auxiliares: BIAS_IN_i y GAIN_IN_i. La salida tiene dos constantes estáticas denominadas BIAS y GAIN. La constante bias es sumada y la ganancia es multiplicada por dicha

suma, el resultado es un valor interno llamado t_i que es empleado en las ecuaciones. Las funciones de compensación de flujo tienen límites en la cantidad de compensación aplicada a la variable de proceso. Las siguientes ecuaciones tienen el factor de compensación limitado por COMP_HI_LIM y COMP_LO_LIM: Compensación de flujo lineal, compensación de flujo con raíz cuadrada, compensación de flujo aproximado, flujo BTU, y multiplicación/división tradicional. Es decir que si ARITH_TYPE es una de las primeras 5 ecuaciones, estos parámetros limitadores deben ser ajustados apropiadamente. Si la función Extensión del Rango no es usada, los parámetros RANGE_HI y RANGE_LO deben ser ajustados a $-\text{INF}$ (menos infinito). De esta manera la variable de proceso PV será una copia de la entrada IN.

MODE_BLK

O/S, MAN y AUTO

IN_LO

Entrada para el transmisor de rango bajo, en la aplicación Extensión del Rango.

RANGE_HI

Valor constante por encima del cual la función Extensión del Rango

cambia el interruptor interno para que ingrese la señal del transmisor de rango alto.

RANGE_LO

Valor constante por debajo del cual la función Extensión del Rango cambia el interruptor para que ingrese la señal del transmisor de rango bajo.

ARITH_TYPE

1= Compensación de flujo lineal

2= Compensación de flujo, raíz cuadrada

3= Compensación de flujo, aproximado

4= Flujo BTU

5= Multiplicación/división tradicional

6= Promedio

7= Suma tradicional

8= Polinomio de cuarto orden

9= Nivel de compensación HTG

4.1.4.5. PID – PROPORTIONAL, INTEGRAL, DERIVATIVE CONTROL

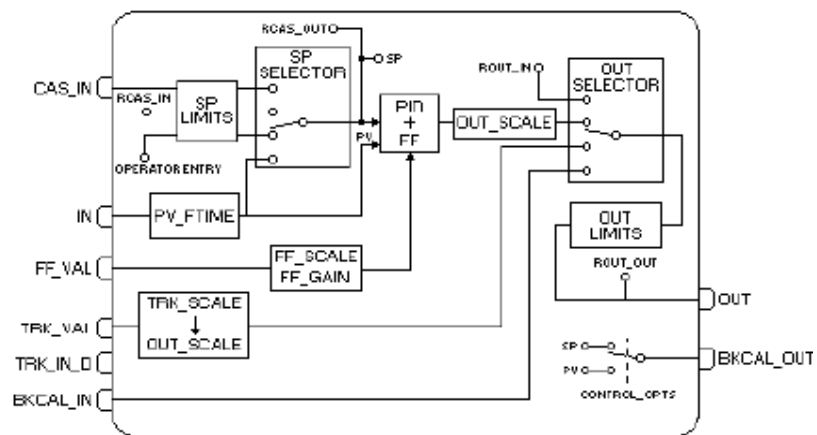


Fig. 4.6. Estructura interna del bloque PID

Este bloque ofrece algoritmos de control que usan términos proporcional, integral y derivativo. Los términos proporcional e integral actúan sobre el error, mientras que el derivativo actúa sobre el valor de la variable de proceso. Mientras el error exista la función PID integrará el error. Es posible escoger una acción de control directa o inversa a través del bit “Direct acting” del parámetro CONTROL_OPTS. Si este bit es 1 entonces la acción de control es directa y el error es: $\text{Error} = (\text{PV} - \text{SP})$. Si este bit es 0 la acción de control es inversa y el error es: $\text{Error} = (\text{SP} - \text{PV})$.

La entrada FF_VAL (feedforward) de retroalimentación es un valor externo, proporcional a la perturbación en el lazo de control. Este valor es convertido a la escala de salida usando los parámetros

FF_SCALE y OUT_SCALE. Luego el valor obtenido es multiplicado por la constante adimensional FF_GAIN y sumado a la salida del algoritmo PID.

MODE_BLK

O/S, MAN, AUTO, CAS, RCAS y ROUT.

4.1.4.6. AO – ANALOG OUTPUT

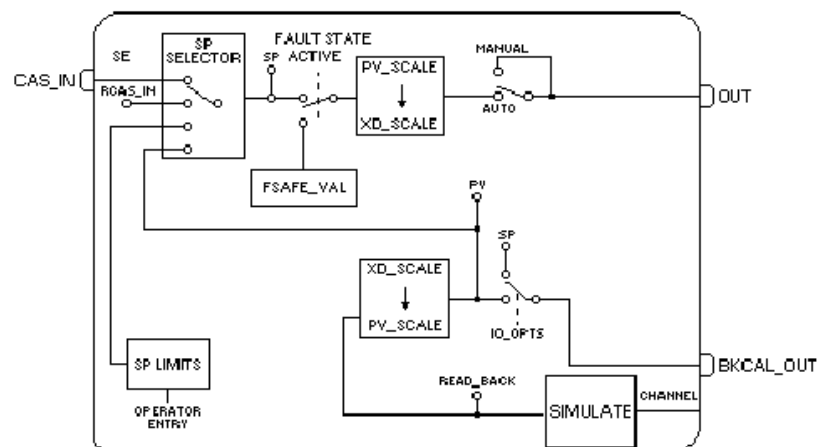


Fig. 4.7. Estructura interna del bloque AO

Es un bloque de función usado por dispositivos que trabajan como elementos de salida en un lazo de control, como válvulas, actuadores y posicionadores. Este bloque recibe una señal desde otro bloque de función y pasa su resultado a un bloque transductor

de salida a través de un Canal interno. El bloque AO es conectado al bloque transductor a través del parámetro CHANNEL que debe coincidir con los siguientes parámetros de los bloques transductores: Parámetro TERMINAL_NUMBER si se utiliza el FI302

MODE_BLK

O/S, MAN, AUTO, CAS y RCAS

PV_SCALE

Los valores de escala alta y baja para el parámetro setpoint.

XD_SCALE

Los valores de escala alta y baja para el bloque transductor para un canal específico.

4.2. CONFIGURADOR SYSCON 302

El SYSCON 302 permite la configuración tradicional y monitoreo de funciones, además la calibración de dispositivos de campo, diagnósticos, identificación y materiales de construcción de los equipos. Con SYSCON se pueden construir gráficamente estrategias de control y manejarlas.

La configuración es completamente gráfica y orientada a objetos. Los bloques de funciones son representados como círculos. El nombre (Tag) y la descripción del bloque son mostrados junto con la entrada del bloque y los nombres de las salidas. La configuración incluye la selección de dispositivos y bloques de funciones, uniones entre bloques y parametrización.

Con SYSCON se puede trabajar online y offline. En modo offline ningún dispositivo está conectado. Este modo es ideal para desarrollar nuevas estrategias de control sin perturbar el trabajo de los operadores. En modo online hay uno o más dispositivos conectados vía interfases o puentes, y los datos son directamente recibidos desde los dispositivos de campo y las modificaciones son enviadas a los instrumentos. Los bloques de funciones son asignados a los dispositivos de campo.

SYSCON automáticamente detecta, identifica y asigna direcciones a dispositivos Fieldbus cuando son conectados, y puede también informar si los dispositivos están desconectados, tienen problemas de comunicación o fallas.

SYSCON es una herramienta que permite acceder a cualquier pequeña parte de información en el sistema. Sin embargo en el trabajo de planta se requiere conocer sólo algunos parámetros importantes, así que el display puede mostrar al operador sólo lo necesario.

SYSCON permite calibrar y revisar el estado de calibración de un dispositivo al mismo tiempo. Se pueden ver los límites del rango del sensor, el rango calibrado y el rango de medida seleccionado.

El configurador del sistema (SYSCON) es una herramienta de software especialmente desarrollada para configurar, mantener y operar la línea de productos fieldbus SMAR, con una computadora personal con interfase fieldbus.

El SYSCON fue desarrollado para ser ejecutado bajo el sistema operativo Microsoft Windows NT, versión 4.0 u otra superior.

La interfase física con la red de campo -la tarjeta PCI (Process Control Interface)- es conectada al bus de la PC.

4.2.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA LA INSTALACIÓN DEL SYSCON

Requerimientos mínimos:

Sistema operacional	→	Windows NT 4.0
Procesador	→	Pentium 233 MHz
RAM	→	64 MB

Espacio libre en el disco duro → 20 MB

Display → 800x600 – 64 K colores

CD-ROM

Requerimientos recomendados:

Sistema operacional → Windows NT 4.0

Procesador → Pentium 350 MHz

RAM → 128 MB

Espacio libre en el disco duro → 20 MB

Display → 1280x1024 – true colors

CD-ROM

CAPÍTULO V

ESTRUCTURAS DE CONTROL TRADICIONAL Y FIELDBUS

5.1. ESTRUCTURAS DE CONTROL EMPLEANDO LA NORMA ISA

5.1.1. CONTROL DE NIVEL A TRES ELEMENTOS

Este diagrama de control tradicional (Fig. 5.1) emplea la nomenclatura ISA cuya simbología se muestra en el anexo C.

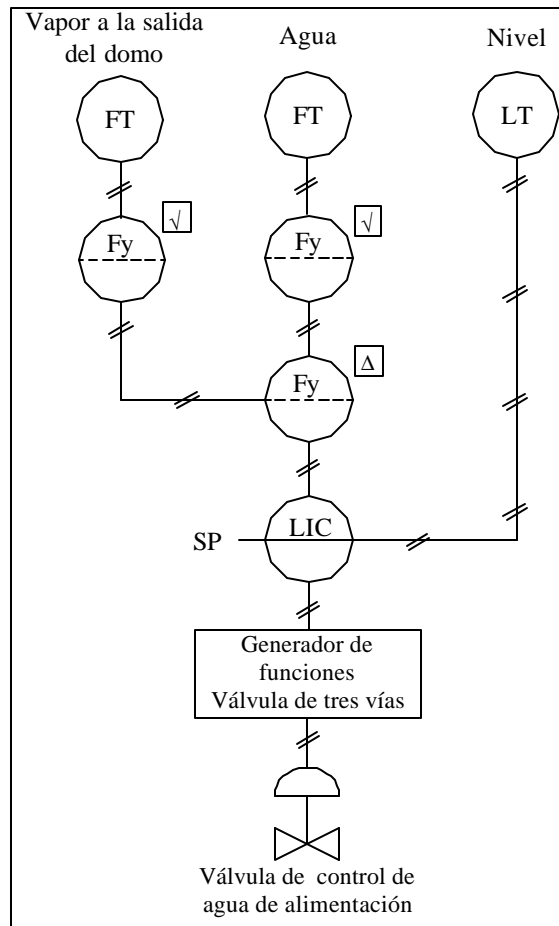


Fig. 5.1. Diagrama de control de nivel a tres elementos

Las variaciones de vapor generado y agua de alimentación adicionada a la caldera (domo superior) son medidas y enviadas al sustractor (Fy). El sustractor hace la diferencia entre estas variaciones y envía la resultante como punto de ajuste al controlador (LIC). La polarización de Fy es tal que cuando el flujo de vapor es igual al del agua, su salida en porcentaje es igual al valor del nivel que se desea mantener en el domo

(generalmente 50%). El controlador compara el punto de ajuste dado por el F_y con la señal proveniente del transmisor de nivel y actúa en la válvula de agua de alimentación.

En el caso en que la presión del agua de alimentación disminuya, habrá una disminución del flujo de agua y por lo tanto de la señal de salida del transmisor (FT). Tal disminución hará que el sustractor aumente el punto de ajuste del controlador. El controlador actuará en la válvula de control aumentando el flujo de agua y evitando que el nivel varíe. Si el flujo de vapor aumenta, la salida del sustractor también aumenta y el controlador actuará de la misma forma que en el caso anterior.

En el caso en que la presión del agua de alimentación aumente o el flujo de vapor disminuya, la salida del sustractor disminuirá, disminuyendo también el punto de ajuste del controlador que actuará en la válvula de control reduciendo el flujo de agua. Si hubiera variación en el nivel, la malla actuará como un control de nivel a un elemento, es decir que el controlador comparará la señal del transmisor de nivel con el punto de ajuste enviado por el F_y o el asignado localmente por el operador, corrigiendo la posición de la válvula de control del agua.

La ventaja de esta estructura es la de controlar tres variables con un solo controlador.

La principal desventaja de esta malla se refiere a los problemas de estabilidad cuando ocurren variaciones bruscas del flujo de vapor o del flujo de agua; esta tendencia es parcialmente controlada con la instalación de un atrasador de señal en la salida del transmisor de flujo del agua.

A continuación se muestra la tabla 5.1 donde se muestran las equivalencias de los elementos del diagrama de control de nivel en norma ISA con los del diagrama empleado en la central (anexo A):

Elemento	Equivalencias en diag. ISA	Servicio
FX-103	FT Fy (\surd)	Transmisor de flujo de vapor
FX-104	FT Fy (\surd)	Transmisor de flujo de agua de alimentación
LX-101	LT	Transmisor de nivel del domo
FC-2	Fy (Δ)	Relevador
FC-3	LIC	Relevador

Tabla 5.1

5.1.2. CONTROL DE TEMPERATURA A TRES ELEMENTOS

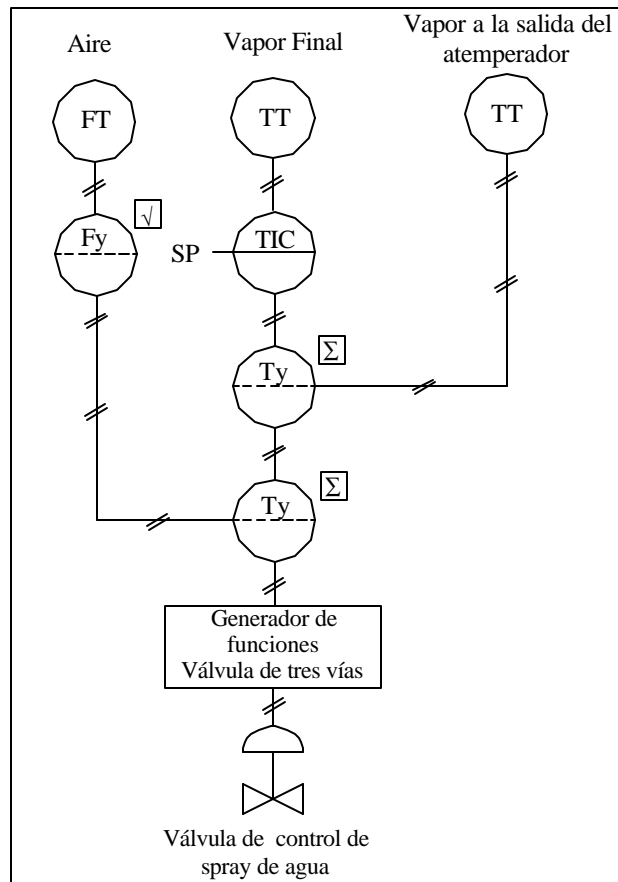


Fig. 5.2. Diagrama de control de temperatura a tres elementos

En la Fig. 5.2 se muestra el diagrama de control de temperatura usada en la caldera.

La temperatura del vapor medida en la salida del supercalentador secundario (vapor final) se compara en el controlador (TIC) con el punto

de ajuste; si existe alguna desviación el controlador envía una señal de corrección hacia el sumador (T_y) donde se agrega la señal de temperatura de vapor a la salida del atemperador. La señal de salida del atemperador es usada como señal anticipativa ya que es la que varía primero con cualquier perturbación del sistema. Finalmente se añade la señal de flujo de aire en el siguiente sumador.

Si la temperatura a la salida del supercalentador secundario es muy alta, entonces el controlador envía una señal de apertura a válvula de spray de agua del atemperador, disminuyendo así la temperatura del vapor que sale del atemperador y entra al supercalentador secundario. Si la temperatura a la salida del supercalentador secundario es muy baja ocurre lo contrario al caso anterior.

Se utiliza el flujo de aire como señal indicativa de que ha aumentado o disminuido la carga (vapor final). Cuando la carga aumenta, la temperatura del vapor principal disminuye, el controlador envía una señal de corrección, se agregan las señales de temperatura del vapor a la salida del atemperador y de flujo de aire, y como ésta última es alta (ya que la carga ha aumentado), la válvula de spray de agua se cierra nivelando así la temperatura a 510°C .

Para disminución de carga, la temperatura principal aumenta, se realiza el control correspondiente y la válvula de spray de agua se abre hasta disminuir la temperatura al valor deseado.

En la tabla 5.2 se muestra las equivalencias de los elementos del diagrama de control de temperatura bajo norma ISA y el diagrama de control empleado en la central (anexo A):

Elemento	Equivalencias en diag. ISA	Servicio
FX-102	FT Fy (\surd)	Transmisor de flujo de aire
TRX-101	TT	Transmisor registrador de la temperatura del vapor final
TC-1	TIC	Relevador
TC-3	Ty (Σ)	Relevador
TIX-102	TT	Transmisor indicador de la temperatura del vapor a la salida del atemperador
TC-4	Ty (Σ)	Relevador

Tabla 5.2

5.1.3. CONTROL DE COMBUSTIÓN DE LÍMITES CRUZADOS, CON CONTROL DE PRESIÓN MÍNIMA DE COMBUSTIBLE EN LOS QUEMADORES Y CORRECCIÓN ANTICIPADA DE DEMANDA

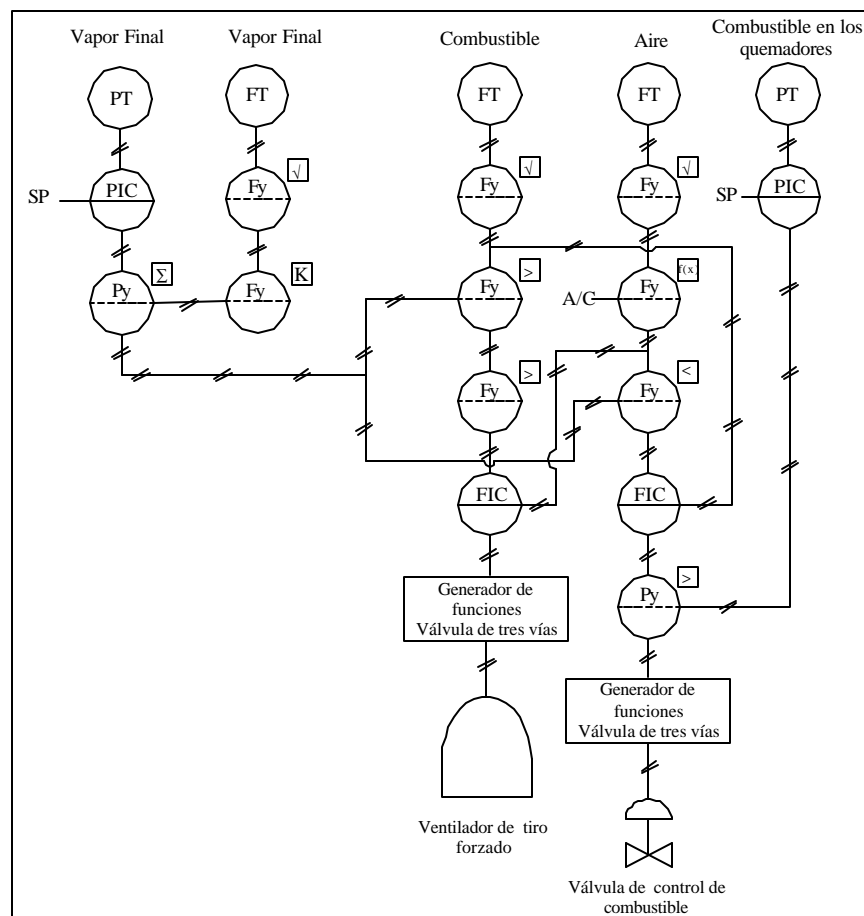


Fig. 5.3. Diagrama de control de combustión de límites cruzados, con control de presión mínima de combustible en los quemadores y corrección anticipada de demanda

En la Fig. 5.3 se muestra el diagrama de control de presión usada en la caldera.

El funcionamiento de esta malla de control es correcta si los transmisores de flujo de aire de combustión y de flujo de combustible generan señales iguales cuando la razón aire-combustible se encuentra en el valor especificado inicialmente, pues las señales recibidas por las selectoras de señal (> y <) deben ser idénticas.

Si ocurre un aumento en el consumo de vapor, la presión disminuirá, haciendo que la señal de salida del PIC aumente; este aumento no será sentido por el controlador de flujo de combustible, pues la salida del selector se señal baja (Fy) continuará siendo la misma.

El controlador de flujo de aire de combustión sentirá inmediatamente este aumento, pues la salida del selector de señal alta (Fy) pasará a tener el valor del PIC; con esto habrá un aumento inmediato del flujo de aire de combustión. A medida que el flujo de aire va aumentando, la salida del selector de baja irá aumentando igualmente, así también aumenta el punto de ajuste del controlador de combustible (FIC) con un consecuente aumento de flujo. Esto sucederá hasta que el sistema se equilibre. Se concluye que en el caso de un aumento del consumo de vapor, habrá inicialmente un aumento del flujo de aire de combustión y a continuación

un aumento del flujo de combustible. Durante la transición, el punto de ajuste del flujo de combustible será dado por el transmisor de flujo de aire.

Si ocurre una disminución del consumo de vapor, la presión aumentará, haciendo que la salida del PIC disminuya; esta disminución no será sentida por el controlador de flujo de aire de combustión, pues la salida del selector de señal alta (F_y) continuará en el mismo valor. El controlador de flujo de combustible sentirá inmediatamente esta disminución, pues la salida del selector de baja (F_y) pasará a ser el valor proveniente del PIC; con esto habrá una disminución inmediata del flujo de combustible. A medida que el flujo de combustible va disminuyendo, la salida del selector de alta irá disminuyendo igualmente, así como también el punto de ajuste del controlador de aire de combustión (FIC) con una consecuente disminución del flujo; esto acontecerá hasta que el sistema se equilibre. Se concluye que en el caso de una disminución del consumo de vapor, habrá inicialmente una disminución del flujo de combustible seguido por la disminución del flujo de aire. Durante la transición, el punto de ajuste del flujo de aire de combustión será dado por el transmisor de flujo de combustible. En este caso la presión de combustible en los quemadores es controlada para garantizar que dicha presión no caiga por debajo del límite mínimo operacional requerido por los quemadores. En esta malla se utiliza un transmisor para medir la

presión entre la válvula de flujo de combustible y los quemadores, y un controlador (PIC) que tiene como punto de ajuste la presión mínima requerida por los quemadores. En este sistema se emplea un selector de señal alta (P_y) que recibe las señales del PIC de combustible y del selector de señal baja (F_y) de la malla de límites cruzados, compara las señales, selecciona la mayor de las dos y la envía a la válvula de control de flujo de combustible. Con esta configuración, en cuanto la presión del combustible en los quemadores esté por encima de la presión mínima ajustada en el controlador de presión PIC, el combustible será consumido de acuerdo con la demanda, pues el selector de señal alta (P_y) seleccionará la señal recibida del selector de señal baja (F_y). En el caso en que la presión del combustible tenga el valor mínimo establecido o tienda a caer por debajo de éste, el selector de señal alta (P_y) pasará a seleccionar la señal del PIC de combustible. La señal de demanda salida del selector de señal baja de la malla de límites cruzados volverá a ser seleccionada por el P_y , en el momento en que la presión de combustible sobrepase el límite establecido.

Conforme a lo descrito previamente, las mallas de control de combustión utilizan la salida del controlador de presión de vapor (PIC) como señal de demanda para actuar en las variaciones de flujo de aire y de combustible.

Como una variación en la presión de vapor indica que la cantidad de vapor generado por la caldera no es compatible con la demanda de vapor de aquel momento (aumento en la presión indica que la cantidad de vapor generada es mayor que la demanda y viceversa) y la variación en la presión es anticipada por la variación en el flujo de vapor, la eficiencia de la malla de control puede ser mejorada al utilizar el flujo de vapor como señal anticipativa.

La señal de salida del transmisor de flujo de vapor es mantenida por una función proporcional K (que relaciona la señal del transmisor de flujo de vapor, el flujo de aire de combustión y el combustible necesarios para atender la demanda cuando la caldera esté con carga estable) en el F_y y enseguida es enviada al sumador (P_y) donde es sumada con la señal de salida del controlador de presión (PIC). El sumador que tiene su polarización ajustada en menos de 50%, envía la resultante de la suma como señal de demanda para las selectoras de señal alta y baja. En las condiciones de carga estable de la caldera, la salida del sumador será función de la señal de flujo de vapor (después de ser corregida en el F_y). En el caso en que la presión varíe, la salida del PIC variará y consecuentemente la salida del sumador pasará a ser función de las señales de flujo de vapor y presión de vapor; esto ocurrirá antes que la carga de la caldera se estabilice y la presión vuelva al punto de ajuste. Así la presión de vapor será controlada de manera más precisa, pues las

variaciones en el flujo de vapor son utilizadas para corregir anticipadamente los flujos de aire y de combustible, y minimizar de ésta manera las variaciones en la presión de vapor.

En la tabla 5.3 se muestran las equivalencias de los elementos del diagrama de control de presión bajo norma ISA y el diagrama de control empleado en la central (anexo A):

Elemento	Equivalencias en diag. ISA	Servicio
PX-110	PT	Transmisor de presión del vapor final
CC-1 CC-2	PIC Py (Σ) Fy (K)	Relevador Relevador
FX-103	FT Fy (\surd)	Transmisor de flujo de vapor
FX-101	FT Fy (\surd)	Transmisor de flujo de combustible
CC-9	FIC	Relevador
CC-11	Py ($>$)	Relevador
PX-102	PT	Transmisor de presión del combustible en los quemadores
CC-6	PIC	Relevador
CC-18	Fy ($>$)	Relevador
CC-19	Fy ($>$)	Relevador
CC-22	FIC	Relevador
CC-21	Fy [f(x)]	Relevador
FX-102	FT Fy (\surd)	Transmisor de flujo de aire
CC-10	Fy ($<$)	Relevador

Tabla 5.3

5.2. ESTRUCTURAS DE CONTROL EMPLEANDO EL PROGRAMA DE CONFIGURACIÓN SYSCON.

5.2.1. CONTROL DE NIVEL A TRES ELEMENTOS

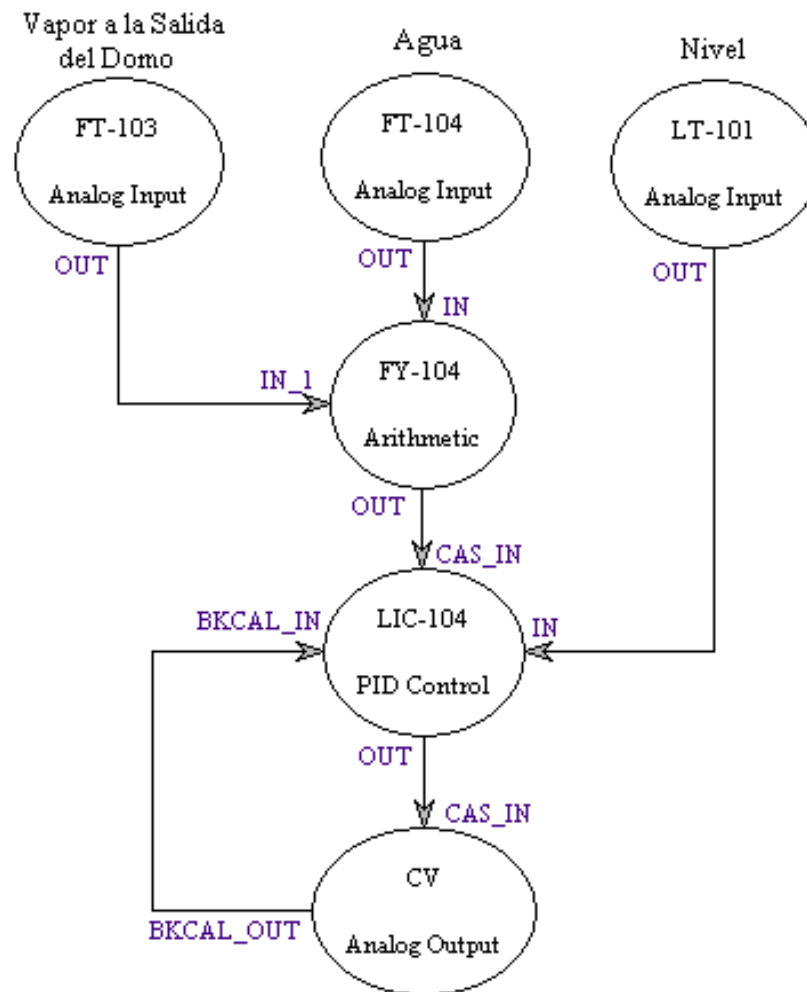


Fig. 5.4. Diagrama de control de nivel a tres elementos

5.2.1.1. ALGORITMO DEL CONTROL DE NIVEL**AI – FT103**

L-TYPE : 3 (Indirect Square Root)

MODE_BLK : AUTO

OUT_SCALE : 0-100%

XD_SCALE : 0-350T/H

AI – FT104

L-TYPE : 3 (Indirect Square Root)

MODE_BLK : AUTO

OUT_SCALE : 0-100%

XD_SCALE : 0-350T/H

AI – LT101

L-TYPE : 2 (Indirect)

MODE_BLK : AUTO

OUT_SCALE : 0-100%

XD_SCALE : -300 +300mmH2O

FY104

MODE_BLCK : AUTO
ARITH_TYPE : 7 (Suma tradicional)
RANGE_LO : -Inf
RANGE_HI : -Inf
GAIN : 1
BIAS : 0
BIAS_IN_1 : 0
GAIN_IN_1 : 1

LIC-104

MODE_BLCK : CAS
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-100%
CONTROL_OPTS: Reverse
GAIN (Kp) : 2 – 20

CV

MODE_BLCK : CAS
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 3 – 15psi

5.2.2. CONTROL DE TEMPERATURA A TRES ELEMENTOS

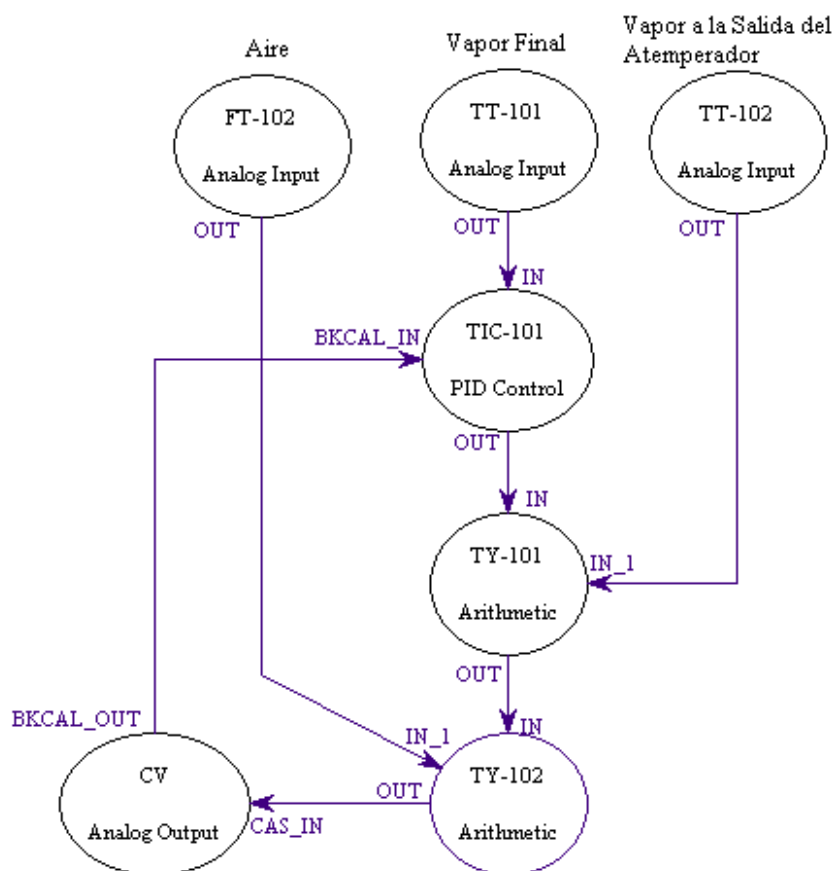


Fig. 5.5. Diagrama de control de temperatura a tres elementos

5.2.2.1. ALGORITMO DEL CONTROL DE TEMPERATURA**FT- 102**

L-TYPE : 3 (Indirect Square Root)

MODE_BLK : AUTO

OUT_SCALE : 0-100%

XD_SCALE : 0-100%

TT – 101

L-TYPE : 2 (Indirect)

MODE_BLK : AUTO

OUT_SCALE : 200-600 C

XD_SCALE : 0-100%

TT – 102

L-TYPE : 2 (Indirect)

MODE_BLK : AUTO

OUT_SCALE : 200-600 C

XD_SCALE : 0-100%

TIC – 101

MODE_BLCK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-100%
CONTROL_OPTS: Reverse
GAIN (Kp) : 1 – 10
RESET (Tr) : 1/3 – 1/5
RATE (Td) : 1/3 – 1/5

TY – 101

MODE_BLCK : AUTO
ARITH_TYPE : 7 (Suma tradicional)
RANGE_LO : -Inf
RANGE_HI : -Inf
GAIN : 1
BIAS : 0
BIAS_IN_1 : 0
GAIN_IN_1 : 1

TY – 102

MODE_BLCK : AUTO
ARITH_TYPE : 7 (Suma tradicional)
RANGE_LO : -Inf

RANGE_HI : -Inf

GAIN : 1

BIAS : 0

BIAS_IN_1 : 0

GAIN_IN_1 : 1

CV

MODE_BLK : CAS

OUT_SCALE : 0-100%

XD_SCALE : 3 – 15psi

5.2.3. CONTROL DE COMBUSTIÓN DE LÍMITES CRUZADOS, CON CONTROL DE PRESIÓN MÍNIMA DE COMBUSTIBLE EN LOS QUEMADORES Y CORRECCIÓN ANTICIPADA DE DEMANDA

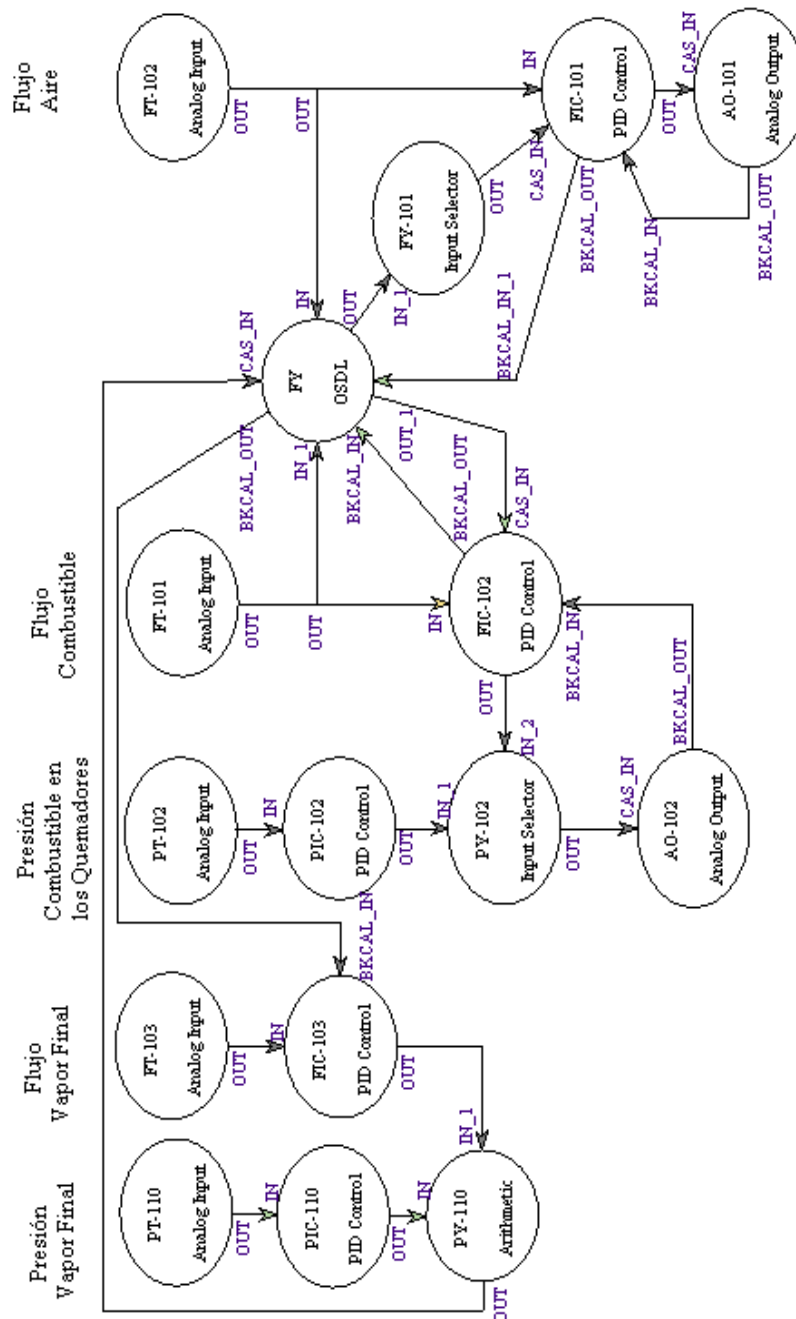


Fig. 5.6. Diagrama de control de combustión de límites cruzados, con control de presión mínima de combustible en los quemadores y corrección anticipada de demanda

5.2.3.1. ALGORITMO DEL CONTROL DE PRESION

PT- 110

L-TYPE : 2 (Indirect)
MODE_BLK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 20 – 120Kg/cm²

FT – 103

L-TYPE : 3 (Indirect Square Root)
MODE_BLK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-350T/H

FT – 102

L-TYPE : 3 (Indirect Square Root)
MODE_BLK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-100%

FT – 101

L-TYPE : 3 (Indirect Square Root)
MODE_BLK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-25T/H

PT- 102

L-TYPE : 2 (Indirect)
MODE_BLK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0 – 20Kg/cm²

PIC – 110

MODE_BLK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-100%
CONTROL_OPTS: Reverse
GAIN (Kp) : 1 – 10
RESET (Tr) : 1/3 – 1/5
RATE (Td) : 1/3 – 1/5

PY – 110

MODE_BLCK : AUTO
ARITH_TYPE : 7 (Suma tradicional)
RANGE_LO : -Inf
RANGE_HI : -Inf
GAIN : 1
BIAS : 0
BIAS_IN_1 : 0
GAIN_IN_1 : 1

FIC – 110

MODE_BLCK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-100%
CONTROL_OPTS: Reverse
GAIN (Kp) : 1

PIC – 102

MODE_BLCK : AUTO
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-100%
CONTROL_OPTS: Reverse
GAIN (Kp) : 0.2 – 2

RESET (Tr) : 1/3 – 1/5

PY – 102

MODE_BLCK : AUTO

SELECT_TYPE : 3 (Máx)

DISABLE_1 : 0

DISABLE_2 : 0

DISABLE_3 : 1

DISABLE_4 : 1

OP_SELECT : 0 (Normal operation)

AO – 102

MODE_BLCK : CAS

OUT_SCALE : 0-100%

XD_SCALE : 3 – 15psi

PIC – 102

MODE_BLCK : CAS

OUT_SCALE : 0-100%

XD_SCALE : 0-100%

CONTROL_OPTS: Reverse

GAIN (Kp) : 0.2 – 2
RESET (Tr) : 1/3 – 1/5

FY – OSDL

MODE_BLCK : CAS
HI_GAIN : 1.1
HI_BIAS : 0
LO_GAIN : 0.9
LO_BIAS : 0
HI_GAIN_1 : 1.1
HI_BIAS_1 : 0
LO_GAIN_1 : 0.9
LO_BIAS_1 : 0
GAIN : 1
GAIN_1 : 1
OUT_TYPE : 2 (D. limiter)

FY – 102

MODE_BLCK : AUTO
SELECT_TYPE : 3 (Máx)
DISABLE_1 : 0
DISABLE_2 : 0

DISABLE_3 : 1
DISABLE_4 : 1
OP_SELECT : 0 (Normal operation)

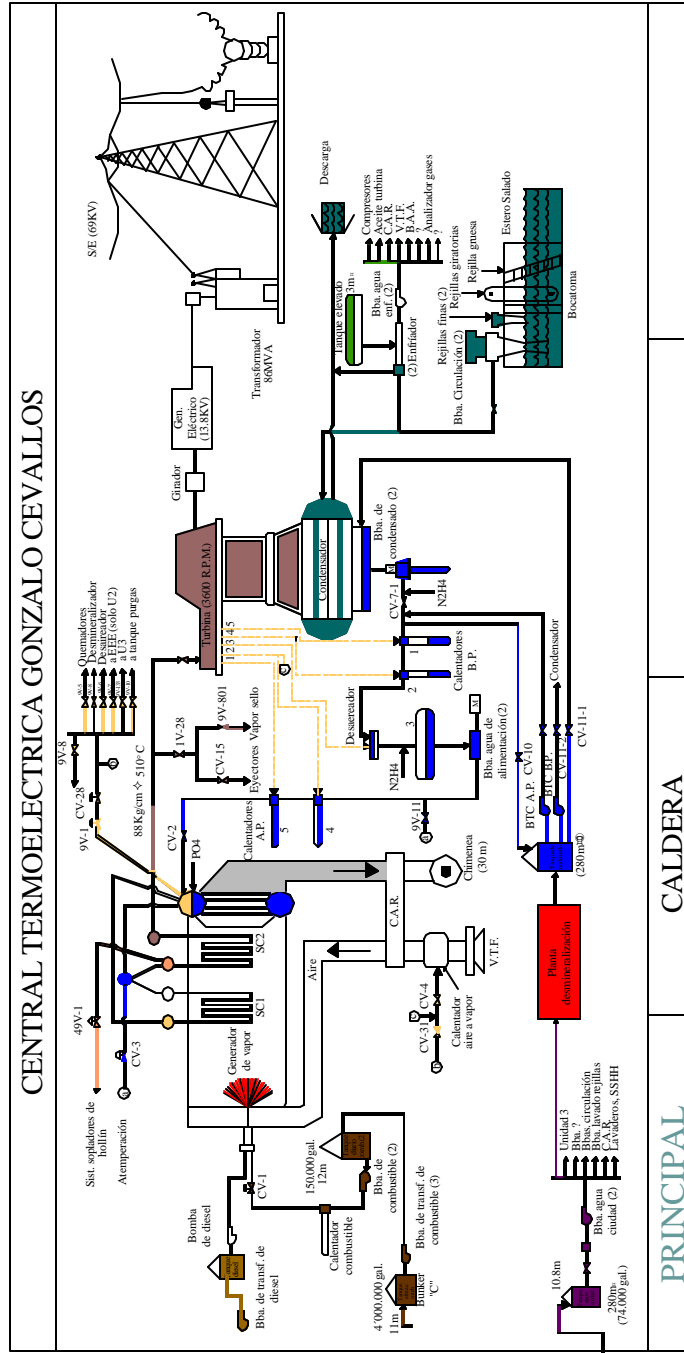
FIC - 101

MODE_BLCK : CAS
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 0-100%
CONTROL_OPTS: Reverse
GAIN (Kp) : 0.2 – 2
RESET (Tr) : 1/3 – 1/5

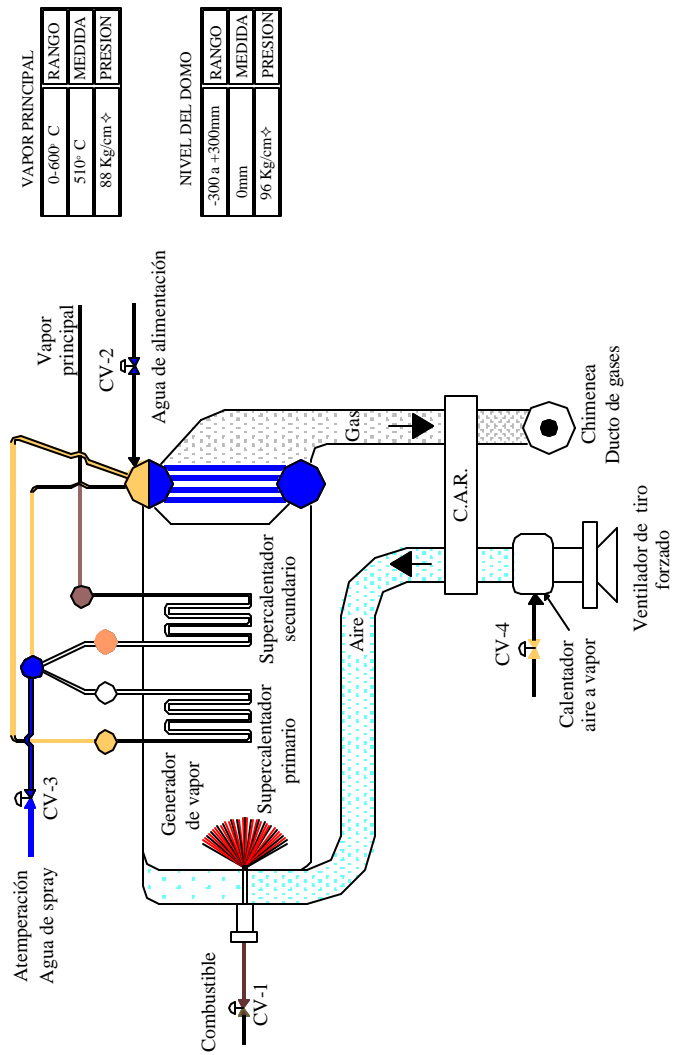
AO - 101

MODE_BLCK : CAS
OUT_SCALE : 0-100%
XD_SCALE : 3 – 15psi

5.3. DIAGRAMAS DE VISUALIZACIÓN



CALDERA DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA GONZALO CEVALLOS



PRINCIPAL

CALDERA

CAPITULO VI

COTIZACION DE LOS EQUIPOS FIELDBUS

FOUNDATION

SYSCON302

SYSCON302 : SISTEMA CONFIGURADOR DE FIELDBUS

5 : Nivel 5: 256 bloques de funciones

2 : Control del usuario: Llave

Cantidad : 1

Precio Unitario : \$4.300,80

Precio Total : \$4.300,80

PSI302P-2

PSI302P : IMPEDANCIA DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

2 : 2 Canales

Cantidad : 1

Precio Unitario : \$266,00

Precio Total : \$266,00

PS302P

PS302 : FUENTE DE ALIMENTACIÓN FIELDBUS, 24VDC

Cantidad : 1

Precio Unitario : \$445,20

Precio Total : \$445,20

H1

H1 : TERMINADOR FIELDBUS

Cantidad : 1

Precio Unitario : \$40,60

Precio Total : \$40,60

PCI/C1

PCI : INTERFASE DE CONTROL DE PROCESOS

/C1 : con SC71 Cable (3m)

Cantidad : 1

Precio Unitario : \$2.416,40

Precio Total : \$2.416,40

LD302A-51I-BU11-02/I1/I6

Variables : **PX-110**

LD302A : TRANSMISOR DE PRESION ABSOLUTA FIELDBUS
FOUNDATION

Tipo / rango : absoluto / (0,208 - 25MPa) - (30:3600psia) - (2,1216:255Kgf/cm²)

Cantidad : 1

Precio Unitario : \$1.673,00

Precio Total : \$1.673,00

LD302A-41I-BU11-02/I1/I6

Variables : **PX-102**

LD302A : TRANSMISOR DE PRESION ABSOLUTA FIELDBUS
FOUNDATION

Tipo / rango : absoluto / (50,08 - 2500KPa) - (3:360psia) - (0,2048:25,5Kgf/cm²)

Cantidad : 1

Precio Unitario : \$1.673,00

Precio Total : \$1.673,00

LD302A-21I-BU11-02/I1/I6

Variables : FX-101, FX-102, FX-103, FX-104 y LX-101

LD302D : TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL FIELDBUS
FOUNDATION

Tipo y rango : diferencial 5 a 200 inH2O

Cantidad : 5

Precio Unitario : \$1.463,00

Precio Total : \$7.315,00

TT302-12-0/I1/I6

Variables : **TRX-101 y TIX-102**

TT302 : TRANSMISOR DE TEMPERATURA FIELDBUS

Indicador Local : con indicador digital

Cantidad : 2

Precio Unitario : \$866,60

Precio Total : \$1.733,20

FP302-10-0/I1

Variables : **CV-1, CV-2, CV-3 y CD-1**

FP302 : CONVERTIDOR DE SEÑAL FIELDBUS A NEUMATICA

Indicador Local : con indicador digital

Cantidad : 4

Precio Unitario : \$942,20

Precio Total : \$3.768,80

JM1-1

JM1 : CAJA DE JUNTURA PARA INSTALACIONES FIELDBUS
FOUNDATION

1 : Conexión eléctrica: 1/2 - 14NPT

Cantidad : 13

Precio Unitario : \$123,20

Precio Total : \$1.601,60

SUB-TOTAL \$25.233,60

12% IVA \$3.028,03

TOTAL \$28.261,63

Costo total de los equipos : \$28.261,63

Costos de Ingeniería : \$1.500,00*

Materiales adicionales : \$100,00

Costo global : \$29.861,63

Condiciones de pago : 50% de anticipo y el restante contra entrega.

Plazo de entrega : 30 días

Período de garantía : 1 año

Validez de la propuesta : 30 días

Esta propuesta contempla lo siguiente:

Programación de los equipos

Instalación de los equipos

* El costo de ingeniería es el 5% del valor total de los equipos

Documentación

Respaldo del programa

Capacitación

CAPÍTULO VII

VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE PRESENTAN LOS EQUIPOS FIELDBUS

7.1. VENTAJAS

7.1. VENTAJAS

7.1.1. FACILITA EL MANTENIMIENTO

Se puede desconectar los equipos para realizar reparaciones, sin interrumpir la comunicación vía bus.

7.1.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO BAJOS

El autodiagnóstico continuo y confiable proporcionado por los dispositivos Fieldbus de Smar permite la integración de programas de mantenimiento predictivo y proactivo (en operación).

Los diagnósticos oportunos y las estadísticas operacionales permiten anticiparse a las fallas antes de que ocurran.

7.1.3. ELIMINACIÓN DEL HARWARE TRADICIONAL

El SYSTEM302 elimina la mayoría del hardware asociado a los sistemas de control distribuido tradicionales (DCS). Controladores y subsistemas de entradas/salidas (tarjetas I/O) son reemplazados por instrumentos inteligentes Fieldbus conectados en red a estaciones de trabajo. Además se reducen costos por cableado. Como ocurre en muchas de las soluciones de control modernas, algunas piezas del hardware son reemplazadas por el software.

7.1.4. FLEXIBILIDAD

Las demandas de cambios rápidos obligan a las industrias a hacer modificaciones y expansiones en corto tiempo. Con SYSTEM302 nuevas estrategias de control pueden ser rápidamente desarrolladas, probadas y descargadas desde una estación de trabajo para modificar los procesos existentes. Los beneficios finales son las mejoras en la productividad y en las ganancias económicas.

7.1.5. INTEROPERABILIDAD

Es la habilidad para operar múltiples dispositivos de diferentes fabricantes en el mismo sistema sin pérdida mínima de funcionalidad.

Fieldbus Foundation es un protocolo abierto, lo que significa que todos los fabricantes con certificación Fieldbus pueden proveer dispositivos que trabajen juntos en el campo.

7.1.6. FACILIDAD DE APRENDIZAJE

SYSTEM302 ha sido diseñado siguiendo las convenciones de Windows tales como Microsoft Office y Explorer. El software tiene la apariencia de las aplicaciones de Windows, y constituye una interfase para todos los dispositivos Fieldbus de diferentes fabricantes. El software está equipado con funciones de ayuda y gráficos que facilitan la visualización. La

configuración sin conexión (off-line) y almacenamiento, facilitan el desarrollo y prueba de estrategias de control diferentes.

7.2. DESVENTAJAS

7.2.1. COSTOS

Los costos de estos equipos son grandes en comparación a los de los equipos de otras tecnologías, en especial para proyectos pequeños.

7.2.2. SE REQUIERE MANO DE OBRA ESPECIALIZADA.

Debido a que esta tecnología es relativamente nueva en el país, son pocas las personas que saben como configurar, programar e instalar los equipos Fieldbus de la marca Smar. Se requiere personal con conocimiento sobre esta tecnología para obtener un mayor rendimiento de los equipos adquiridos y mejorar los procesos industriales.

7.2.3. AÚN NO ES ACEPTADA COMO NORMA ESTÁNDAR ÚNICA

El comité de normalización de la ISA no ha definido un único protocolo como estándar en control de procesos. Lo que limita la aplicación masiva de productos que usan tecnología Fieldbus Foundation.

CONCLUSIONES

- Fieldbus Foundation es un sistema de comunicación bidireccional, serial, digital, que interconecta el equipo de campo con sensores, actuadores y controladores
- Fieldbus es un sistema de comunicación abierto, lo que permite la conexión en red de equipos provenientes de diferentes fabricantes gracias a su interoperabilidad. Además que puede trabajar con otras tecnologías (PLC Y DCS).
- La red Fieldbus soporta hasta 16 instrumentos alimentados por el mismo cable de comunicación, y 32 con alimentación separada de la comunicación, por cada canal.
- Fieldbus Foundation usa bloques de funciones estándares para implementar estrategias de control.
- La alimentación de los equipos Fieldbus (24VDC) puede ser hecha a través de los mismos cables de comunicación o separadamente.
- La distancia máxima de la red Fieldbus es de 1900m., incluyendo las derivaciones, y puede ser aumentada con el uso de repetidores cada 1900m., teniendo como máximo hasta 4 repetidores.

- Los equipos Fieldbus Foundation de la marca Smar tiene una velocidad de transmisión de 31.25Kb/s.
- La red permite expansiones futuras usando los canales no utilizados de la tarjeta PCI302 de Smar (hay tres canales adicionales).
- Toda la información de control proveniente de los transmisores converge a una PC, que la procesa, crea una base de datos, genera alarmas y permite la visualización en pantalla.
- La transmisión hecha con transmisores inteligentes abarca mayores distancias que la realizada con transmisores neumáticos, que toleran hasta 180m de manera confiable.
- Las funciones de autodiagnóstico que se realizan continuamente permiten que las fallas puedan ser detectadas de manera puntual y en un tiempo mucho menor.

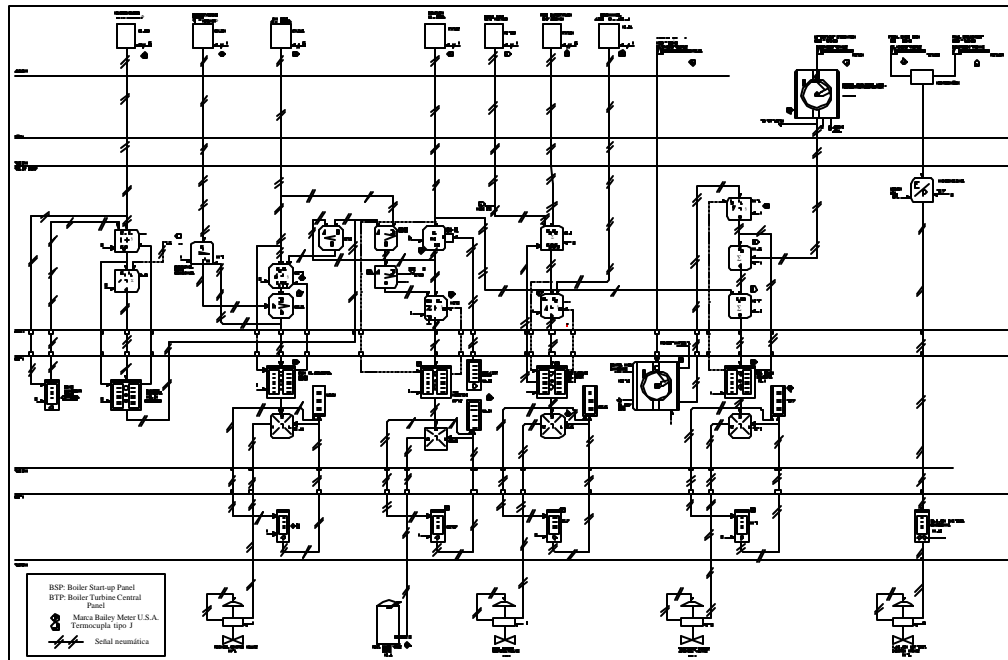
RECOMENDACIONES

La tecnología existente en la central termoeléctrica es neumática, y a pesar de que sus equipos presentan un buen funcionamiento sus repuestos ya no existen en el mercado puesto que las tecnologías modernas los están reemplazando. Y se podría mejorar utilizando los equipos Fieldbus. De esta manera se tendrá un mejor control en tiempo real con transmisión de datos digitales, más rápidos y confiables que la transmisión neumática.

Las válvulas de control deberían ser también cambiadas, ya que por más que las señales transmitidas sean rápidas, la acción de control final seguiría siendo la misma.

ANEXO A

DIAGRAMA DE CONTROL DE LA CALDERA DE LA CENTRAL TERMOELECTRICA GONZALO ZEBALLOS "SALITRAL"



ANEXO B

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS FIELDBUS MARCA SMAR

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, LD302

Fluido del proceso	Líquido, gas o vapor
Señal de salida	Sólo digital 31.25Kbit/s
Alimentación	Alimentado por bus : 9-32Vdc Consumo de corriente: 12mA
Indicador	Opcional. Indicador LCD con 4 dígitos numéricos y 5 caracteres alfanuméricos
Límites de temperatura	Ambiente : -40 a 85 °C (-40 a 185 °F) Proceso : -40 a 100 °C (-40 a 212 °F) Silicon Oil 0 a 85 °C (32 a 185 °F) Fluorolube Oil -40 a 150 °C (-40 a 302 °F) LD302L -25 a 85 °C (-13 a 185 °F) Viton O-Rings Almacenamiento: -40 a 100°C(-40 a 212 °F) Display : -10 a 60 °C(14 a 140 °F)operación -40 a 85°C (-40 a 185 °F) sin daño
Tiempo de encendido	Menos de 5.0 segundos después de que la alimentación es aplicada al transmisor
Límites de humedad	0 a 100% RH

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, TT302

Señales de entrada	Ver la tabla inferior
Señal de salida	Sólo digital 31.25Kbit/s
Alimentación	Alimentado por bus: 9-32Vdc Consumo de corriente: 12mA
Indicador	Opcional. Indicador LCD con 4 dígitos numéricos y 5 caracteres alfanuméricos
Límites de temperatura	Ambiente : -40 a 85 °C (-40 a 185 °F) Almacenamiento:-40 a 100°C(-40 a 212 °F) Display : -10 a 60 °C(14 a 140 °F)operación -40 a 85°C (-40 a 185 °F) sin daño
Tiempo de encendido	Aproximadamente 10 segundos
Tiempo de actualización de datos	Aproximadamente 0.2 segundos
Límites de humedad	10 a 60% RH

Sensor	Tipo	2,3 o 4 cables				Diferencial (2 sensores)			
		Rango (°C)	Rango (°F)	Span Min. (°C)	Precis. (°C)	Rango (°C)	Rango (°F)	Span Min. (°C)	Precis. (°C)
RTD	Cu 10 GE	-20 a 250	-4 a 482	50	± 1.0	-270 a 270	-454 a 518	50	± 2.0
	Ni 120 DIN	-50 a 270	-58 a 518	5	± 0.1	-320 a 320	-544 a 608	5	± 0.5
	Pt50 IEC	-200 a 850	-328 a 1562	10	± 0.25	-1050 a 1050	-1858 a 1922	10	± 1.0
	Pt100 EC	-200 a 850	-328 a 1562	10	± 0.2	-1050 a 1050	-1858 a 1922	10	± 1.0
	Pt500 EC	-200 a 450	-328 a 842	10	± 0.25	NA	NA	NA	NA
	Pt50 JIS	-200 a 600	-328 a 1112	10	± 0.25	-850 a 850	-1498 a 1562	10	± 1.0
Termocupla	Pt100 JIS	-200 a 600	-328 a 1112	10	± 0.25	-800 a 800	-1408 a 1472	10	± 1.5
	B NBS	+100 a 1800	+212 a 3272	50	± 0.5	-1600 a 1600	-2848 a 2912	60	± 1.0
	E NBS	-100 a 1000	-148 a 1832	20	± 0.2	-1100 a 1100	-1948 a 2012	20	± 1.0
	J NBS	-150 a 750	-238 a 1382	30	± 0.3	-900 a 900	-1588 a 1652	30	± 0.6
	K NBS	-200 a 1350	-328 a 2462	60	± 0.6	-1550 a 1550	-2758 a 2822	60	± 1.2
	N NBS	-100 a 1300	-148 a 2372	50	± 0.5	-1400 a 1400	-2488 a 2552	50	± 1.0
	R NBS	0 a 1750	32 a 3182	40	± 0.4	-1750 a 1750	-3118 a 3182	40	± 2.0
	S NBS	0 a 1750	32 a 3182	40	± 0.4	-1750 a 1750	-3118 a 3182	40	± 2.0
	T NBS	-200 a 400	-328 a 752	15	± 0.15	-600 a 600	-1048 a 1112	15	± 0.8
	L DIN	-200 a 900	-328 a 1652	35	± 0.35	-1100 a 1100	-1948 a 2012	35	± 0.7
U DIN	-200 a 600	-328 a 1112	50	± 0.5	-800 a 800	-1408 a 1472	50	± 2.5	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, FP302

Señal de salida	3-15psi (0.2-1.0Kg/cm ²)
Señal de entrada	Sólo digital, 31.25Kbits/s
Alimentación	Alimentado por bus: 9-32VDC Consumo de corriente: 12mA
Indicación	Opcional. Pantalla LCD con 4½dígitos numéricos y 5 caracteres alfanuméricos
Límites de temperatura de	Operación: -40 a 85°C (-40 a 185°F) Almacenamiento: -40 a 90°C (-40 a 194°F) Display: -10 a 60°C (-14 a 140°F), operación -40 a 85°C (-40 a 185°F), sin daño
Límites de humedad	0-100% RH
Tiempo encendido de	Aproximadamente 10 segundos
Tiempo actualización de	Aproximadamente 0.2 segundos
Presión del aire de alimentación	18 a 22psi (1.2 a 1.5Kg/cm ²)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, PCI302

GENERAL	
Voltaje de operación	+5V ($\pm 5\%$)
Condiciones de operación	0-50°C 5-90% RH
Corriente de operación	1.2A (típico)
INTERFASE FIELDBUS	
Número de puertos	4 independientes
Conector	D-SUB de 37 pines, macho
PC BUS	
Tipo	Slot de 16 bits ISA o 32 bits EISA
Acceso I/O	16 bits

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, PS302

Alimentación	AC : 90 a 260VAC - 47 a 440Hz
	Consumo máximo: 45 Watts DC : 127 a 367VDC
Salida	Voltaje : 24VDC $\pm 1\%$
	Corriente: 0 a 1.5A
Temperatura de operación	0 a 50°C
Temperatura de almacenamiento	-30 a 70°C

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, PSI302

Señales de entrada	Ver la tabla inferior
Señal de salida	Sólo digital 31.25Kbit/s
Alimentación	Alimentado por bus: 9-32Vdc
	Consumo de corriente: 12mA
Indicador	Opcional. Indicador LCD con 4 dígitos numéricos y 5 caracteres alfanuméricos
Límites de temperatura	Ambiente : -40 a 85°C (-40 a 185°F)
	Almacenamiento: -40 a 100°C (-40 a 212°F)
	Display : -10 a 60°C (14 a 140°F) operación
	-40 a 85°C (-40 a 185°F) sin daño

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS: BT302

Voltaje máximo de operación	35VDC
Impedancia de entrada	100Ω ± 2% en un rango de frecuencia de 7.8KHz a 39KHz
Temperatura de operación	-40 a 75°C, 10% a 95% RH
temperatura de almacenamiento	-55 a 85°C, 5% a 95% RH

ANEXO C

NORMA ISA

















SÍMBOLO	FUNCIÓN	SÍMBOLO	FUNCIÓN
Σ $+$	SUMA	\times	MULTIPLICACIÓN
Σ/N	MEDIA	\div	DIVISIÓN
Δ $-$	SUSTRACCIÓN	$\sqrt{\quad}$	RAÍZ CUADRADA
K P	PROPORCIONAL	$\sqrt[n]{\quad}$	EXTRACCIÓN DE RAÍZ
\int I	INTEGRAL	X^n	EXPONENCIACIÓN
d/dt D	DERIVATIVO	$f(x)$	FUNCIÓN NO LÍNEAL
$>$	SELECTOR DE SEÑAL ALTA	\triangleright	LÍMITE SUPERIOR
$<$	SELECTOR DE SEÑAL BAJA	\triangleleft	LÍMITE INFERIOR
\pm	POLARIZACIÓN	\boxtimes	LIMITADOR DE SEÑAL
$f(t)$	FUNCIÓN DEL TIEMPO	$\# / \#$	CONVERSIÓN DE SEÑAL

Símbolos y funciones de procesamiento de señales

Las normas de instrumentación establecen símbolos gráficos y codificaciones para la identificación alfanumérica de instrumentos o funciones programadas. Su propósito es facilitar el entendimiento de los diagramas y mallas de instrumentación.

La simbología/codificación más utilizada mundialmente en el área de instrumentación y control de procesos es la padronizada en la norma S5.1 de la ISA (The Instrumentation, Systems and Automation Society).

La padronización ISA considera que cada instrumento o función programada será identificada por un conjunto de letras y un conjunto de números. La primera letra indica la variable medida y las siguientes indican la función que el instrumento desempeña en la malla de control.

Localización Tipo	Localización principal normalmente accesible al operador	Montado en el campo	Localización auxiliar normalmente accesible al operador	Localización auxiliar normalmente no accesible al operador
Instrumentos discretos				
Instrumentos compartidos control/display				
Computador de proceso				
Controlador programable				

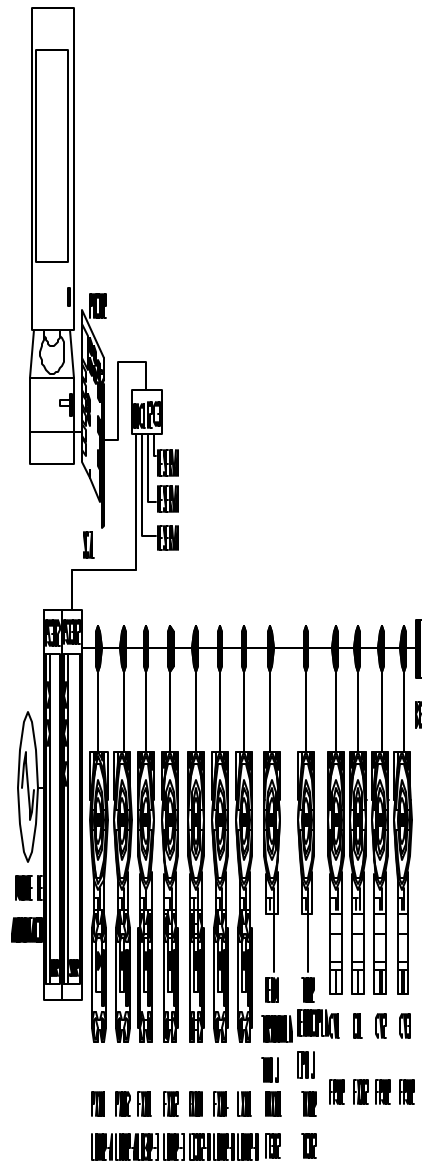
Símbolos generales para instrumento o función programada

LETRA	1ER. GRUPO DE LETRAS		2DO. GRUPO DE LETRAS		
	VARIABLE MEDIDA O INICIADORA		FUNCIÓN		
	IRA. LETRA	MODIFICADORA	PASIVA O DE INFORMACIÓN	ACTIVA O DE SALIDA	MODIFICADORA
A	ANÁLISIS		ALARMA		
B	LLAMA				
C	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA			CONTROLADOR	
D	DENSIDAD	DIFERENCIAL			
E	TENSIÓN		SENSOR		
F	CAUDAL (FLUJO)	RAZÓN			
G	ELECCIÓN USUARIO		VISIÓN DIRECTA		
H	MANUAL				ALTO
I	CORRIENTE ELÉCTRICA		INDICADOR		
J	POTENCIA	BARRIDO, SELECCIÓN MANUAL			
K	TIEMPO, TEMPORIZACIÓN	TASA DE VARIACIÓN CON EL TIEMPO		ESTACIÓN DE CONTROL	
L	NIVEL		LÁMPARA PILOTO		BAJO
M	HUMEDAD	INSTANTÁNEO			MEDIO
N	ELECCIÓN USUARIO				
O	ELECCIÓN USUARIO		ORIFICIO DE RESTRICCIÓN		
P	PRESIÓN		CONEXIÓN PARA PRUEBA		
Q	CANTIDAD	INTEGRACIÓN, TOTALIZACIÓN			
R	RADIACIÓN		REGISTRADOR		
S	VELOCIDAD, FRECUENCIA	SEGURIDAD		SWITCH	
T	TEMPERATURA			TRANSMISOR	
U	MULTIVARIABLE		MULTIFUNCIONAL		
V	VIBRACIÓN, ANÁLISIS MECÁNICO			VÁLVULA, DAMPER	
W	PESO, FUERZA		POZO, PUNTA DE PRUEBA		
X	NO CLASIFICADA	EJE DE LAS X	NO CLASIFICADA	NO CLASIFICADA	NO CLASIFICADA
Y	ESTADO, PRESENCIA, SECUENCIA DE EVENTOS	EJE DE LAS Y		RELÉ, RELÉ COMPUTADOR, CONVERSOR, SOLENOIDE	
Z	POSICIÓN, DIMENSIÓN	EJE DE LAS Z		ACTUADOR, ACCIONADOR	

ANEXO D

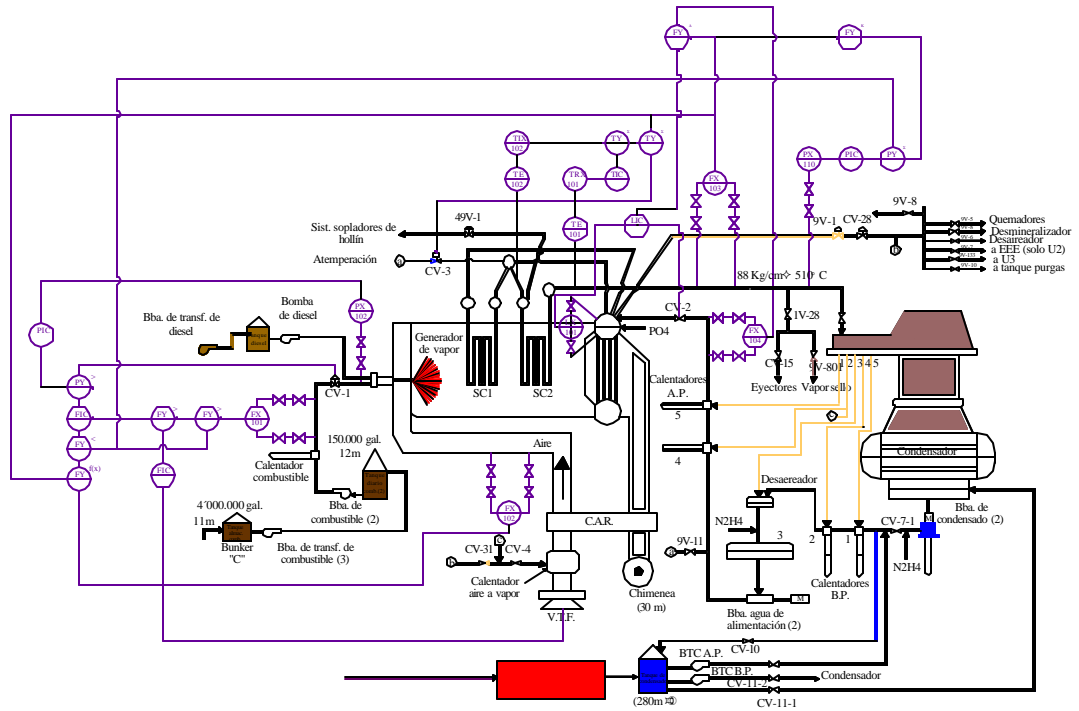
DIAGRAMA DE BUS DE LOS EQUIPOS FIELDBUS FOUNDATION

MARCA SMAR



ANEXO E

DIAGRAMA P&ID (PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM) DE LA CALDERA DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA GONZALO ZEBALLOS



BIBLIOGRAFÍA

1. Manual Bailey, USA, 1978
2. Bega Egidio, Instrumentação Aplicada ao Controle de Caldeiras, 2.ed, Instrument Society of America, Rio de Janeiro, 1998.
3. Smar, PCI Fieldbus Foundation Process Control Interface, Manual, edition 2001
4. Smar, PCI Fieldbus Foundation Process Control Interface, Catalogue, edition 2001
5. Smar, PSI302 Fieldbus Foundation Power Supply Impedance, Manual, edition 2001
6. Smar, PSI302 Fieldbus Foundation Power Supply Impedance, Catalogue, edition 2001
7. Smar, PS302 Power Supply, Manual, edition 2001
8. Smar, PS302 Power Supply, Catalogue, edition 2001
9. Smar, LD302 Fieldbus Foundation Pressure Transmitter, Manual, edition 2001
10. Smar, LD302 Fieldbus Foundation Pressure Transmitter, Catalogue, edition 2001
11. Smar, TT302 Fieldbus Foundation Temperature Transmitter, Manual, edition 2001
12. Smar, TT302 Fieldbus Foundation Temperature Transmitter, Catalogue, edition 2001
13. Smar, FP302 Fieldbus Foundation to Pneumatic Signal Converter, Manual, edition 2001
14. Smar, FP302 Fieldbus Foundation to Pneumatic Signal Converter, Catalogue, edition 2001
15. Smar, JM1 Junction Box for Fieldbus Foundation & Profibus PA, Catalogue, edition 2001

16. Smar, BT302 Bus Terminator, Manual, edition 2001
17. Smar, BT302 Bus Terminator, Catalogue, edition 2001
18. Smar, FB Fieldbus Foundation Function Blocks, Manual, edition 2001
19. Smar, FB Fieldbus Foundation Function Blocks, Catalogue, edition 2001
20. Smar, SYSCON System Configurator, Manual, edition 2001
21. Smar, SYSCON System Configurator, Catalogue, edition 2001
22. www.smar.com