

# **NORMA TÉCNICA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

**NOP-PM-DA-031**

**MEDIDORES ELECTROMAGNETICOS DE FLUJO**



<b>Código</b>	<b>NOP-PM-DA-031</b>
<b>Estado</b>	<b>VIGENTE</b>
<b>Versión</b>	<b>1.0 – 30/11/2012</b>
<b>Fuente</b>	<b>GUENAA – EMCALI EICE ESP - OPERACIÓN</b>
<b>Tipo de Documento</b>	<b>NORMA TECNICA DE INSUMOS, MATERIALES Y PRODUCTOS</b>
<b>Tema</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE</b>
<b>Comité</b>	<b>TÉCNICO DE APROBACIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO</b>

<b>Título</b>	<b>MEDIDORES ELECTROMAGNETICOS DE FLUJO</b>
---------------	---

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
1. PROLOGO	4
2. OBJETO	5
3. ALCANCE	5
4. DEFINICIONES	5
5. REFERENCIAS NORMATIVAS	7
6. REQUISITOS	8
6.1 CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DEL EQUIPO	8
6.2 REQUISITOS PARA EL TUBO DE MEDIDA	9
6.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE MANEJO	10
6.3.1 De la unidad electrónica (convertidor de señal)	10
6.3.2 Memoria	10
6.3.3 Presentación de los datos	11
6.3.4 Alimentación	11
6.4 OTROS REQUISITOS	11
6.5 MUESTREO	12
6.6 EMPAQUE	12
6.7 ROTULADO	12
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
8. ANEXOS	14

## **1. PROLOGO**

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento mediante la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

## **2. OBJETO**

Esta norma cubre las características físicas, electrónicas y de operación que deben cumplir los medidores electromagnéticos que utiliza EMCALI EICE ESP, para medición de flujo de caudales en acueducto y alcantarillado.

## **3. ALCANCE**

Define para este tipo de medidores las características mínimas del equipo (compatibilidad eléctrica y comunicaciones, rangos, escala, precisión, inspección, relés, señales de salida, fluido de trabajo y condiciones mínimas de trabajo para el buen funcionamiento etc.), características para el tubo de medida, características físicas y de manejo, indica las normas para muestreo, los métodos de prueba, empaques y rotulado.

Esta norma aplica para medidores en el rango de diámetro entre 2 pulg. y 42 pulg.

## **4. DEFINICIONES**

### **4.1. CAMPO DE MEDIDA**

Límites superior e inferior de la medida dentro de los cuales va a operar el equipo (con una rangeabilidad de 300:1 para medidores autoalimentados con batería y de 1000:1 para unidades alimentadas con AC y DC)

### **4.2. CODIGO IP (INTERNATIONAL PROTECTION)**

Sistema de codificación para indicar los grados de protección provistos por un encerramiento, que consta de las letras IP seguidas por dos números o letras, conocidos como cifras características. La primera cifra característica puede ser un número entre 0 y 5 ó la letra X; la segunda cifra característica puede ser un número entre 0 y 8 ó la letra X.

#### **4.2.1 Primera Cifra Característica**

El primer número característico indica que el encerramiento provee protección a personas (alguna parte del cuerpo o un objeto sostenido) contra acceso a partes peligrosas, y del equipo contra el ingreso de cuerpos sólidos extraños.

Cuando un encerramiento cumple un grado dado de protección, debe cumplir con los grados de protección inferiores.

#### **4.2.2 Segunda Cifra Característica**

El segundo número característico indica el grado de protección provisto por el encerramiento en referencia con los efectos perjudiciales causados por la entrada de agua al equipo.

Cuando un encerramiento cumple un grado dado de protección, debe cumplir con los grados de protección inferiores.

### **4.3. ERROR ABSOLUTO**

Diferencia entre el valor medido y el valor real de la magnitud medida

#### **4.4. ESTABILIDAD**

Es la capacidad que tiene el instrumento para mantener sus características metrológicas constantes durante su vida útil.

#### **4.5. EXACTITUD DE LA MEDICIÓN**

Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la magnitud medida. Se mide en términos de error.

#### **4.6. HISTÉRESIS**

Máxima diferencia que se presenta cuando el instrumento recorre la escala de medición en sentidos opuestos.

#### **4.7. LINEALIDAD**

Aproximación de una curva de calibración a una línea recta teórica especificada medida con la técnica de mínimos cuadrados.

#### **4.8. MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO DE CAUDAL**

Instrumento que funciona bajo la Ley de Faraday por medio del cual se mide el voltaje que se induce al pasar un conductor a través de un campo magnético. En la medición electromagnética, el flujo de agua corresponde al conductor en movimiento. El voltaje inducido es proporcional a la velocidad de flujo del agua, el cual es detectado por dos electrodos y transmitido a un amplificador. El volumen de flujo está basado en el diámetro del tubo (distancia entre electrodos) que es constante, en la densidad del campo magnético, la cual es fija para cada diámetro de medidor y es generada por la corriente directa conmutada por una polaridad alternante quedando como variable determinante del volumen la velocidad de paso del agua a través del medidor.

La sección del tubo se construye de un material conductor tal como el acero inoxidable y se reviste con un material aislante para aislar el tubo de los electrodos y evitar así que el voltaje generado se disipe en la superficie del tubo.

#### **4.9. PRECISIÓN**

Límite del error cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de operación. El valor de la precisión debe incluir los efectos combinados de linealidad, histéresis, banda muerta y repetibilidad. Se puede expresar como porcentaje de lectura efectuada.

#### **4.10. RANGEABILIDAD**

Relación entre el límite superior e inferior de la capacidad de medida de un instrumento. Se expresa con referencia al número de veces que cabe el valor del límite inferior entre el valor del límite superior.

#### **4.11. RANGO ESPECÍFICO DE TRABAJO**

Es la diferencia entre los valores superior e inferior en que opera el instrumento en una aplicación específica.

#### **4.12. RANGO NOMINAL**

Es el conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites inferior y superior del instrumento; se expresa en los dos valores extremos.

#### **4.13. REPETIBILIDAD**

Capacidad que tiene un instrumento para obtener una medida en condiciones similares con la misma precisión. Se expresa como la desviación entre diferentes mediciones de una misma variable con respecto al valor promedio de estas, efectuadas en igualdad de condiciones.

#### **4.14. RESOLUCIÓN**

Expresión cuantitativa de la habilidad de un instrumento para distinguir entre valores cercanos adyacentes de la cantidad o magnitud indicada.

#### **4.15. TEMPERATURA DE SERVICIO**

Rango de temperatura en el cual se espera que trabaje el instrumento dentro de los límites de error especificados.

#### **4.16. VIDA ÚTIL DE SERVICIO**

Es el tiempo mínimo especificado durante el cual un instrumento funciona de manera continua o intermitente sin que se presenten alteraciones en la medición que vayan más allá de las tolerancias especificadas.

### **5. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

#### **INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.**

- Dimensiones de cajas para transporte de equipos y materiales. Ginebra: ISO (ISO 3394)
- Símbolos gráficos para empleo sobre equipo. Ginebra: ISO (ISO 7000)

#### **NATIONAL SANITATION FOUNDATION**

- Drinking water system components-health effects. Ann Harbor (Michigan): NSF (NSF/ANSI 61)

#### **THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.**

- Cast iron pipe flanges and flanged fittings, class 25, 125, 250, and 800. New York: ASME (ANSI/ASME B16.1)
- Pipe flanges and flanged fittings. New York: ASME (ANSI/ASME B16.5)

**INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.**

- Grados de protección dados por encerramientos de equipo eléctrico (Código IP). Bogotá: ICONTEC (NTC 3279)
- Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración. Bogotá: ICONTEC (NTC-ISO-IEC 17025)
- Sistema de gestión de la medición. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. Bogotá: ICONTEC (NTC-ISO 10012)
- Vocabulario de términos básicos y generales en metrología. Bogotá: ICONTEC (NTC 2194)

**EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI – EMCALI EICE ESP**

- Instalación de macromedidores. EMCALI EICE ESP (NCO-SE-DA-002).

**6. REQUISITOS**

Los medidores de flujo electromagnéticos deben cumplir como mínimo con las siguientes características técnicas:

**6.1 CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS DEL EQUIPO**

- Compatibilidad electromagnética: El equipo debe cumplir con las recomendaciones de NAMUR (compatibilidad electromagnética para procesos y equipos de laboratorio)
- Rango específico de trabajo: entre 0 y rango máximo de 2.5 m/s, y con una rangeabilidad ajustable.
- Precisión: +/-0.25% de la lectura efectuada. El valor de la precisión incluye los efectos combinados de linealidad, histéresis, banda muerta y repetibilidad.
- Rangeabilidad De 1000:1, conservando las siguientes precisiones sobre la lectura +/-0.25% (0.5 - 2.5 m/s) y +/-1% (0.1 -0.5 m/s)
- Intervalo de tiempo de registro del logger programable entre 5 y 3600 segundos.
- Filtro de Tiempo ajustable desde 1 segundo hasta 60 segundos.
- Autochequeo de la señal: El equipo debe permitir hacer un diagnóstico de las condiciones de operación del instrumento y generar señales de aviso.
- Relés parametrizables: mínimo dos (2) relés programables para alarmas: caudal alto o bajo, o para tubo parcialmente lleno. El equipo puede tener alarmas sin relevo.
- Estabilidad: 100% durante la vida útil de servicio del equipo (5 años) entendida como la conservación de sus características de precisión durante este periodo de tiempo.
- Señales de salida.
- Incluir las distancias mínimas de instalación
- Tensión de Operación 12 a 60 V DC



- Puerto de comunicación para conectar con el sistema de SCADA de EMCALI EICE ESP.
- Salida análoga de 4.20 mA, configurable como activa o pasiva, galvánicamente aislada y con una estabilidad de 0.005% por cada °C, resolución de 0. 5uA.
- Salida por pulsos o frecuencia configurable como activa o pasiva, galvánicamente aislada.
  - Activa: 24 V DC, 25 mA (max. 250 mA for 20 ms),  $R_L > 100\Omega$
  - Pasiva: colector abierto, 30 V DC, 250 mA
- Salida por frecuencia: Frecuencia full escala de 2 a 1000 Hz con un ciclo útil del 50% con un ancho de pulso de 10 s máximo.
- Fluido de trabajo: Agua tratada o cruda en proceso de potabilización con 0-20 UNT y hasta 500 mg/L de sólidos totales.
- Temperatura y presión de operación de fluido: El equipo debe ser diseñado para funcionar hasta una temperatura de trabajo máxima de 60°C a p resiones hasta de 20 bares.
- Coeficiente de temperatura: 0.005% por cada grado Celsius de variación.
- Totalizadores: Debe tener al menos 2 totalizadores independientes de volumen.
- Elemento o Sistema Transmisor: Debe tener la opción de estar instalado en el elemento primario o fuera de el sin perder su protección IP 68 cuya decisión será tomada por EMCALI EICE ESP.

## 6.2 REQUISITOS PARA EL TUBO DE MEDIDA

El elemento primario o tubo del medidor electromagnético que debe ser una pieza enteriza con recubrimiento interior, debe incluir las bridas para la conexión a la tubería de proceso.

El material del recubrimiento interno debe ser caucho natural, o sintético resistente a la abrasión y que esté aprobado por organismos internacionales para el uso en aplicaciones de agua potable para consumo humano tales como National Sanitation Foundation.(NSF) El revestimiento interno debe garantizar su rigidez mecánica ante eventos como sobre presiones, presión negativa (de vacío) y variaciones de temperatura para lo cual debe ser fundido o vulcanizado directamente sobre el interior del tubo de medida y extenderse hasta las caras de las bridas.

El tubo de medida debe estar completamente soldado, conformando una única pieza, serán inaceptables cuerpos partidos con junta ajustada por tornillo y otro mecanismo similar. El material de construcción será acero inoxidable o fundición de aluminio. El material de los electrodos debe ser acero inoxidable 316 L o superior.

El grado de protección del elemento primario debe ser IP68. La caja de conexión debe ser sellada, el cable de conexión debe tener doble apantallamiento y drenaje para evitar influencia de voltajes parásitos.

El tubo de medida debe tener extremos con brida taladradas según norma "ANSI/ASME B16.1 Cast iron pipe flanges and flanged fittings, class 25, 125, 250, and 800" o "ANSI/ASME B16.5 Pipe flanges and flanged fittings" para la presión especificada por la empresa.

EMCALI EICE ESP debe asegurarse que el medidor electromagnético tenga un equipo o sistema de diagnostico para realizar verificaciones de los componentes (sensor y transmisor).

### 6.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE MANEJO

Los equipos de medición deben cumplir como mínimo con las siguientes características:

#### 6.3.1 De la unidad electrónica (convertidor de señal)

El medidor debe tener claves de entrada con códigos de acceso para el personal autorizado para efectuar calibraciones, reconfiguraciones, verificaciones y programación del equipo, así como para descarga de datos.

La unidad electrónica será de manejo remoto y/o local con grado de protección IP68, su encerramiento será en aluminio extruido con recubrimiento de pintura epóxica o en otro tipo de material que asegure la protección IP solicitada. También se aceptan cajas con tapa transparente que tenga el grado de protección solicitado.

Debe tener un par de terminales que puedan ser programados con entrada de control o como salida de estado. En el primer caso a través de la entrada se podrá cambiar el rango del caudalímetro, borrar sus totalizadores, reconocer errores (incluye interrupción de energía), ajustar las salidas con mínimos valores o retenerlas en sus estados actuales. En el caso de operar como salida de estado debe poder ser configurada para indicar dirección de flujo, errores o alarmas.

La unidad debe permitir la comunicación en protocolo HART), ver anexo 1 (Protocolo híbrido que mezcla la señal análoga de corriente con la transmisión de datos digitales por la mismos dos cables sin que se distorsionen ningunas de las dos señales, superpuesta a la señal análoga. Adicionalmente debe contar con un puerto de conexión de equipos de verificación y prueba de los parámetros principales del equipo, tales como: resistencia de los electrodos, resistencia de las bobinas de campo, resistencia de aislamiento de las bobinas, corriente y frecuencia de campo, procesamiento de la señal de campo (amplificador de la señal de entrada y convertir A/D a valores de 25, 50, 75 y 100% de plena escala, salida análoga en modo activo y/o pasivo a los puntos de calibración de fábrica, salida de pulso al 50% de la escala voltaje de relajación que permita verificar las condiciones actuales para compararlas contra las condiciones de fábrica, para efectos de trazabilidad.

El firmware del equipo debe permitir el diagnóstico y prueba del display, el procesador, la memoria EEPROM (memoria para guardar datos de configuración), la salida análoga, la salida en frecuencia, a través del teclado o medio magnético del instrumento. Para estas dos últimas debe ser posible generar porcentajes mínimos del 0, 25, 50, 75 y 100% de los valores de verificación. El equipo debe permitir la verificación de condiciones actuales comparativas con las condiciones de fábrica.

El equipo debe tener Autolimpieza eléctrica de los electrodos.

El equipo debe tener la posibilidad de bloquear el acceso de personal no autorizado a los parámetros de programación así como al borrado de los totalizadores.

#### 6.3.2 Memoria

La entrada al logger debe ser digital. La unidad electrónica debe contar con una memoria logger de por lo menos 30.000 registros de tal manera que los totalizadores de volumen, datos de caudal puedan ser almacenados, conservados y protegidos para seguridad. Esta memoria debe ser integrada a la unidad central de tal manera que no haya partes en movimiento o adosadas y evitar daños en la electrónica.

### 6.3.3 Presentación de los datos

Debe incorporar display de cristal líquido (LCD) con retro iluminación que permita su lectura aún en ambientes oscuros. El operador debe poder realizar la configuración del instrumento sin necesidad de ninguna herramienta o equipo adicional.

El display debe presentar de manera cíclica y automática los valores de caudal instantáneo, total positivo, total negativo y total neto así como debe alertar al usuario mediante la intermitencia del display de la presencia de algún error en la medida, alguna falla en el hardware o en el firmware.

Se debe poder configurar el equipo externamente sin abrirlo y sin equipos adicionales. El equipo debe poder presentar mensajes de error explícito por tipo de error.

### 6.3.4 Alimentación

La alimentación eléctrica del equipo debe ser a 24 DC adicionalmente se debe suministrar un sistema de suplencia eléctrica que ocupe poco volumen y que entregue más autonomía en casos de suspensión del servicio público de energía eléctrica. El sistema de suplencia debe asegurar una autonomía del caudalímetro de mínimo 48 horas por medio de baterías secas libres de mantenimiento de voltaje DC.

## 6.4 OTROS REQUISITOS

Por cada equipo suministrado se debe incluir como mínimo la siguiente información, en idioma español o inglés:

- Manual de operación.
- Manual de mantenimiento.
- Certificado de calibración requerido por el equipo de acuerdo a los estándares o normas internacionales.
- Catálogos y manuales para operación e instalación del equipo y que incluyan información de todos los menús de entrada, datos de salida y manuales los cuales deben presentarse en idioma español e inglés.
- Lista de repuestos adecuados del equipo
- Los valores de cada uno de los parámetros indicados en la presente norma deben ser presentados en los manuales del equipo o confirmados directamente por el fabricante.
- Capacitación en operación e instalación.
- Se debe garantizar el servicio postventa en la ciudad de Cali.
- Se debe garantizar un taller homologado por el proveedor en la Ciudad de Cali.
- Garantía de suministro de insumos o repuestos no inferior a 10 años
- Esquemas electrónicos de detalle de las tarjetas del equipo.

### **6.5 MUESTREO**

El macromedidor se debe verificar totalmente para comprobar que cumple con lo especificado y que no presenta defectos apreciables en su terminado ni en su construcción.

El equipo debe ser entregado con los certificados de Calidad y calibración del fabricante homologado internacionalmente.

Se debe verificar el 100% de los equipos entregados. Junto con la entrega de los equipos se debe anexar el Certificado de calibración expedido por un laboratorio acreditado por la Superintendencia de industria y Comercio o acreditado por una autoridad competente del país de origen bajo estándares "NTC-ISO-IEC 17025 Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración".

### **6.6 EMPAQUE**

El equipo debe entregarse en una caja adecuada para que no sufra daños durante la manipulación y transporte, y si fuera necesario una caja adicional para la entrega de los accesorios.

### **6.7 ROTULADO**

Los medidores deben mostrar la siguiente información, contenida en una placa grabada de acero inoxidable:

- Nombre del fabricante o marca registrada
- Referencia del equipo
- Número de serie
- Características eléctricas
- Diámetro del sensor
- Constante del sensor
- Nivel de Protección

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

Tópicos de control, "PROTOCOLO HART" Universidad Santiago de Chile, Profesor Gonzalo Reyes M. 2005.

## 8. ANEXOS

## ANEXO 1. PROTOCOLO HART

### Introducción

En el medio altamente competitivo de hoy en día, todas las compañías buscan reducir los costos de operación, entregar sus productos rápidamente, y mejorar la calidad de estos. El Protocolo HART contribuye directamente con estas metas de producción, permitiendo ahorrar gastos en:

- Comisionamiento e Instalación.
- Operaciones de planta y mejoramiento de la calidad.
- Mantenimiento.

El Protocolo HART fue desarrollado por Rosemount a finales de los años `80. HART es la sigla de "Highway Addressable Remote Transducer". El protocolo fue abierto para que otras compañías pudieran usarlo en 1990, ese mismo año fue creado un Grupo de Usuarios.

En Marzo de 1993, el grupo votó para la creación de una organización independiente y sin fines de lucro, para un mejor soporte del Protocolo HART. En Julio de ese mismo año, la "HART Communication Foundation" (HCF) fue establecida para proveer soporte a escala mundial para la aplicación de esta tecnología.

Diseñado para complementar la tradicional señal análoga de 4-20 mA, el Protocolo HART soporta las comunicaciones digitales por dos cables para medición de procesos y dispositivos de control. Sus aplicaciones incluyen interrogación remota y acceso cíclico a variables de proceso, definición de parámetros y diagnósticos. Además es soportado por los proveedores más grandes de instrumentación y dispone de cobertura para productos de todo el rango de medición de procesos y aplicaciones de control.

### Concepto del Protocolo HART

El método tradicional de transmisión de datos con 4-20 mA, solo se limita a transmitir la magnitud de la medición. Con la evolución en los procesos y la aparición de la instrumentación de campo inteligente, se hizo necesario encontrar nuevas formas de transmisión, en este marco se desarrolla el Protocolo HART, un protocolo híbrido, que mezcla la señal análoga de corriente con la transmisión de datos digitales por los mismos dos cables sin que se distorsionen ninguna de las dos señales. Este tipo de comunicación trae dos grandes ventajas, primero el cableado existente y las estrategias de control actualmente utilizadas, no deberán ser totalmente reemplazados al momento de implementar HART, y segundo toda la información adicional que se puede transmitir (tags, datos de rango y span, información del producto y diagnósticos etc.), la cual puede permitir ahorrar mucho tiempo y dinero a la hora de la mantención, y además mejora el manejo y la utilización de las redes de instrumentos inteligentes.

HART es un protocolo que puede funcionar como Maestro-Eslavo (un dispositivo de campo solo responde cuando se le a pedido algo previamente). Así como también puede funcionar en modo Ráfaga. Puede haber hasta dos maestros y hasta 15 dispositivos esclavos se pueden conectar en configuración multipunto.

Cabe destacar que HART posee una arquitectura abierta, disponible para cualquier proveedor y para cualquier usuario.

### Método de Operación

HART opera usando el principio de modulación por desplazamiento en frecuencia (FSK), el cual esta basado en el estándar de comunicación Bell 202. La señal digital se construye a través de un ciclo 1200

Hz, para representar el bit 1 y aproximadamente dos ciclos de 2200 Hz que representan el bit 0. La tasa de transmisión de datos es de 1200 baudios. Lo que significa que los dígitos binarios se transmiten a 1200 bits por segundo. Las señales sinusoidales son sobrepuestas a las señales de corriente, a un bajo nivel, logrando así que las dos señales se transmitan por los mismos dos cables, gracias a que el valor promedio de la señal FSK es siempre cero, la señal de 4-20 mA nunca se verá distorsionada. Esto produce una comunicación simultánea con un tiempo de respuesta aproximado de 500 ms para cada dispositivo de campo, sin que ninguna de las señales análogas sean interrumpidas.

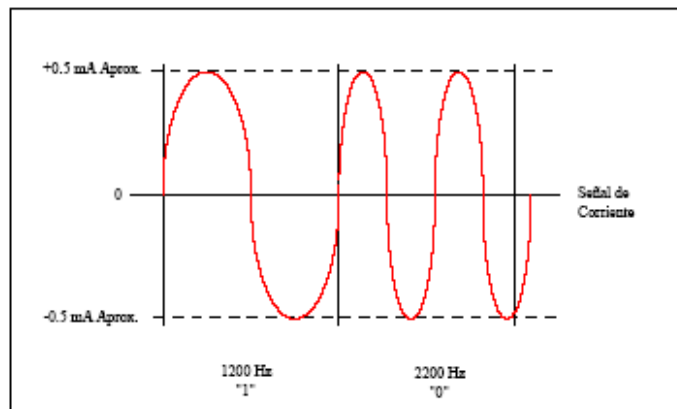


Figura 1 – Señal HART.

### Esquema Maestro – Esclavo

Como se dijo anteriormente HART funciona a través del sistema Maestro -Esclavo. Como su nombre lo dice este sistema consta de dos tipos de dispositivos, uno al que llamamos Maestro, el cual está encargado de iniciar las comunicaciones y es el que pide la información. Los dispositivos Esclavos, en tanto, solo envían información cuando se les solicita. El proceso por el cual el Maestro envía un mensaje y recibe una respuesta (en caso de haberla) se denomina Transacción. Existiendo dos tipos de Transacción.

### Comunicación Punto a Punto

Como se puede apreciar en la figura 2, que es el lazo más simple, en el cual tenemos un maestro primario (PC), y uno secundario (HART communicator), así como un esclavo (Transmisor de presión).

En las operaciones punto a punto el dispositivo de campo tiene la dirección 0 y su salida de corriente es de 4-20 mA.

En el caso de los instrumentos pasivos, es decir que obtienen alimentación del lazo se dispone una fuente que alimentará al lazo. Esta se conectará en serie al instrumento y a una resistencia de carga, los estándares HART permiten resistencias de 230 a 1100  $\Omega$ .



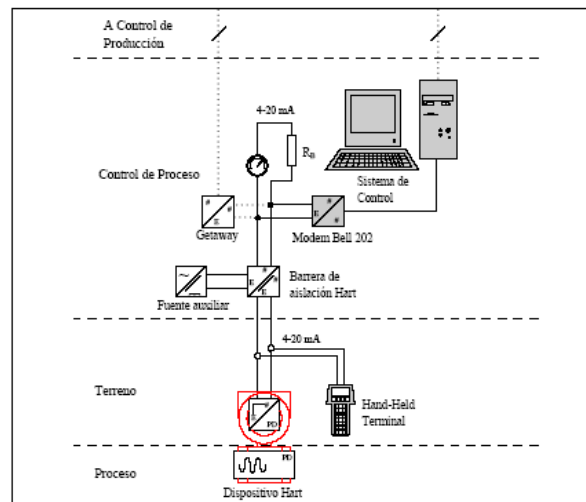


Figura 2 – Conexión punto a punto.

La señal HART debe introducirse y leerse desde el lazo de corriente, la fuente se encuentra casi en corto circuito para las frecuencias HART, por esto los dispositivos maestros deben ir en paralelo al instrumento o a la resistencia de carga. Además un equipo HART no debe contribuir con ninguna carga DC al lazo. Para esto se conectan a través de un condensador de 5  $\mu\text{F}$  o más. Para instrumentos activos, es decir que alimentan al lazo, no se necesita una fuente de poder y esta es eliminada de la conexión.

### Comunicación Multipunto

En este modo se pueden conectar hasta 15 instrumentos en paralelo, usando un par de cables, y una fuente en caso que se requiriera, como se ve en la figura 3. A diferencia del modo punto a punto las direcciones de los dispositivos van del 1 al 15 y las salidas de corriente de cada uno se fijan en 4 mA. Para este modo de operación los controladores e indicadores deben contar con un HART modem. Las consecuencias más destacables de este modo de transmisión son dos, retardo en la comunicación Maestro - Esclavo, y pérdida de la señal analógica, ya que, como se dijo anteriormente, la corriente de salida de cada instrumento se fija en 4 mA.

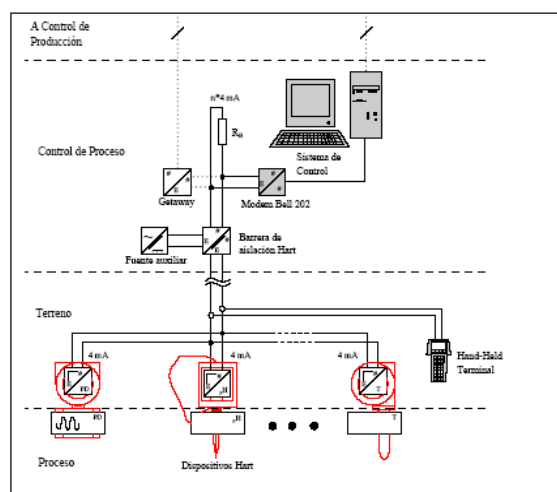


Figura 3 – Conexión Multipunto.