

**ESTUDIO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN QUE UTILIZA
EL SISTEMA AUTOMÁTICO DE LA BCS, SUPERTANQUEROS
MATANZAS, CUBA.**

**M.Sc. Carlos R. Molina Hernández ^{1,2}, Ing. Julio R. Laguardia Morales ²,
Dr.C. Evaristo González Milanés ¹.**

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca
Km.3, Matanzas, Cuba.*

*2. Empresa Comercializadora de Combustible Matanzas, Zona
Industrial, Versalles, Matanzas, Cuba.*

Resumen.

En el trabajo se describen aspectos importantes que deben cumplir un sensor o transductor para ser utilizados en la industria y se explican algunos de los instrumentos y transductores utilizados en el sistema automático de la Base de Crudos Supertanquero (BCS), haciéndose énfasis en su principio de funcionamiento, protocolo de comunicación y empleo como parte de dicha automatización

Palabras claves: Dispositivos electrónicos; Sensores y Transductores. Instrumentación.

En las aplicaciones ingenieriles que utilizan instrumentos de medición, control de procesos y automática existe la necesidad de medir algunas magnitudes físicas tales como la presión, la temperatura, el flujo, el desplazamiento, etc. Estas mediciones son llevadas a efecto por dispositivos físicos llamados sensores o transductores, capaces de convertir una variación de una magnitud física en otra. No hay consenso amplio en relación a qué llamar sensor y a qué llamar transductor, e incluso muchos autores los utilizan indistintamente. En nuestro caso, llamaremos sensor al elemento primario en el que actúa directamente la magnitud de entrada a medir y cuya modificación provoca un cambio que se convierte posteriormente en una señal eléctrica, que al acondicionarse y amplificarse dará lugar al transductor o instrumento de campo.

Frecuentemente el sensor solo no es capaz de entregar una señal apta para su uso, requiere de una operación adicional antes que la señal de salida eléctrica esté disponible en forma útil. Esta operación normalmente se le conoce como circuito acondicionador de la señal. A menudo la señal acondicionada se convierte entonces a forma digital y almacenada en una computadora.

Un transductor en su concepción más amplia será entonces el dispositivo encargado de convertir de un tipo de energía en otro, y en nuestro caso lo definiremos mejor como el encargado de convertir los valores y cambios de los parámetros de magnitudes físicas en una señal eléctrica, la cual se pueda posteriormente manipular y medir.

Un transductor para que entregue una señal eléctrica a su salida puede actuar como transductor activo o como transductor pasivo. Los transductores que necesitan una energía para entregar esta señal se les conocen como transductores pasivos. El transductor activo posee una fuente auxiliar que suministra energía.

Aspectos importantes que deben cumplir un sensor o transductor para ser utilizado.

1. Rango de operación o campo de medida. Es el conjunto de valores acotados entre los valores máximo y mínimo que puede tomar la medición a transmitir.
2. Alcance o Span. Es la diferencia algebraica entre el valor máximo y mínimo a transmitir.
3. Error. Es diferencia algebraica entre el valor transmitido y el valor real de la variable medida.

4. Exactitud. Calidad de un instrumento para aproximarse al real de la magnitud.
5. Precisión. Es la tolerancia permisible de lectura del instrumento.
6. Sensibilidad. Es la razón entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que la ocasiona.
7. Repetibilidad. Es la posibilidad que tiene el instrumento para repetir el valor idénticos medidos continuamente, se expresa en %.
8. Histéresis. La diferencia máxima que se observa en los valores indicados para el mismo valor en todo el campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en ambos sentidos.
9. Fiabilidad. Que el instrumento de medida continúe trabajando sin rotura dentro de los rangos aceptables de funcionamiento.
10. Resolución. Valor mínimo de cambio de magnitud de la señal de salida.
11. Linealidad. Acercamiento de la curva recta de calibración a una línea recta especificada.
12. Ruido. Elementos espurios que puede modificar o alterar el valor real de la magnitud medida.
13. Estabilidad. Mantener su funcionamiento durante su vida útil.
14. Velocidad de respuesta. El transductor debe ser capaz de responder a las variaciones de alta velocidad de la variable.

Los instrumentos o transductores poseen especificaciones técnicas para su elección y montaje en el proceso.

1. Voltaje de alimentación: Valor del voltaje de alimentación de directa DC o alterna AC y el consumo.
2. Interfaz:
 - Salida analógica y rango de señal. La comunicación puede ser 4-20 mA, HART, 0-5V, 0-10V.
 - Salida digital. La comunicación puede ser *on-off* o por bus (CAN, PROFIBUS, etc.).
 - Límite superior e inferior ajustable.
 - Tipo de señal Relé, función NA o NC

- Aislamiento galvánico, salidas aisladas galvánicamente de la alimentación auxiliar y entre sí.
- Indicador de la medición. Normal o por LCD (Cristal líquido).

3. Construcción mecánica:

- Tamaños nominales

DIN DN 80 DN 100 DN 150

ANSI 3" 4" 6"

JIS 80 mm 100 mm 150 mm

- Presión

DIN PN16 PN40

ANSI 150 lb 300lb

JIS 10K

- Conexión al proceso Brida según DIN 2527, ANSI B16.5, ó diámetro área perforada equivalente a JIS B2238.
- Materiales de las piezas Brida Caja
- Construcción Inyección de aluminio, pintado
- Entrada de cable NPT
- Grado de protección.
- Peso (instrumento y brida)
- Dimensiones.

4. Condiciones ambientales:

- Ubicación: apto para interior / exterior
- Altitud: máx.
- Temperatura ambiente.
- Humedad relativa.
- Categoría de instalación.

- Grado de contaminación.
- Temperatura del proceso.
- Compatibilidad electromagnética.
- Emisión de perturbaciones.
- Inmunidad a perturbaciones.
- LCD (display cristal líquido).
- Rango de temperatura de almacenamiento.
- Protección contra explosión Certificado. Selección adecuada del instrumento en áreas con peligro de explosión.

Señales eléctricas de salidas analógicas y digitales de los instrumentos o transductores.

Los señales de salida analógicas entregan como salida un voltaje o una corriente continuamente variable dentro del campo de medida especificado. Los rangos de voltaje de salida son muy variados, siendo los más usuales, $\pm 1V$, $\pm 10V$, $\pm 5V$. Los rangos de corriente de salida están más estandarizados, siendo actualmente el más común el de corriente de 4 a 20 mA, donde 4 mA corresponde a cero en la variable medida y 20 mA a plena escala. Existen sensores con rangos de salida de 0 a 20mA y de 10 a 50mA.

La salida por lazo (*loop*) de corriente es particularmente adecuada para ambientes industriales por las siguientes razones:

1. Permite ubicar sensores en sitios remotos y peligrosos.
2. Permite reducir a dos el número de alambres por sensor.
3. Permite aislar eléctricamente los sensores de los instrumentos de medición.
4. Proporciona mayor confiabilidad puesto que es relativamente inmune a la captación de ruido y la señal no se degrada cuando se transmite sobre largas distancias.

Las señales de salida digitales entregan como salida un voltaje o una corriente variable en forma de saltos o pasos discretos de manera codificada, es decir con su valor representado en algún formato de pulsos o palabras, digamos PWM o binario. Un caso particular de sensores digitales son los detectores todo o nada los cuales, como su nombre lo sugiere, tienen una salida digital codificada de sólo dos estados y únicamente indican cuándo la variable detectada rebasa un cierto valor umbral o límite, permitiendo la conmutación.

Las soluciones de automatización distribuidas a base de buses de campo abiertos constituyen hoy en día la tecnología estándar en muchos sectores de las industrias de producción y de la ingeniería de procesos. Ahora, la tecnología de los buses de campo permite aprovechar al cien por ciento las ventajas funcionales de la comunicación digital,

entre otras la mejor resolución de los valores de medida, las posibilidades de diagnóstico y la parametrización remota (Avallone, et al., 2007).

Adicionalmente muchos instrumentos de campos digitales poseen interfaces estándares como RS232C, RS-422A, RS-485, HART, etc., lo cual les permite comunicarse directamente con sistemas de control en autómatas programables (PLC), computadoras sobre diferentes trayectos físicos y a muy distintos rangos de bits (Bustillos Ponte).

Un protocolo de comunicación que es usado ampliamente es el que transmiten señales HART "*Highway Addressable Remote Transducer*" la cual es una señal analógica de 4-20mA sobre la que superpone la señal digital. Este protocolo posee ventajas innumerables permitiendo la comunicación a través de un bus de campo al cual se pueden conectar hasta 15 instrumentos con un máximo de 256 variables. La forma de onda de la señal digital es un seno superpuesta a la directa no es más que una modulación de frecuencia individuales, 1200Hz que se corresponde con el bits "1" lógico y 2200 Hz representando respectivamente con el bits "0" lógico (Piñón, et al, s/f).

Utiliza el Código Estándar de Cambio de Frecuencia Bell 202, para superponer las señales digitales de comunicación (Bell 202 *Frequency Shift Keying o FSK*). El instrumento de campo puede ser seleccionado ya que se le asigna una dirección con un tiempo de respuesta de aproximadamente 500 ms. HART es un protocolo del tipo Maestro - Esclavos, lo que significa que los instrumentos de campo o sea, los Esclavos, sólo hablan cuando el Maestro les habla. Esto no significa (que no se pueda establecer una comunicación tipo *BURST*, con un sólo Transmisor el cual está transmitiendo continuamente). En este caso la actualización es de 3 a 4 veces por segundo. Esto permite comunicación de campo Bidireccional, además de hacer posible el intercambio de información, más allá de la Variable de Proceso, desde y hacia el instrumento de campo Inteligente.

Los sensores y transmisores inteligentes, introducidos por Honeywell en 1983, son sistemas electrónicos completos, basados generalmente en microprocesadores, los cuales, además de su función básica de convertir una variable física en una señal eléctrica equivalente, traen incorporadas funciones adicionales de procesamiento y comunicación como autocalibración, cambio automático del rango de medida, auto diagnóstico, compensación ambiental, auto caracterización, interfaces seriales, etc. Son más precisos, estables y confiables que los sensores convencionales, y tienen rangos de medida más amplios. Además, no requieren mantenimiento y simplifican el diseño de sistemas de medición y control.

Uno de los protocolos ampliamente usados con acceso al bus es el protocolo PROFIBUS por SIEMENS, con sus tres versiones. Este protocolo es implementado en la capa dos del modelo OSI e incluye la seguridad de datos, el manejo de los protocolos de transmisión y telegramas, control de acceso al medio (MAC), disponibilidad de los servicios de transmisión de datos y funciones de administración. La arquitectura PROFIBUS está modelada de acuerdo con el modelo de referencia ISO/OSI (López Fernández, s/f).

Beneficios del protocolo de comunicación HART.

- La probada transmisión analógica de valores medidos.
- Comunicación digital simultánea con transferencia de datos bidireccional.
- Posibilidad de transmisión de varias magnitudes de medida de un aparato de campo (p.ej. informaciones de diagnóstico, mantenimiento y proceso).
- Conexión a sistemas de nivel superior como p.ej. PROFIBUS DP
- Fácil instalación y puesta en servicio.

Gama de aplicación

Los aparatos pueden conectarse de varias maneras:

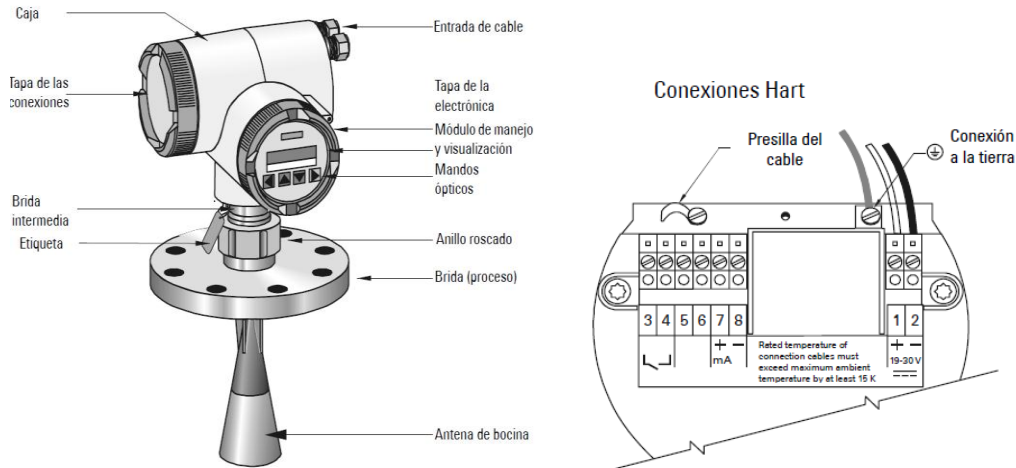
- Por la periferia distribuida.
 - SIMATIC ET 200M
 - SIMATIC ET 200iSP
 - SIMATIC ET 200iS con los módulos HART o con los módulos analógicos de 4a 20 mA y el HART *Handheld Communicator*.
- Mediante un módem HART que permita establecer una conexión punto a punto entre el PC o un sistema de ingeniería y el aparato HART.
- Mediante los multiplexores HART que vienen incluidos en el servidor HART de HCF.

De manera general, según la variable de proceso, los instrumentos pueden ser clasificados adoptando el nombre de dicha variable, por lo que una muestra de esto sería denominarlos como:

1. Instrumentos nivel.
2. Instrumentos de caudal.
3. Instrumentos presión.
4. Instrumentos temperatura, etc.

Como en la práctica existe un sin número de variables de proceso, ello trae consigo que se presente una gran variedad de instrumentos que adquieren su nombre, siendo a la vez independiente del sistema empleado en la conversión de la señal de proceso. Seguidamente se describen algunos instrumentos de los empleados en el sistema automático de la BCS con el objetivo de que el lector se familiarice con algunas de las tecnologías más contemporáneas que emplean los fabricantes, y que son de interés, pues pudieran encontrarse en algunas otras instalaciones de nuestro país.

Trasmisores de nivel.



Imágenes tomada de (MILLTRONICS, 2002)

El instrumento utilizado en la medición de nivel en la BCS es un transmisor de principio de funcionamiento por radar (MILLTRONICS, 2002) y está diseñado para medir en rangos medianos y largos, en tanques de almacenamiento de líquidos y sólidos. El SITRANS LR 400 proporciona mediciones fiables de alta frecuencia aun cuando las señales radar reflejadas en la superficie controlada fuesen mediocres. Con el haz de emisión estrecho del SITRANS LR 400 se obtiene un cono de radiación agudo y se minimiza el efecto de las reflexiones parásitas causadas por los obstáculos en el tanque.

Su principio de funcionamiento se basa en el tiempo de recorrido de un impulso de las microondas emitidas por una antena de trompeta, las que se reflejan en la superficie del producto y son posteriormente decepcionadas mediante una antena. El tiempo de la trayectoria de la microonda es proporcional a la distancia y por tanto con el nivel de producto dentro del tanque. La expresión a utilizar es la que sigue:

$$d = \frac{c \cdot t}{2} \quad \text{donde:}$$

d: Distancia de la trayectoria de la onda desde su emisión hasta su recepción.

c: Velocidad de la luz

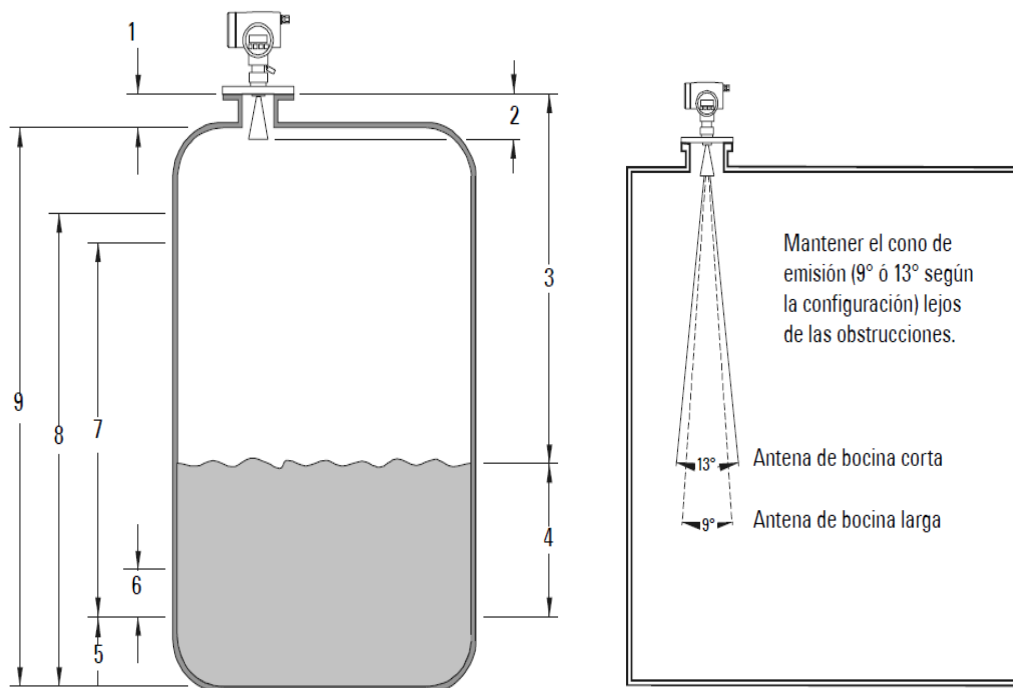
t: Tiempo transcurrido en segundo.

Las señales de radar no están ligadas por un medio que las transmita, y se propagan a la velocidad de la luz (300 000 000 m/s). Los sensores de radar trabajan generalmente en la banda 6 a 26 GHz. Son usualmente insensibles al ambiente del proceso (vapor, presión, polvo o temperaturas extremas). Para la selección de la ubicación en el montaje del instrumento se debe tener en cuenta que ningún obstáculo interfiera en el cono emisión.

Entrega a la salida una señal analógica de 4-20mA + Hart. Se utiliza un rango de salida de corriente entre 4-20mA y requiere poco mantenimiento.

Seguidamente se muestra un esquema donde se representa la colocación del instrumento en la parte superior del tanque y se indican algunas de las magnitudes a tener en cuenta para su funcionamiento

1. Altura del cuello / Tubo.
2. Zona muerta.
3. Valor bruto (medido)
4. Nivel (=valor calculado).
5. Valor rango mínimo
6. Límite inferior / nivel
7. Límite superior / nivel.
8. Valor rango máximo
9. Altura del tanque.



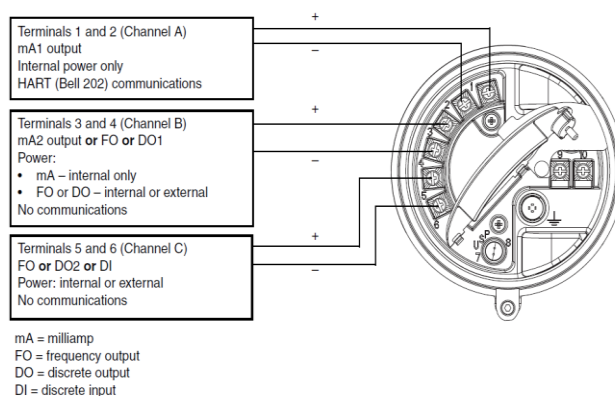
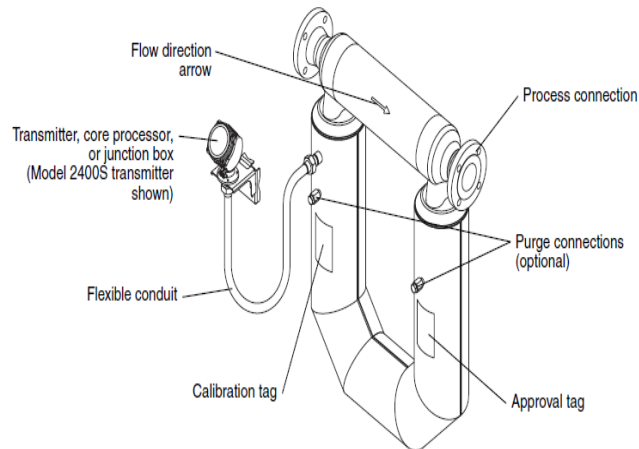
Imágenes tomada de (MILLTRONICS, 2002)

Trasmisor que mide caudal.

El trasmisor utilizado para medir caudal en la BCS es el caudalímetro másico de Coriolis el cual es adecuado para casi todo tipo de líquidos y gases. La medición se efectúa con independencia de las alteraciones de las condiciones y de los parámetros del proceso, tales como temperatura, densidad, presión, viscosidad, conductividad y perfil de flujo.

Los caudalímetro según el principio de medida Coriolis se caracterizan por su alta precisión en un amplio rango dinámico.

El trasmisor (Micro Motion, 2006) de la SERIE 2000 modelo CMF-400M437NKBFS está diseñado para el monitoreo de aplicaciones de múltiples variables a transmitir simultáneamente, ofreciendo la selección combinada de las salidas. Incluye salida de corriente entre 4-20mA, frecuencia discretas para las entradas y salidas, MODBUS, HART, FOUNDATION FIELDBUS y PROFIBUS PA de comunicación digital. Entre las variables que puede transmitir se encuentran flujo másico, flujo volumétrico, densidad y temperatura. Su esquema se presenta a continuación:



Imágenes tomada de (MICRO MOTION, 2006)

Dentro de sus parámetros más importantes pueden señalarse los siguientes:

1. AC 50/60 Hz, con potencia 85 a 265 VAC,
2. 6 watts típico, 11 watts máximo.
3. 18 a 100 VDC,
4. DC potencia mínima igual a 22 VDC con 300 metros of 0,8 mm².

El caudalímetro permite la medición directa del caudal másico. Su principio de funcionamiento está basado en un tubo que no impide el paso del caudal a través de él. Posee un oscilador que hace que el tubo oscile constantemente, utilizando un excitador electromagnético central, y dos sensores localizados a la entrada y a la salida que miden la fase relativa de la oscilación del tubo sobre su longitud.

Si no hay flujo, la oscilación es simétrica y no hay diferencia de fase, pero cuando el fluido comienza a fluir en el tubo de medición este sufre un retorcimiento adicional impuesto sobre la oscilación como resultado de la inercia del líquido, lo que provoca que las secciones de entrada y salida del tubo oscilen en diferentes direcciones simultáneamente. Los dos sensores de alta sensibilidad recogen estos cambios de oscilación en términos de tiempo y espacio, lo que genera una diferencia de fase que es directamente proporcional al caudal másico que está fluyendo a través del tubo. Mientras mayor sea la velocidad del flujo y por tanto el caudal total, más grande será la deflexión del tubo de medición oscilante.

El instrumento puede usarse para determinar de forma simultánea conjuntamente con el caudal, la densidad del flujo que fluye ya que los sensores también registran la frecuencia de vibración del tubo de medición hacia delante y hacia atrás la que da una medida de la densidad del fluido.

Sensores y transmisores que miden temperatura.

Termorresistencias.

Existen metales que por sus propiedades se usan en los instrumentos fabricados para la medición de la temperatura. Su principio de trabajo se fundamenta en la proporcionalidad que existe entre la variación de su resistencia eléctrica y el cambio de la temperatura.

En las termorresistencias la resistencia varía con el cambio en la temperatura en base a una serie de valores básicos reproducibles. La variación del valor óhmico de la resistencia se transforma en cambios de tensión y se transmiten mediante cables de cobre, ya sea en directo o a través de convertidores, a los instrumentos indicadores, registradores o reguladores.

El cobre, níquel, wolframio y platino son metales usados para la construcción de las termorresistencias, pero también suelen usarse electrólitos, materiales no metálicos y semiconductores.

Las resistencias están calibradas a la temperatura de 0 °C (32 °F), a $100 \Omega \pm 0,12 \Omega$. Los valores básicos de las resistencias construidas con platino (según DIN EN 60751) la brindan los fabricantes y se pueden encontrar fácilmente en una búsqueda en internet. Normalmente las resistencias son encapsuladas en cerámica. Poseen elementos de montaje y de conexión necesarios en cada caso. Las termorresistencias están disponibles como instrumentos simples y dobles.

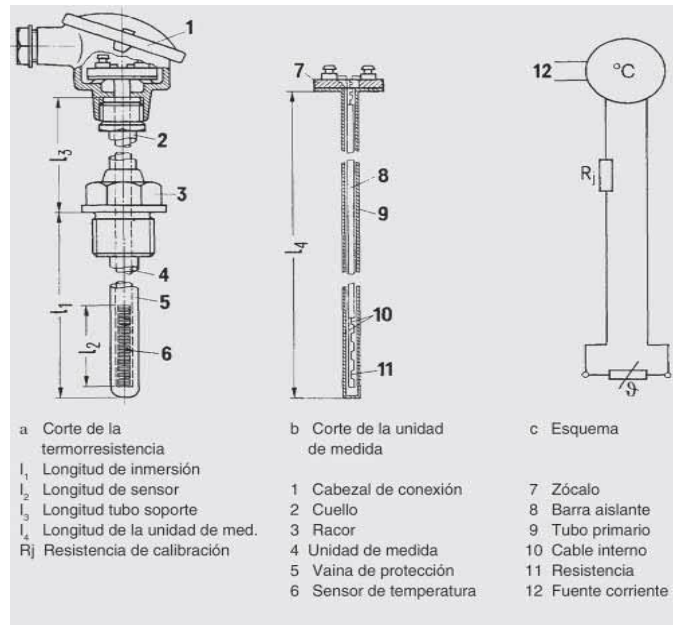


Imagen tomada de (SIEMENS, 2007)

Para poder proteger la resistencia de medida durante el servicio y para poder sustituirla con mayor facilidad, ésta se fija dentro de una vaina de protección (termo pozo).

Según el rango de medida y los requisitos de precisión las termorresistencias se conectan a los equipos de salida en circuito a 2, 3 ó 4 hilos. A este fin, las unidades de medida pueden suministrarse también con 2, 3 ó 4 cables internos.

El montaje en tuberías, recipientes etc. requiere unos elementos mecánicos de protección adecuados para soportar los correspondientes esfuerzos mecánicos y químicos. La longitud de inserción de la termorresistencia en el proceso es un requisito que se debe tener presente para evitar errores de lectura del sensor. La selección del material de la vaina de protección adecuado o la combinación de diferentes materiales para tal componente deberá efectuarse cuidadosamente, pues este elemento ha de soportar los esfuerzos causados por la presión estática, el flujo y la temperatura.

En la industria es muy común encontrar termorresistencias PT-100, la cual ofrece una excelente estabilidad y reproducibilidad. Posee la ventaja que la medición no es alterada por la distancia entre el punto donde se mide y el indicador o circuito de control, gracias a su conexión de tres alambres que permite diferenciar la resistencia del sensor y la

resistencia total de los alambres. Con resistencias relativamente bajas (100) donde su variación con la temperatura es pequeña (menos de 0.4 /°C), es necesario acondicionar la señal con fuentes de excitación de corriente altamente precisas, amplificadores de alta ganancia y conectores para mediciones de 3 y 4 hilos respectivamente.

La configuración de 4 hilos usa un segundo par de cables para pasar la corriente de excitación. De esta manera una corriente casi insignificante fluye a través de los cables del sensor y así el error de punta resistiva es muy pequeño.

Termopares.

En la BCS se utilizan sonda de termopares para la medición de 3 puntos de temperaturas a diferentes niveles en los tanques.

El principio de funcionamiento del termopar está basado en el efecto de Seebeck, mediante el cual dos hilos de diferentes materiales o de aleaciones de metal que se unen por una soldadura (junta bimetálica) provocan el surgimiento de una fem proporcional a la diferencia de temperatura entre la unión fría y caliente (efecto termoeléctrico). Generalmente se debe cubrir el termopar con un tubo de protección para evitar daños al mismo debido que puede estar utilizado en lugares donde el ambiente es corrosivo, posea alta humedad, daño mecánico, etc. (Acosta, 1989).

El esquema de este dispositivo se muestra a continuación:

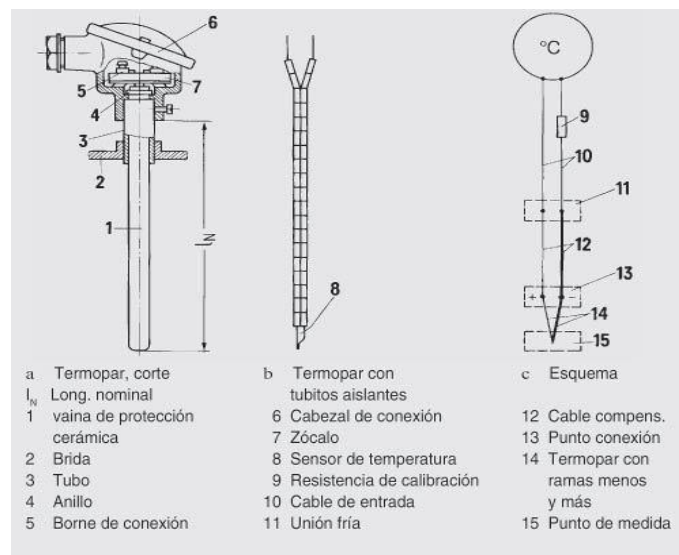


Imagen tomada de (SIEMENS, 2007)

La diferencia de potencial entregada en los extremos libres está dada por la fórmula.

$$E = C (T_1 - T_2) + K (T_2^2 - T_1^2)$$

T1 Temperatura Caliente

T2 Temperatura Fría

C y K constantes del material termopar $\text{mV}/^\circ\text{C}$.

El efecto de las fluctuaciones de temperatura en la unión fría puede equilibrarse mediante un circuito de compensación a través de la denominada como caja de compensación. La temperatura de referencia es equivalente a 0°C (32°F) ó 20°C (68°F). Las uniones frías pueden también mantenerse a una temperatura constante de 50 , 60 ó 70°C (122 , 140 ó 158°F), utilizando un termostato (para varios puntos de medida).

La sensibilidad y el ruido son otros factores importantes a considerar en la medición con termopares. Las salidas de los termopares son señales muy pequeñas, que cambian de 7 a $50\mu\text{V}$ por cada grado (1°C) de cambio en temperatura, haciendo a las señales muy susceptibles a los efectos de ruido eléctrico. Esta es la causa por lo que a veces es necesario utilizar acondicionadores de la señal para que estos efectos sean minimizados. La utilización de filtros de ruido paso bajo se hace imprescindible para suprimir el ruido de 50 y 60 Hz, además incluyen amplificadores de instrumentación de alta ganancia para aumentar el nivel de la señal. Amplificar la señal del termopar también incrementa la resolución o sensibilidad de la medición.

Por ejemplo, un típico dispositivo de adquisición de datos con un rango de entrada de ADC de ± 10 V y una ganancia en tarjeta de 50 , tiene una resolución de $98\mu\text{V}$. Esto corresponde a aproximadamente 2°C para un termopar tipo J o K. Al añadir un acondicionamiento de señal con una ganancia adicional de 100 , la resolución incrementa a $1\mu\text{V}$, lo cual corresponde a una fracción de un grado Celsius.

A partir del punto donde se realiza su conexión, los termopares se prolongan hasta un punto con la temperatura lo más constante posible (unión fría), usando cables de compensación. Los cables de compensación vienen marcados con los mismos colores de identificación que sus termopares asociados; el polo positivo está marcado en rojo, por lo que se necesita prestar atención para efectuar la conexión con la polaridad correcta, ya que si no pueden presentarse considerables errores de medida. Para proteger el termopar de las vibraciones mecánicas y químicas puede utilizarse una vaina de cerámica o de metal, la cual puede fijarse por rosca, soldadura o brida en las tuberías y en los recipientes. El extremo del termopar está localizado en el cabezal de conexión.

En la actualidad se impone la conversión de la señal analógica en una señal digital a través de conversores A/D que deben estar ubicados en sitios muy próximos al sensor o elemento primario de medición; posteriormente esta señal digital puede ser transmitida sin que sufra muchas alteraciones (Endres+Hauser, 2009). Convertidores de temperatura de 2 a 4 hilos (4 a 20 mA), programables, con aislamiento galvánico, para termorresistencias y termopares SITRANS TK-H son utilizados en la BCS.



Imagen tomada de (SIEMENS, 2007)

Instrumentos que miden Presión.

Los transmisores de presión SITRANS P, SERIE DS III son los transmisores utilizados en BCS.

El transmisor de presión está disponible en diversas variantes para medir:

1. Presión relativa
2. Presión absoluta
3. Presión diferencial
4. Nivel

Su figura se muestra seguidamente:



Imagen tomada de (SIEMENS, 2007)

El mismo posee compatibilidad electromagnética en el margen de 10 kHz ... 1 GHz, los tipos DS III pueden utilizarse en lugares de aplicación con altas influencias electromagnéticas. Los transmisores con tipo de protección de "Seguridad intrínseca" y

"Envolvente antideflagrante" pueden montarse dentro de zonas con riesgo de explosión (zona 1) o en la zona 0 (Kaschel, et a, (s/f).

Para aplicaciones especiales como por ejemplo la medida de fluidos de alta viscosidad, los transmisores de presión están disponibles con diferentes tipos de sellos separadores. El transmisor de presión puede programarse de forma local, usando las 3 teclas integradas, o por comunicación HART o a través del interfaz PROFIBUS PA o Fieldbus Foundation (sólo DS III) desde el exterior.

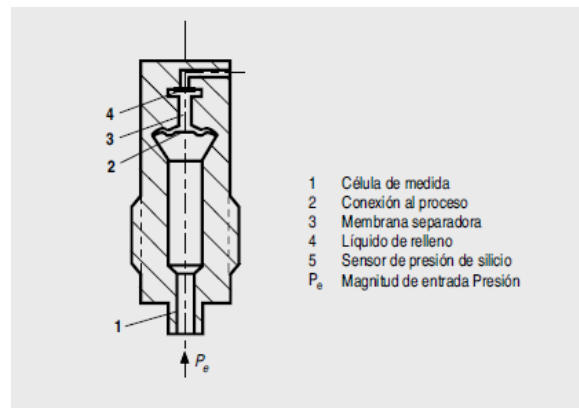


Imagen tomada de (SIEMENS, 2007)

El sensor de presión de silicio está conformado por galgas de esfuerzos con semiconductores con lo que se logra obtener una delgada lámina del semiconductor con una comido anisotrópico; el espesor del comido determina el rango máximo de la presión a aplicar al sensor, en este espacio se difunde o implanta una resistencia o varias resistencias interconectadas en Puente de Wheatstone. Cuando se ejerce presión sobre el semiconductor varia su sección cristalográfica, haciendo que la(s) resistencia(s) varié(n) su resistividad y con ellos obtener una señal eléctrica proporcional a la presión aplicada (SIEMENS, 2007).

Conclusiones.

El estudio de los diferentes instrumentos que se utiliza en el sistema automático de la BCS ha permitido ante todo familiarizarnos con los mismos, así como conocer la tecnología empleada para este sistema. Se expuso de modo particular las características específicas de estos instrumentos y el principio de funcionamiento de cada sensor o transductor empleado.

También se logró abordar aspectos importantes y consideraciones técnicas que deben cumplir un sensor o transductor para ser utilizado en el proceso industrial desde el punto de vista de voltaje de alimentación, interfaz, construcción mecánica, condiciones ambientales, etc.

Por último, a través de lo expuesto se pudo hacer un análisis de las señales eléctricas tanto analógicas como digitales (interfaz de comunicación) que brindan estos instrumentos para el control, visualización o automatización del sistema.

Bibliografía

- Acosta Varela, José. 1989.** *Medición de temperatura.* Santiago de Cuba : Oriente, 1989.
- Altendorf, Mathias; Berrie, Peter; et. al. 2006.** Flow handbook. 3era edición. Reinach.
- Avallone, Fernando y Fillat Repsol, Fabian. 2007.** Comunicaciones Industriales. Implementación de un Sistema de Telesupervisión basado en Buses de Campo. *Conferencia Anual ISA España.* 2007.
- Bustillos Ponte, Omar. (s/f.).** *Instrumentación industrial.* Puerto la Cruz, Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui. : s.n.
- Chin, Foster y Jones, Larry . 1983.** *Electronic instruments and measurements.* 1983.
- Creus Solé, Antonio. 1997. (s/f.).** *Instrumentación industrial.* Barcelona : Marcombo, S. A., 1997.
- Endres+Hauser. 2009.** *E+H=°C Law of temperature.* Dreitakt.tv, 2009.
- Harry E., Thomas y Carole A., Clarke. (s/f.).** *Handbook of electronic instruments and measurement techniques.*
- Kaschel, Héctor C. y Pinto, Ernesto L.** *Análisis del estado del arte de los buses de campo aplicados al control de procesos industriales.* Santiago de Chile : Fac. de Ingeniería, Depto. de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Santiago de Chile.
- López Fernández, Joaquín. (s/f.).** PROFIBUS. [En línea] s/f. <http://www.aisa.uvigo.es/joaquin>. Consultado marzo 2009.
- MICRO MOTION. 2006.** Micro Motion Series 1000 and Series 2000 Transmitters. *Configuration and Use Manual.* 2006.
- MILLTRONICS, SIEMENS. 2002.** SITRANS LR 400. [En línea] 2002. www.siemens-milltronics.com. Consultado mayo 2010.
- Molina Hernández, Carlos R. 2010.** Revitalización de la Automática de la Base de Crudo y Suministro. ECC Matanzas. Matanzas : s.n., 2010. Tesis en opción al Título de Máster en Informática Aplicada.
- Ogata, Katsuhiko. 1991.** *Ingeniería de control moderna.* s.l. : Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 1991.
- Piñón Pazos, Andrés, Ferreiro García, Ramón y Pérez Castelo, Francisco. (s/f.).** *Tecnologías actuales de comunicación de las variables de campo en la industria de proceso.* s.l. : Universidad de A Coruña. http://www.ceafiac.es/actividades/jornadas/XXII/documentos/A_03_IC.pdf. Consultado junio 2010.

SIEMENS. 2007. *Instrumentación de campo para la automatización de procesos.* s.l. : SIEMENS, 2007. Catálogo FI 01.

—. **2005.** Instrumentos de medición. Catálogo de Siemens IK PI. 2005.

Smith, Carlos A. y Corripío, Armando B. 1991. *Control automático de procesos. Teoría y práctica.* México, D.F. : Limusa, 1991.

Win van de Kamp y Endres+Hauser. 2006. *The Theory and practice of level measurement.* Edición 20. Holanda.