



INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE GASODUCTOS

JAVIER PELLÓN DÍAZ
ENAGAS

RESUMEN

A partir de una breve descripción de la infraestructura de un gasoducto de transporte, se analizan los medios de comunicación disponibles por la técnica actual, que sirven de soporte para los diferentes servicios a incorporar.

Los servicios básicos contemplados son el telecontrol, la comunicación telefónica y el fax. No obstante, pueden incorporarse otros como es la anti-intrusión, presencia de personal, datos de la informática de gestión.

También se hace un repaso a la instrumentación básica utilizada en los gasoductos de transporte, como interfaces entre el proceso y la estación remota de telecontrol.

Todo lo anterior, permite tener una explotación económica y segura de una infraestructura lineal y diseminada a lo largo de kilómetros, como lo es la Red Básica de Gasoductos de Transporte.

1. INTRODUCCIÓN

La explotación de una Red de Gasoductos de Transporte se realiza mediante unas Posiciones, unos Centros de Mantenimiento, situados estratégicamente a lo largo de la línea, y un Centro Principal de Control.

Entendemos por **Posición**, cualquier punto de la Red, en el que existen equipos y elementos de control del gasoducto, en los que está previsto trabajar con cierta periodicidad, aunque habitualmente funcione sin personal. Existen varios tipos de Posiciones:

- Válvula de seccionamiento.
- Posiciones de seccionamiento y derivación.
- Estaciones de Regulación y/o Medida.
- Estaciones de Compresión.
- Plantas de Tratamiento de gas natural



- Plantas de Regasificación del gas natural licuado.
- Almacenamientos Subterráneos.

Desde los **Centros de Mantenimiento** se hace el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo del Gasoducto, y se interviene en la operación cuando es necesario. Normalmente, están situados en las proximidades de centros urbanos y suelen coincidir con una Posición de cierta importancia.

En el **Centro Principal de Control** se reciben todos los valores de los parámetros que intervienen en el transporte del gas natural y se presentan de forma ordenada y concentrada, pudiendo también dar las órdenes oportunas para su corrección, cuando los valores de dichos parámetros se desvían de los fijados como de correcto funcionamiento. Estas órdenes y las actuaciones subsiguientes pueden hacerse directamente mediante el telemando, o a través del personal de intervención de los Centros de Mantenimiento.

Por otra parte, el Centro Principal de Control efectuará los programas de emisión, interfase y transporte del gas que se ha de enviar por la línea, afín de atender la demanda y mantener el stock de seguridad.

Una Red de estas características precisa ser vigilada permanentemente para realizar una explotación en condiciones de seguridad. Dado su carácter lineal, las Posiciones y los Centros de Mantenimiento están diseminados a lo largo de la traza del Gasoducto, por lo que la única posibilidad de realizar esta vigilancia, de forma económica y segura, es disponer de un Sistema de Telecontrol.

El **telecontrol** no es más que el control hecho a la distancia de varias decenas de kilómetros, y para ello se utilizan las modernas técnicas de telecomunicación. Estas permiten realizar las tareas de control y elaboración posterior de los datos recogidos, con gran facilidad y seguridad y con un mínimo de personal.

El sistema de telecontrol precisa de una red de comunicaciones, con acceso en todas las Posiciones y Centros de Mantenimiento del Gasoducto, de forma que se pueda transmitir y recibir, de manera continua, todos los datos y las ordenes requeridos por la explotación. Estos medios de comunicación también deben dar soporte a una red telefónica automática para las comunicaciones de servicio, mantenimiento y operación, que será de uso exclusivo del personal de la empresa gasista.

1.1. Tipo de tráfico previsto

En la explotación de una Red de gasoductos, el Centro Principal de Control recibe y transmite informaciones, tales como caudales, presiones, alarmas, órdenes, puntos de consigna, estado de válvulas, mensajes, etc. desde las Posiciones, de los Centros de Mantenimiento y de entidades exteriores a la propia empresa gasista. En consecuencia, el sistema de control debe recibir y emitir señales digitales y analógicas, tanto de datos como de fonía.



En cada uno de estos centros, el tráfico que se va a producir es:

- Las Posiciones generarán un tráfico constante de datos hacia el Centro Principal de Control y uno esporádico de fonía hacia su Centro de Mantenimiento y aun menor, hacia el Centro Principal de Control.
- Los Centros de Mantenimiento darán lugar a un tráfico bastante intenso de fonía con el Centro Principal de Control y esporádico con las Posiciones. También generarán muy escasos datos (básicamente alarmas).
- El Centro Principal de Control es el destinatario de todos los datos producidos en las Posiciones, de casi todas las conversaciones de los Centros de Mantenimiento y de las entidades exteriores a la propia empresa gasista. Con estas últimas, además, mantendrá un tráfico de fonía, télex y telefax.



2. FACILIDADES DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES

La infraestructura de telecomunicaciones debe estar diseñada para facilitar, al menos, los siguientes servicios:

- Transmisión de datos para el sistema de telecontrol desde las Posiciones de la Red de Gasoductos hasta el Centro Principal de Control.
- Transmisión de datos para el teleproceso e informática de gestión para los Centros de Mantenimiento (nominas, almacenes, facturación, mantenimiento, etc.).
- Comunicaciones telefónicas automáticas entre el Centro Principal de Control, los Centros de Mantenimiento y las Posiciones del Gasoducto.
- Transmisión digital o analógica, según los casos, para los sistemas de vigilancia contra intrusos.

Estas comunicaciones son soportadas por una infraestructura de telecomunicaciones constituida por un cable de fibra óptica y equipos múltiplex digitales.

Por tratarse de una instalación dedicada al transporte de energía a gran escala, en la que la seguridad tiene una importancia primordial, el diseño de esta infraestructura debe prever el mantener el servicio en el caso de fallo de un equipo.



3. DATOS BÁSICOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES

Los datos básicos necesarios para el diseño de un sistema de comunicaciones, al servicio de una Red de Gasoductos de Transporte, son:

a) De la infraestructura del gasoducto.

- Posiciones de la Red. Situación y tipo de instalación de cada una de ellas.
- Centros de Mantenimiento. Situación y tipo de servicios requeridos.
- Plano de trazado de los gasoductos.
- Esquema General Lineal para identificar las distancias relativas entre instalaciones.

b) Del sistema de telecontrol.

- Tiempo máximo de refresco de la información en la Base de Datos del sistema de telecontrol en el Centro Principal de Control.
- Tiempo medio de refresco de la información en la hora punta de tráfico.
- Equipamiento modular, fácilmente ampliable, para rentabilizar la inversión en el futuro.

c) Del sistema telefónico automático.

- Comunicaciones telefónicas automáticas entre el Centro Principal de Control, los Centros de Mantenimiento y las Posiciones de la Red de Gasoductos de Transporte.
- Numeración homogénea.

por lo anterior las señales a transmitir básicamente son:

- Fonía
 - Señales de banda vocal (300 - 3.400 Hz.) y señalización de abonado decádica o multifrecuencia (a 2 H).
 - Señales de banda vocal (300 - 3.400 Hz.) y señalización asociada a los hilos E y M (a 4 H + E y M).
- Datos
 - Transmisión de datos síncrona y asíncrona a velocidades comprendidas entre 1.200 bps. y 19.200 bps. con interfaz tipo V-24/V-28.
 - Dado que en el futuro puede ser necesario transmitir señales de datos de mayor velocidad, como señales de vídeo de supervisión y seguridad, la Red de Comunicaciones del Gasoducto deberá hacer frente a estas necesidades mediante ampliación de su equipamiento, sin tener que realizar modificaciones sustanciales del Sistema con interfaz tipo V-110, V-35 ó G-703.



4. INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES

Está constituida por:

- Un cable de comunicaciones de fibra óptica, que acompaña a la tubería principal del Gasoducto.
- Equipos múltiplex digitales de primer/segundo orden de la Jerarquía Europea.

y dan soporte a los servicios de transmisión de datos y telefonía que requiera la explotación.

4.1.Fibra óptica.

La fibra óptica es un guíaondas dieléctrico para energía electromagnética a frecuencias ópticas, de dimensiones transversales extremadamente pequeñas. Está constituida por tres elementos:

- Núcleo: es la vía de propagación de la luz, con un índice de refracción n_1 .
- Cubierta: tiene un índice de refracción de la luz n_2 , ligeramente inferior al del núcleo. Este índice de refracción puede aparecer bruscamente (fibra óptica de salto de índice) o por una variación continua, disminuyendo a medida que nos alejamos del eje (fibra óptica de índice gradual).
- Envoltura: protege mecánica y químicamente la fibra.

Los parámetros que caracterizan a una fibra óptica son los siguientes:

- Apertura numérica (NA): es el seno de ángulo crítico. Para que el rayo de luz se propague por la fibra, el ángulo formado por él y el eje de la fibra debe ser menor que el ángulo crítico.
- Dispersión: sus efectos negativos sobre el ancho de banda se deben a dos factores:
 - Por recorrer los rayos de luz caminos diferentes, dentro de la fibra, no llegan a la salida simultáneamente.
 - Por variación del índice de refracción de la fibra con la longitud de onda del rayo de luz.
- Ancho de banda de la fibra (expresado en MHz*km): viene limitado por la dispersión. Para cortas distancias, basta dividir el ancho de banda MHz*km) entre la distancia (en km) para obtener la banda pasante del sistema. Para longitudes de varios kilómetros, entran en consideración otros factores muy complejos, por lo que se utilizan fórmulas empíricas.
- Atenuación (expresado en dB/km.): depende no sólo de la pureza de los materiales, sino también de las microcurvaturas de la fibra.
- Dispersión por modo de polarización (PMD)(expresado en ps/Vkm): es la dispersión generada por la distinta velocidad de propagación de la luz en los dos ejes ortogonales. Sólo tiene efectos a altas velocidades (por encima de 2,5 Gbps).



Las ventajas de este tipo de soporte de comunicaciones son:

- Gran anchura de banda.
- Baja atenuación.
- Inmunidad ante interferencias electromagnéticas.
- Dificultad de detección exterior.
- Diafonía despreciable.
- Aislamiento eléctrico total entre transmisor y receptor.
- Baja influencia de los factores ambientales.

4.2. Cable de comunicaciones

El cable es totalmente dieléctrico, constituido por un número (habitualmente múltiplo de ocho o doce) de fibras ópticas monomodo, según la G-652 de UIT, y cubierta tipo PKP, preparado para su instalación en conducto de polietileno.

Las fibras ópticas tendrán protección holgada e irán dispuestas concéntricamente, en forma de espiral sobre un soporte central de polistal (fibra de vidrio y resina epoxi). Los espacios vacíos, dentro de los tubos de protección secundaria, se rellenarán de gelatina hidrófuga. Los espacios entre los tubos de protección se rellenan con cintas hinchantes con el fin de bloquear la humedad que pudiera penetrar

El conjunto va protegido por una doble cubierta de polietileno, incorporando entre ambas un refuerzo mecánico de hilatura de aramida impregnadas con una sustancia hidrófuga.

Un resumen de las características de transmisión del portador óptico, según la Recomendación G – 652 de la UIT-T, es:

– Atenuación a 1310 nm.....	0,38 dB/Km.
– Atenuaciones máximas 1285 a 1330 nm..	0,40 dB/Km.
– Dispersión cromática 1285 a 1330 nm.....	3,5 ps/nmKm.
– Atenuación a 1550 nm.....	0,30 dB/Km.
– Dispersión cromática 1550 nm.....	18,0 ps/nmKm.
– Longitud de onda de corte.....	1.100 nm a 1280 nm.

El cable termina en repartidores ópticos instalados en las Posiciones, en los que las fibras ópticas se fusionan con rabillos de fibra conectorizados, lo que las hace accesibles.



4.2.1. Tendido del cable

El tendido se hace en una conducción, paralela al tubo principal del gasoducto, compuesta por un tubo de 40 x 3 mm de polietileno, que ha sido tratado para disminuir el rozamiento. El paso del cable se consigue mediante un fluidificado por corriente de aire que inyecta un compresor a 8 bar y se obtienen longitudes de tendido de 2.000 m desde cada punto de tendido y sentido. La tendencia del tendido es ir a longitudes de cable mayores entre cada dos empalmes.

4.2.2 Empalme del cable.

Para la realización de los empalmes, se ha adoptado lo siguiente:

- Las fibras ópticas se empalmarán por fusión eléctrica controlada.
- La cubierta exterior del cable se repondrá con kit de empalme como cierre estanco y dieléctrico. No olvidemos que está situado en zona de influencia de la protección catódica de la tubería principal.

Para hacer accesible las fibras del cable, en cada Posición o Centro de Mantenimiento, se dispone un módulo repartidor óptico en los que las fibras ópticas se fusionan con rabillos de fibra conectorizados, que las hace accesible y desde los que se hacen las medidas de mantenimiento.

Cada empalme y cada conector representan una irregularidad en la fibra y por tanto una atenuación adicional. La atenuación admisible por cada empalme es de 0,1 dB, mientras que la de cada conector puede llegar a 0,5 dB.

4.3. Equipos de transmisión digital.

Para la transmisión a larga distancia, tanto de señales fónicas como de datos, se utilizan estos equipos múltiplex por división de tiempo, que preparan las señales eléctricas de los diferentes canales para ser enviados a larga distancia por dos fibras ópticas, una para transmitir en cada sentido.

Estos equipos presentan muchas variantes en cuanto a facilidades, dependiendo del grado de desarrollo de los diferentes fabricantes, lo que permite elegir opciones en cuanto necesidad de tráfico, direccionamiento de información, programación y control en local o distancia de los equipos, etc.

En un sistema de transmisión digital, se pueden considerar básicamente los cuatro tipos de equipos que se describen a continuación.



4.3.1 Terminal de línea.

Este equipo es la interfaz entre la línea de fibra óptica y el equipo digital, tanto múltiplex o de extracción/inserción. Realiza el tratamiento y la conversión de las señales eléctricas de 2/8 Mbps. a señales ópticas para su transmisión y el proceso inverso en la recepción. Las funciones básicas que debe realizar son:

- Conversión de código HDB3 en código binario y de código binario en HDB3.
- Aleatorización y desaleatorización.
- Canal telefónico multiacceso de servicio con interfaz tipo V-11 según la Recomendación de la UIT-T.
- Canales de datos para mantenimiento y supervisión.
- Codificación/decodificación 5B6B para línea óptica.

La transmisión se realiza mediante diodo láser trabajando a una longitud de onda de 1.310 ó 1.550 nm. Su velocidad es programable por software en 2/8 Mbps. Dispone de realimentación para adaptar el nivel de potencia a las condiciones del portador (longitud del vano y atenuación del mismo).

La recepción se realiza mediante diodo PIN-FET. Con el margen dinámico obtenido entre la potencia de emisión de los diodos Láser y la sensibilidad del diodo PIN-FET, así como la baja atenuación de las fibras ópticas monomodo, se consiguen superar vanos de más de 80 Km. sin elementos repetidores.

4.3.2. Múltiplex.

Este equipo realiza el multiplexaje digital de 30 canales de voz y/o datos, incluida su señalización. La señal múltiplex se obtiene mediante un muestreo periódico de 8.000 veces por segundo de cada canal, codificando cada muestra en palabras de 8 bit, lo que hace que el canal básico resulte de 64 kbps.

La digitalización de las señales la realiza según la Recomendación G-704 de la UIT, formando 32 intervalos de tiempo a 64 Kbps. El intervalo cero de la trama se reserva para la alineación y supervisión del sistema y el intervalo dieciseis se utiliza para la señalización de los otros 30 canales. Todo ello de acuerdo con la multiplexación de primer orden de la Jerarquía Europea.

Las funciones básicas son:

- Generar la frecuencia de reloj de 2.408 Kbps. para la trama de transmisión.
- Controlar la multiplexación en el tiempo, de las unidades de interfaz de canal.
- Formar la trama de línea.



- Generar las señales múltiplex codificadas en código HDB3, de acuerdo con la Recomendación G-703 del UIT-T.
- Convertir la señal de entrada múltiplex, según la Recomendación G-703 de UIT, desensamblar los códigos de línea y generar la frecuencia del reloj de recepción.
- Sincronizar las fases de la trama de la señal de entrada.
- Controlar la demultiplexación que se realiza en las unidades interfaz de canal.

Con frecuencia, se agrupan cuatro grupos primarios de 2 Mbps. y formar el segundo orden de multiplexación de la Jerarquía Europea, 4 x 2 Mbps.

4.3.3. Extracción/inserción digital

Estos equipos se disponen en las estaciones intermedias, situadas en las Posiciones del Gasoducto. Realizan las funciones de extracción e inserción de los canales telefónicos o datos las señales de telefonía y datos desde la señal múltiplex a 2 Mbps., sin necesidad de tener que demultiplexar y volver a multiplexar toda la trama, con lo que estos equipos evitan introducir degradación en las señales que transitan por el Sistema. Las funciones que realizan son:

- Disponer de, al menos, tres puertos bidireccionales a 2 Mbps., con interfaces según las Recomendaciones G-703 y G-704 de la UIT-T.
- Tener capacidad de extracción/inserción de cualquier canal telefónico, incluyendo su señalización. Se podrán extraer/insertar desde 1 hasta 30 canales de cada vía.
- Tener capacidad de extracción/inserción de cualquier canal de datos síncronos de $n \times 64$ Kbps. ($n = 1,2,3,4,\dots$) o su equivalencia asíncrono.
- Poder configurar canales multiacceso de fonía omni y unidireccionales.
- Poder configurar canales de datos multipunto en V.24/V.28.
- La configuración y las modificaciones del sistema de canales extraídos, insertados, multipuntos, multiaccesos, etc, se harán por software sin ninguna modificación hardware.

La programación se podrá hacer de forma local, a través de la interfaz de mantenimiento, mediante un terminal portátil y de forma remota desde el Centro de Control y Gestión de la Red.

4.3.4. Interfaces de usuario

Para la adaptación de las señales de usuario a los equipos de transmisión digital se dispone de una amplia gama de interfaces, tanto para señales analógicas como para señales digitales, que facilitan poder trabajar en cualquier entorno.



- a) Frecuencia vocal con señalización E y M
Este interfaz permite la transmisión de información en frecuencia vocal a través del sistema. Esta unidad realiza las siguientes funciones:
- Establecer un interfaz de canal de 2 ó 4 hilos.
 - Adaptar niveles e impedancias.
 - Realizar las conversiones A/D y D/A.
 - Convertir la señalización de c.c. del hilo M a código digital.
 - Realizar la señalización digital recibida a señalización de c.c. para el hilo E.
- b) Unidad de canal de abonado - lado abonado
Permite la conexión de un abonado alejado a una central analógica o digital mediante un sistema de transmisión digital, con las siguientes funciones:
- Alimentación del bucle de corriente a la línea de abonado.
 - Detección de puesta a tierra al descolgar.
 - Regeneración de la marcación.
 - Alimentación de la llamada.
- c) Generador de la corriente de llamada
Proporciona la tensión de llamada entre 75 y 90 V. para los interfaces de abonado, con una frecuencia seleccionable entre 25 ó 50 Hz.
- d) Unidad de canales asíncronos V.24/V.28
Permite la conexión de terminales asíncronos al sistema de transmisión, con velocidades desde 600 a 19.200 bps.
- e) Unidad de canales síncronos V.24/V.28.
Permite la conexión de datos con interfaces asíncronos o síncronos V.24/V.28 en una estructura de trama de 2 Mbps, con velocidades disponibles para cada canal de 600 bps. a 64 Kbps. en transmisión síncrona y hasta 19.200 bps. en transmisión asíncrona.
- f) Unidad de canales síncronos V.35.
Permite la conexión de canales síncronos con velocidades de 48, 56, 64 Kbps, siendo posible la conexión co o contradireccional. Cada canal de entrada ocupa un time-slot de la trama de 2 Mbps.
- g) Unidad de canal N x 64 Kbps.
Permite el acceso de flujo de 2 Mbps. parcialmente ocupado con N canales de 64 Kbps, $N \leq 31$, a cualquier estación equipada con el bifurcador digital, lo que facilita tantas ramificaciones como sean necesarias en el enlace principal.



5. NORMAS DEL PROYECTO

Las normas nacionales e internacionales que se han aplicado para la elaboración de este Proyecto, con carácter general, son:

- Normas UNE.
- Normas ASTM.
- Recomendaciones de la UIT.
- Normas ICE

y con carácter más específico las siguientes:

5.1. Cable de comunicaciones

- Fibras ópticas: Recomendación G-652 de la UIT-T.
- Cubiertas de polietileno: Norma ASTM-D-1.248.
- Pantalla de poliamida: Norma ASTM-B-209.
- Relleno antihumedad: Normas ASTM-1169 y ASTM-D-566-64.

5.2. Equipo de transmisión digital

Recomendaciones de la UIT:

- G-703 Aspectos generales de las interfaces.
- G-704 Estructura básica de la trama.
- G-711 Leyes de codificación.
- G-712 Características de la interfaz de telefonía a frecuencia vocal a 4H.
- G-713 Características de la interfaz de telefonía a frecuencia vocal a 2H.
- G-732 Equipos múltiplex PCM.
- G-735 Equipos múltiplex PCM con la facilidad de interfaz de datos síncronos.
- G-823 Fluctuación de fase y deslizamiento.
- G-742 Equipo múltiplex numérico de segundo orden que funciona a 8.448 Kbps.
- G-652 Interfaces ópticas.
- V-11 Características eléctricas de los circuitos de enlace simétricos de doble corriente para uso general con equipo de circuitos integrados de la transmisión de datos.
- V-24 Lista de definiciones para los circuitos de enlace entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos.



- V-28 Características eléctricas de los circuitos de enlace para la transmisión por doble corriente asimétrica.
- V-35 Transmisión de datos a 48 Kbps.

5.3. Material auxiliar y armarios

- Normas UNE.
- Normas IEC (Comisión Electrónica Internacional).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.



6. DISEÑO DEL SISTEMA

El diseño del sistema se realizará a partir de situar los equipos de transmisión digital en las Posiciones, los cuales se equiparán con las interfaces de usuario de acuerdo con los servicios previstos en cada uno de ellos (canales de fonía, datos para telecontrol, y/o teleproceso, etc.).

Del Esquema General Lineal se obtienen las distancias kilométricas entre las Posiciones y se deduce la atenuación esperada que va introducir la fibra óptica. Con este dato y las atenuaciones de los empalmes de la fibra y los conectores se determina el rango dinámico mínimo, entre emisor/receptor, necesario para establecer el enlace entre Posiciones adyacentes.

6.1. Consideraciones de fiabilidad

La seguridad, tanto física como de continuidad de servicio, tiene gran importancia en este tipo de instalaciones por lo que es necesario cuidar la fiabilidad de las comunicaciones en todas las fases del Proyecto.

En fase de diseño se tiene en cuenta el comportamiento de la instalación principal en caso de avería o de emergencia, considerando como puede afectar al sistema de comunicaciones. Un fallo en las comunicaciones, en una instalación eminentemente lineal, podría dejar al Centro Principal de Control sin información de una determinada zona, más o menos amplia, durante una emergencia.

Para obviar esta eventualidad en las comunicaciones es habitual:

- A nivel soporte físico establecer anillos, más o menos amplios, que aseguran dos caminos alternativos para la información. Esto garantiza que la caída de un equipo no causa trastorno importante.
En caso que lo anterior no fuera posible, se establecen dos medios de comunicación independientes.
- A nivel Red establecer nodos de conmutación de datos y enlaces entre los nodos y crear una malla, lo que genera rutas alternativas para la información. La caída de un enlace en estas condiciones no afectará al usuario de la información. Sin embargo, en el Centro de Gestión de la Red de Comunicaciones aparecerá una alarma avisando de la anomalía, que tomará las iniciativas para reponer el enlace.



7. TELECONTROL

Tiene por objeto supervisar los parámetros con los que se está transportando el gas natural en los gasoductos, haciendo las entregas de este a los clientes en las Estaciones de Regulación y Medida y controlar los procesos que tienen lugar en las Posiciones.

El Sistema de Telecontrol está constituido por:

- Un Centro Principal de Control.
- Estaciones remotas ubicadas en las Posiciones telecontroladas. Estas se encargan de captar las señales, generadas por la instrumentación, codificarlas y disponerlas para su envío al Centro Principal de Control cuando este lo solicite.

7.1. Instrumentación básica

El desarrollo industrial de las últimas décadas ha desencadenado un uso creciente de energía y exigido la manipulación de productos inflamables. El empleo y control de tales productos exige la utilización de equipos eléctricos y electrónicos en ambientes potencialmente peligrosos, como son los gases combustibles, entre los que está el gas natural. En definitiva, prácticamente todas las Posiciones de entorno del transporte de gas natural están en lo que se ha dado en llamar “zonas clasificadas”

Esta clasificación viene definida en la Norma UNE 20322-86, así como MIE BT 026 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Según estos, lo habitual es que las instalaciones de gas sean Clase 1 (por ser gas), zona 2. Debido a que son instalaciones sin personal permanente y existen válvulas VES (de escape de gas a la atmósfera) se toma la precaución de tratarlo como Clase 1, zona 1

Los valores de ciertos parámetros definen las condiciones en que se está haciendo el transporte del gas a su paso por la Posición, tales como presión, temperatura, densidad, etc.

Existen otros parámetros que definen el grado de fiabilidad de la instalación o su funcionamiento, tales como tensión eléctrica, consumo de los motores, alarmas, etc.

Los valores de todos estos parámetros físicos son convertidos en señales eléctricas representativas, mediante una instrumentación clásica para zonas clasificadas. En ciertos casos, algunas de estas señales son elaboradas mediante microprocesadores y se obtienen señales que representan otras magnitudes. Por ejemplo:



- Multiplicando las señales de la medida de volumen y de la densidad, ambas actuales, se obtiene otra señal que representa el caudal (masa/hora).
- Conocida la composición del producto, mediante el cromatógrafo, se calcula su energía por unidad de volumen o masa (poder calorífico superior o inferior del gas natural por Nm³ o kilogramo).

Por lo anterior, en las Posiciones nos vamos a encontrar con unas señales eléctricas representativas de los valores de los parámetros, que pueden adoptar las siguientes formas:

- Señal analógica: De 0 a 5 Vcc, o de 4 a 20 mA.
- Señal de contadores: Trenes de impulsos.
- Señal digital: Todo/nada (contactos).

el conjunto de estas señales eléctricas es lo que llamamos datos.

Las Posiciones de una Red de Gasoductos de Transporte, desde el punto de vista de la instrumentación se pueden clasificar:

- Instalaciones con proceso sencillo, en las que el proceso más complejo es la regulación de la presión y la medida de caudal. En este grupo están:
 - Válvulas de seccionamiento.
 - Válvulas de seccionamiento y derivación.
 - Estaciones de regulación y medida.

En las que se utiliza una instrumentación clásica con transmisores analógicos, manómetros, presostatos, regulación neumática de presión y medida de caudal con corrección a condiciones normales por PTZ. En ellas la presión oscila entre unos bar y 80 bar y la temperatura entre – 20 / 40 °C

- Instalaciones con proceso algo más complejo con motores rotativos, generalmente tipo turbina, que utilizan controladores programables (PLC) y una instrumentación similar al anterior e incluye puntos de consigna. En este grupo están:
 - Estaciones de compresión.
 - Almacenamientos subterráneos.
 - Plantas de tratamiento de gas.

En ellas la presión oscila entre unos bar y 130 bar y la temperatura entre – 20 y + 80 ° C.



- Instalaciones con un proceso criogénico, con el gas natural en dos fases, en las que se utilizan sistemas de control distribuido (DCS) y tienen utilización los transmisores digitales, como son las Plantas de Regasificación.

En ellas la presión oscila entre unos bar y 130 bar y la temperatura entre -164 y $+60$ ° C. Existe medición de caudales en fase líquida y en fase gaseosa.

Además, en todas ellas, según las aplicaciones, se utilizan en mayor o menor grado:

- Intercambiadores de calor
- Detección de gas.
- Detección de humos.
- Detección de calor o llama.
- Detección de frío.

7.2. Estación remota

Constituye el interface entre la instrumentación y la línea de comunicaciones, y prepara las señales eléctricas para la transmisión.

Cada una de las estaciones está compuesta de una serie de módulos normalizados, adecuados a los distintos tipos de señal. Estos están conectados mediante un "bus" controlado por un microprocesador, cuyo programa está grabado en memoria EPROM. Este programa es básicamente el mismo para todas las estaciones, adaptado a las necesidades de cada una, mediante los parámetros de personificación, tales como identificación, número de medidas, etc.

Esta estructura modular permite adaptar la configuración de la estación a las necesidades de transmisión de la posición, así como realizar, con gran flexibilidad, las futuras ampliaciones o cambios que se requieran.

Según lo anterior, los datos son entregados en paralelo a la estación remota, que después de codificarlos y de introducir los criterios de protección que correspondan, los envía en serie al Centro Principal de Control, con quien mantiene un diálogo constante. Este diálogo se realiza mediante un protocolo, mas o menos sofisticado, que garantiza, entre otras, la ausencia de errores en la recepción de los datos.

Cuando se requiere que estas medidas tengan carácter fiscal (medidas de facturación), a la estación remota se le incorpora memoria local que permita almacenar los parámetros de facturación, al menos,



durante 31 días y dotarlas de accesos, en local y remoto, para su lectura. Todo ello de acuerdo con lo previsto en los anexos que sobre la unidad de medida tenga el contrato de compraventa.

7.3. Centro de control

En este Centro existen dos partes bien diferenciadas: el front-end y ordenador principal.

7.3.1. Front end

El front-end es el interface entre el ordenador principal y la línea de comunicaciones y estaciones remotas. Su misión es descargar a este último de la tarea de las comunicaciones con las estaciones remotas y entregarle la información ya elaborada y libre de errores. En otras palabras, es un miniordenador especializado en comunicaciones, que realiza las siguientes funciones:

- Exploración de las estaciones remotas.
- Filtrado de la información obtenida.
- Entrega de esta información, ya elaborada, al ordenador principal.
- Canalización hacia las estaciones remotas de las ordenes procedentes del ordenador.

7.3.2. Ordenador principal

El ordenador principal procesa la información elaborada por el front-end y realiza las siguientes funciones:

- Presenta y almacena la información en forma adecuada. Los valores de las medidas los compara con los límites establecidos, comprobando si están fuera de éstos.
- Confecciona partes sobre el estado de la instalación.
- Obtiene gráficos de evolución de medidas seleccionadas.
- Elabora partes estadísticas.
- Automatiza operaciones rutinarias.

La presentación de la información se estructura en:

- Lista de alarmas, tanto de proceso como de telecontrol.
- Partes de incidencias y operaciones realizadas.
- Partes periódicos de los valores de medida.
- Diagramas generales de la línea y de las Posiciones.
- Diagramas descriptivos del estado del sistema informático.



Es importante que el software del sistema de telecontrol esté diseñado de tal forma que, una vez en funcionamiento, sea posible ir incorporando gradualmente aquellas aplicaciones que la experiencia en la explotación indique como necesarias.

7.4. Consideraciones de seguridad

Debido a la gran importancia que tiene el telecontrol en la operación de este tipo de transporte, que afecta a la seguridad y a la economía, es necesario cuidar su fiabilidad en todas las fases del Proyecto.

En fase de diseño se tiene en cuenta el comportamiento de la instalación principal en caso de avería o de emergencia, considerando como puede afectar al sistema de telecontrol.

Por ello, es habitual que:

- El Centro Principal de Control disponga de todos sus elementos duplicados y en servicio, ordenadores, pantallas, impresoras, etc, incluidos los sistemas de alimentación.
- Ya hemos indicado que las comunicaciones se hacen por rutas alternativas con recorridos y soportes totalmente independientes.
- Las Posiciones dispondrán de elementos de seguridad duplicados, que en caso de avería evolucionarán a la situación más segura. Además, la alimentación eléctrica estará garantizada mediante baterías con autonomía suficiente y grupos electrógenos automáticos.

Adicionalmente a lo anterior, se hace un seguimiento de normas, tanto nacionales e internacionales, que proporcionan unos niveles de calidad a todo el conjunto. De forma más específica podemos citar las normas del IEC:

- IEC-TC-57 Protocolo de comunicación para aplicaciones de Telecontrol.
- IEC-1508 Protección contra transitorios (Nivel SIL3).
- IEC-751A Termorresistencias tipo RTD



8. RED TELEFÓNICA PRIVADA

Para facilitar la operación y el mantenimiento de la red de gasoductos de transporte, se dispone de una red telefónica privada, que permite establecer comunicaciones telefónicas entre el Centro Principal de Control, los Centros de Mantenimiento y las diferentes Posiciones. Está constituida por:

8.1. Central telefónica

En todas las instalaciones de la red de gasoductos de transporte, en las que hay personal de operación y mantenimiento se dispone de una central telefónica automática. Estas realizan tanto el servicio interno entre abonados ubicados en la misma instalación, como el servicio de tránsito para comunicación entre abonados de dos Posiciones o Centros diferentes.

- Centro Principal de Control.
- Centros de Mantenimiento.
- Estaciones de Bombeo o Compresión.
- Plantas de Regasificación de gas natural licuado.
- Almacenamientos Subterráneos.

Estas centrales son de enlace de baja capacidad de tratamiento de abonados. Están realizadas con tecnología digital avanzada, con matriz de conmutación temporal y programación almacenada en memoria. La programación de la central, se realizará mediante un ordenador personal, de forma local y/o remota, a través de la interfaz V-21 de mantenimiento.

La capacidad de selección de la central es de cuatro dígitos, habitualmente. Además, admite la programación de números de prueba para la búsqueda de abonados y líneas de paso progresivo con recepción de tono, lo que permite el acceso a todos los enlaces y facilita el mantenimiento.

Los indicativos de las centrales forman un bloque, juntamente con el número de abonado, por lo que se realiza la marcación con igual cantidad de dígitos e igual número para cada abonado, tanto en tráfico interno como en el externo.

La central dispondrá de las siguientes interfaces:

- Interfaz de abonado a 2 hilos incluyendo señalización de tipo multifrecuente.
- Interfaz de enlace a 4 hilos de fonía y dos de señalización E y M, para enlace entre centrales.
- Interfaz de conectividad digital con otros sistemas utilizando enlaces digitales a 2 Mbps. y señalización por canal común o canal asociado. Permite realizar comunicaciones entre canales B de la trama de 2



Mbps. e incorpora protocolo de señalización por canal basado en las Recomendaciones de la UIT, Q-931 y Q-932.

- Interfaz de mantenimiento.

Los circuitos telefónicos entre las Posiciones y la central telefónica los facilita la infraestructura de comunicaciones.

En ocasiones, existen Posiciones no telecontroladas que, sin embargo, deben disponer de comunicación telefónica. Los circuitos telefónicos entre estas Posiciones y la central telefónica se establecen a través de los equipos múltiplex digitales de las Posiciones adyacentes, unos adaptadores telefónicos y un par de fibras ópticas que enlazan a la Posición sin telecontrol y la equipada con múltiplex digital.

8.2. Equipo adaptador telefónico

Para dar servicio telefónico a las Posiciones sin telecontrol, se dispondrán adaptadores telefónicos, que conviertan las señales eléctricas de fonía y señalizaciones de un teléfono en señales ópticas y viceversa. De igual forma, se dispondrá un adaptador telefónico colateral al anterior en la Posición adyacente con equipo múltiplex.

El margen dinámico de estos adaptadores telefónicos, emisor - receptor, es de 25 dB. Con la atenuación de las fibras ópticas monomodo 0,4 dB/Km, se consiguen superar vanos de más de 50 Km. sin elementos repetidores, lo que permite establecer los enlaces sin dificultad alguna.



9. CONCLUSIONES

Al establecer la explotación de una infraestructura lineal, como es la de un gasoducto, se utilizan unos medios de comunicación (fibra óptica y equipos de transmisión digital), inicialmente pensados y diseñados para tener acceso a la instrumentación distribuida a lo largo del gasoducto y poder de esta forma hacer la adquisición y concentración de datos, así como enviar ordenes y puntos de consigna mediante el sistema de telecontrol.

Pero que a su vez, por su capacidad, estructura y escalabilidad, permiten incorporar otros servicios sin coste adicional alguno, tales como televigilancia de las Posiciones, informática de gestión (facturación, almacenes, gestión de personal) teleproceso (supervisión de cromatógrafos y unidades de medida).

En otras palabras, permite establecer, en paralelo con el telecontrol y el sistema telefónico privado, una red de transmisión de datos privada, sobre la que se establecen los servicios anteriores, incluso esta red puede estar conectada con otras redes externas.

Madrid, Mayo del 2002