

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA GASES DEL
CUSIANA S.A. E.S.P.

SILVIA JULIANA RUIZ MACIAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA

2008

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA GASES DEL
CUSIANA S.A. E.S.P.

SILVIA JULIANA RUIZ MACIAS

Informe final

Trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial

Director: Ing. José Alejandro Amaya Palacio

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES

BUCARAMANGA

2008

Dedicatoria

A Dios por darme la oportunidad de vivir esta experiencia aquí y no en otro lugar

A mis padres Alvaro y Nubia, quienes han trabajado arduamente para otorgarme el privilegio de acceder a la mejor educación siempre y quienes a lo largo de mi existencia me han inculcado valores para formar la persona que hoy soy.

A mis hermanos Alvaro H y Juan Carlos que siempre se han preocupado por mi bienestar.

A los del grupo de estudio, con quienes compartimos tantas tardes de disertación y análisis acompañados de un buen vaso de nuesta, gracias por acompañarme en el proceso académico, pero sobre todo gracias por compartir su amistad y solidaridad conmigo, siempre aprendí de todos.

Finalmente, pero no menos importante a ti, Roberto, quien me contagiaste de tu optimismo y emprendimiento y quien siempre creyó en mí, aún cuando ni yo misma lo hacía.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO DE REFERENCIA	3
1.1 ANTECEDENTES	3
1.1.1 Trabajos previos sobre sistemas SCADA en la UIS.....	3
1.1.2 Desarrollo de mi práctica empresarial en RUIZ RODRIGUEZ & Cía. Ltda.	5
1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
1.2.1 Comunicaciones Industriales	7
1.2.2 Sistemas SCADA	10
Generalidades	10
Prestaciones que debe ofrecer un sistema SCADA.....	12
1.2.3 Módulos básicos de un sistema SCADA	13
1.2.4 SCADA Vs DCS	14
1.2.5 Protocolos de comunicación	15
Buses de campo.....	16
1.2.6 ¿Qué es “HAZOPS”?	18
1.3 NORMATIVIDAD.....	20
1.4 FUNCIONAMIENTO DE LAS REDES DE GAS NATURAL EN COLOMBIA	21
1.5 LA RED DE CUSIANAGAS	23
1.5.1 Principios de funcionamiento	23
1.4.1 Composición de la red de distribución de Cusianagas	24

1.5.3 El City Gate de Yopal	26
1.5.4 Infraestructura de Cusianagas	27
2. PARAMETROS DEL SISTEMA SCADA DE CUSIANAGAS	32
2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	32
2.1.1 Integración por fases.....	32
2.1.2 Funcionalidad de la red de distribución de gas	33
Alternativas de Operación del sistema	33
Estados de la operación.....	33
Estrategias de operación	34
2.1.3 Funcionalidad del sistema de supervisión y control	35
2.1.4 Criterios de diseño de sistemas SCADA	36
Seguridad	37
Confiabilidad	38
Disponibilidad	39
Versatilidad	40
Escalabilidad	41
2.1.5 Contenido del sistema SCADA	41
2.1.6 Requisitos del Software de supervisión:.....	42
2.1.7 Funcionalidad HMI (Human Machine Interface)	43
2.1.8 Despliegue de datos.....	44
2.1.9 Despliegues gráficos:	45

2.1.10	Eventos y alarmas	45
2.1.11	Sistema de comunicaciones	48
3	PROPUESTA DE DISEÑO	49
3.1	ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN ASOCIADA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE GAS	49
3.2	VARIABLES A INTEGRAR.....	50
3.3	EQUIPOS NECESARIOS PARA LA CONFORMACIÓN DE LA RED SCADA.....	52
3.4	SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CAMPO	52
3.4.1	Instrumentación complementaria	54
3.5	CÁLCULO DE LA NECESIDAD DE ANCHO DE BANDA PARA LA RED DE REDUNDANCIA.....	60
3.6	CONFIGURACIÓN DE LA RED INICIAL	63
3.6.1	Configuración del dispositivo de control de operaciones remoto.....	64
3.7	SELECCIÓN DE INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI).....	67
3.8	PROPUESTA ECONÓMICA	68
3.8.1	Contenido de la oferta	68
3.8.2	Metodología propuesta.....	69
	Ingeniería de Detalle.	69
	Suministro de equipos y accesorios.	70
	Construcción y montaje (incluye configuración y programación de dispositivos)..	70
	Comisionamiento y Arranque.....	71
	Capacitación.....	71
3.8.3	Análisis financiero de la oferta.....	71
4.	CONCLUSIONES	76

BIBLIOGRAFÍA 81

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Diferencias típicas entre SCADA y DCS	15
Tabla 2 Buses de campo	16
Tabla 3 Buses de campo (Continuación)	17
Tabla 4 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (FILTRADO).....	27
Tabla 5 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (SISTEA DE MEDICIÓN)	28
Tabla 6 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (SISTEMA DE ODORIZACIÓN)	29
Tabla 7 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (SISTEMA DE REGULACIÓN).....	29
Tabla 8 INVETARIO CITY GATE YOPAL (INYECCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO)	30
Tabla 9 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (REGULACIÓN GNVC)	31
Tabla 10 Tabla de configuración de alarmas según estado	44
Tabla 11 Variables preliminares del sistema SCADA	51
Tabla 12 Variables preliminares del sistema SCADA (Continuación)	51
Tabla 13 Planes Internet ADSL	61
Tabla 14 Registros del City Gate.....	62
Tabla 15 Planes de datos de red celular	63
Tabla 16 Direccionamiento Modbus para indicadores de señal 4-20mA	66
Tabla 17 Direccionamiento Modbus para sistema de dosificación de Aire comprimido	66
Tabla 18 Direccionamiento Modbus para los actuadores de las válvulas de bloqueo y el estado del compresor	67
Tabla 19 Ítems que conforman la ingeniería de detalle	69
Tabla 20 Instrumentación complementaria en cantidades de Obra	71
Tabla 21 Instrumentación complementaria en cantidades de Obra (Continuación)	72
Tabla 22 listado de software y equipo de computo	73
Tabla 23 Equipos del Sistema de comunicaciones.....	73
Tabla 24 Costos de Obra.....	73
Tabla 25 Tabla 24 Costos de Obra (Continuación).....	74
Tabla 26 Consolidado de costos	74
Tabla 27 Propuesta Financiera.....	74

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Metodología	6
Figura 2. Niveles Jerárquicos De Las Redes Industriales basado en el concepto CIM (“ <i>Computer Integrated Manufacturing</i> ”)	9
Figura 3. Estructura básica de un sistema de supervisión y control.....	11
Figura 4. Fases de la producción del gas natural	22
Figura 5. Fundamentos normativos de la red de GASES DEL CUSIANA S.A. E.S.P.	24
Figura 6 Distribución geográfica de los puntos de la red de CUSIANAGAS a integrar al SCADA	25
Figura 7 Diagrama de procesos del City Gate Yopal.....	26
Figura 8 Controlador ROC 809.....	55
Figura 9 Transmisor de presión diferencial	56
Figura 10 Transmisor de presión estática	57
Figura 11 Transmisor de Temperatura.....	58
Figura 12 Router GPRS TELDAT G+.....	59
Figura 13 Convertidor MODBUS ETHERNET	60
Figura 14 Red Scada inicial de Cusianagas	64

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A	Protocolos de comunicaciones	82
ANEXO B	Hoja de datos ROC809	92
ANEXO C	Conexionado ROC 809	97
ANEXO D	Tablas MODBUS	
	101	
ANEXO E	Diagrama LADDER de configuración de rutina de los actuadores	

Resumen

TITULO

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA GASES DEL CUSIANA S.A. E.S.P.*

AUTOR

SILVIA JULIANA RUIZ MACIAS†

PALABRAS CLAVES

SCADA, DCS, BUSES DE CAMPO, GASODUCTO

DESCRIPCIÓN:

El siguiente informe contiene toda la documentación de los trabajos realizados durante el curso de la práctica empresarial realizada en RUIZ RODRIGUEZ & CIA. LTDA., que consistieron en la elaboración de la ingeniería conceptual del Sistema de Control supervisorio y de adquisición de datos, SCADA, para la empresa distribuidora de gas natural GASES DEL CUSIANA S.A. E.S.P.

La elaboración de esta ingeniería consta de tres partes fundamentales: el marco de referencia, que incluye una breve revisión de conceptos básicos y normatividad a considerar para el diseño, así como la descripción de la red distribución de gas de natural de Cusianagas, junto con un inventario y evaluación de la infraestructura existente.

En la segunda sección se delimitan las condiciones de funcionamiento del sistema, además se fijan los parámetros que debe cumplir tanto el SCADA como el sistema de comunicaciones frente a prestaciones, capacidad de procesamiento y trazabilidad del sistema, así mismo se establecen los criterios que deben aplicarse para el diseño del sistema.

Finalmente en la tercera parte, se consolida el diseño del sistema SCADA, en el cual se analizan los elementos a integrar, se proponen elementos complementarios y métodos de transferencia de datos que le dan consistencia a la primera fase de la red SCADA de Cusianagas, esto va acompañado de una propuesta económica donde se da un presupuesto global de lo que cuesta la implementación del diseño propuesto.

* PROYECTO DE GRADO

† FACULTAD: Físico Mecánicas. ESCUELA: Ingeniería Eléctrica, Electrónica Y de Telecomunicaciones.
DIRECTOR: Ing. José Alejandro Amaya Palacio Msc.

ABSTRACT

TITLE:

PROPOSAL OF A SCADA SISTEMA DESING FOR GASES DEL CUSIANA S.A E.S.P.*

AUTHOR:

RUIZ MACÍAS, Silvia Juliana[†]

KEY WORDS:

SCADA, DCS, FIELD BUS, GAS PIPELINE

DESCRIPTION

The following inform contents the documentation related to the tasks developed during the course of the internship in RUIZ RODRIGUEZ & CIA. LTDA, which entailed on the elaboration of the conceptual engineering of the Supervisory Control and Data Acquisition System, SCADA, specially designed for GASES DEL CUSIANA S.A. E.S.P. needs.

The engineering document consists of three main parts: The reference framework, which includes a brief review of basic concepts and applicable regulations and the description of Cusianagas facilities, including a stock list and evaluation of the existing devices that are to be integrated in the system, using this information in order to have appropriate considerations for the design.

On the second section the Gas Distribution System functioning conditions are specify so are the parameters for the communications and SCADA systems on face to the traceability, processing capacity and application assistance, in the same way design criteria is established for the SCADA conceptual engineering.

Finally on the third part the SCADA System design is consolidated, analysing the existing devices and proposing new ones as complementary instrumentation and a remote process control is needed as well as the data transmission system, al these issues give consistency to the first stage of the Cusianagas' SCADA network, together with the economical proposal complete the conceptual engineering tasks giving a global reference of the implementation of the design and going further by suggesting the equipment brands and equipment configuration according to the specifications described in chapter two.

* TRABAJO DE GRADO

[†] FACULTAD: Físico Mecánicas. ESCUELA: Ingeniería Eléctrica, Electrónica Y de Telecomunicaciones.
DIRECTOR: Ing. José Alejandro Amaya Palacio Msc.

INTRODUCCIÓN

Disponer de un Sistema de Adquisición de Datos y Control (SCADA) de las principales variables de operación, equivale a disponer de una herramienta fundamental para mejorar notablemente la calidad del servicio de cualquier actividad industrial.

Para el caso específico de Cusianagas significa tener la posibilidad de conocer en tiempo real las condiciones de presión de entrada y salida, así como la rata de flujo y temperatura del gas que se esté entregando al sistema de distribución de gas natural en todo momento.

Esto es un cambio cualitativo importante a lo existente en la actualidad por cuanto logra un incremento sustancial en la confiabilidad de la operación del sistema de distribución, así como el nivel de seguridad, por cuanto le permite al operador tomar acciones correctivas y/o preventivas a tiempo en el caso de presentarse alguna situación no deseada en la operación, lo cual permite garantizar la continuidad del servicio a los usuarios.

El presente documento de ingeniería se elaboró durante el desarrollo de la práctica empresarial en Ruiz Rodríguez y cía. Ltda. como modalidad para trabajo de grado de ingeniería electrónica, consiste de una propuesta de diseño en la que se sugieren acciones, elementos, equipos y estrategia para la implementación de un sistema de supervisión y control para la empresa Cusianagas.

Esta propuesta de diseño se estructura en cuatro capítulos, en los cuales en la primera sección se referencian los trabajos desarrollados en la Universidad Industrial de Santander sobre el Sistemas SCADA, se exponen los conceptos básicos a considerar a la hora del diseño de un sistema de supervisión y control, así como el entorno en el cual se desarrolla el proyecto, donde se describen el funcionamiento del sistema de distribución de gas natural, se describe la

localización de los puntos integrables al Sistema y se relacionan y evalúan los elementos pertenecientes al primer punto de la red SCADA, el City Gate Yopal.

En el segundo capítulo se condensan todos los requerimientos del sistema, las funcionalidades que debe tener tanto a nivel de software como hardware, los criterios de diseño a tener en cuenta tanto para el sistema de supervisión y control, además de las consideraciones que se deben tener en cuenta para el sistema de comunicaciones que soporta al SCADA.

Por su parte en el tercer apartado de este documento se constituye la propuesta de los elementos que conformaran la red SCADA de Cusianagas, en la cual se sugieren dispositivos de medida y control complementarios a los existentes, con el fin de consolidar el primer punto del sistema, igualmente se proponen los sistemas de comunicaciones de mayor viabilidad para la empresa, así como la configuración inicial del sistema.

Adicionalmente en el capítulo tres, se presenta un presupuesto tentativo de acuerdo con los equipos sugeridos, el cual se elaborará con mayor precisión durante el desarrollo de la ingeniería de detalle que será realizada posteriormente a este documento.

Finalmente en la cuarta sección se encuentran las conclusiones y recomendaciones que serán pertinentes para continuar el desarrollo de este proyecto de ingeniería, en la fase de ingenierías básica y de detalle.

1. MARCO DE REFERENCIA

En el presente capítulo se sitúa en el contexto de la industria colombiana a los sistemas SCADA en el área de procesos de manejo de gas natural y se reseñan los conceptos básicos y la normatividad requeridos para la elaboración de la propuesta de diseño del sistema SCADA para la empresa Gases del Cusiana S.A.E.S.P., desarrollada durante el periodo de realización de la práctica empresarial en Ruiz Rodríguez & Cía. Ltda., además se relacionan los trabajos de grado en sistemas SCADA realizados anteriormente en la Universidad Industrial de Santander.

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Trabajos previos sobre sistemas SCADA en la UIS

La integración de tecnología a los procesos industriales ha tenido una tendencia creciente en todo el mundo, la industria colombiana no es la excepción a este hecho y ha comenzado a tecnificar sus procedimientos de producción requiriendo así sistemas de comunicación que verifiquen el correcto funcionamiento y operación de los equipos autómatas de campo.

La implementación de Sistemas SCADA en diversas áreas de la industria tales como los sectores de alimentos, petroquímico, hidroeléctrico e hidrocarburos, ha sido un ingrediente primordial a la hora de monitorear y controlar los procesos automáticos ya que estos sistemas proporcionan información oportuna que permite realizar una administración de recursos más adecuada y proactiva por parte de los operarios de la planta de tal forma que se promulgue el funcionamiento de la industria con directrices hacia la certificación de calidad de sus procesos.

Para la Universidad Industrial de Santander es muy importante tomar parte en la tecnificación industrial promoviendo el desarrollo de trabajos de grado en el área industrial, de telemetría y de comunicaciones, ejemplo de ello es el desarrollo en sistemas SCADA que se ha venido trabajando en las escuelas de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones desde 2002 hasta la actualidad, con los que pretende propiciar el acercamiento de la industria nacional y la academia.

Prueba de este acercamiento son los trabajos de grado realizado por estudiantes de la E3T*, en 2003 Oscar René Rueda (RUEDA) trabaja con redes industriales y realiza la implementación del SCADA P-CIM para el control y la supervisión de procesos industriales, y en 2007 con la Propuesta para incorporar al sistema SCADA del acueducto metropolitano de Bucaramanga el arranque de las bombas de la estación de Bosconia, Enry Dwit Mantilla y Nelson Iván Mantilla (MANTILLA y MANTILLA) trabajan sobre la intención de integrar nuevos equipos a un sistema SCADA existente, probando así una de las propiedades más importantes de los sistemas SCADA, la escalabilidad†.

A su vez existen trabajos de grado con un perfil más académico, que se reflejan en mejoras en algunas de las instalaciones de la UIS, como lo son El sistema SCADA para el grupo Turbogenerador del laboratorio de turbo-máquinas hidráulicas de la Escuela de Ingeniería Mecánica, desarrollado en el 2002 por Leo Bladimir Farfán (FARFÁN), y el sistema de gestión para un prototipo de sistema SCADA en el laboratorio de instrumentación desarrollado por Edgar Ernesto Torres y Diego Hernán Ramírez (TORRES y RAMIREZ) en el 2007, quienes proponen

* Entiéndase como Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander

† Escalabilidad es la capacidad de un SCADA de crecimiento y compatibilidad con nuevos equipos que ingresen al sistema

que los sistemas SCADA deben ser abordados con más profundidad en la asignatura de instrumentación, impartida en la E3T.

1.1.2 Desarrollo de mi práctica empresarial en RUIZ RODRIGUEZ & Cía. Ltda.

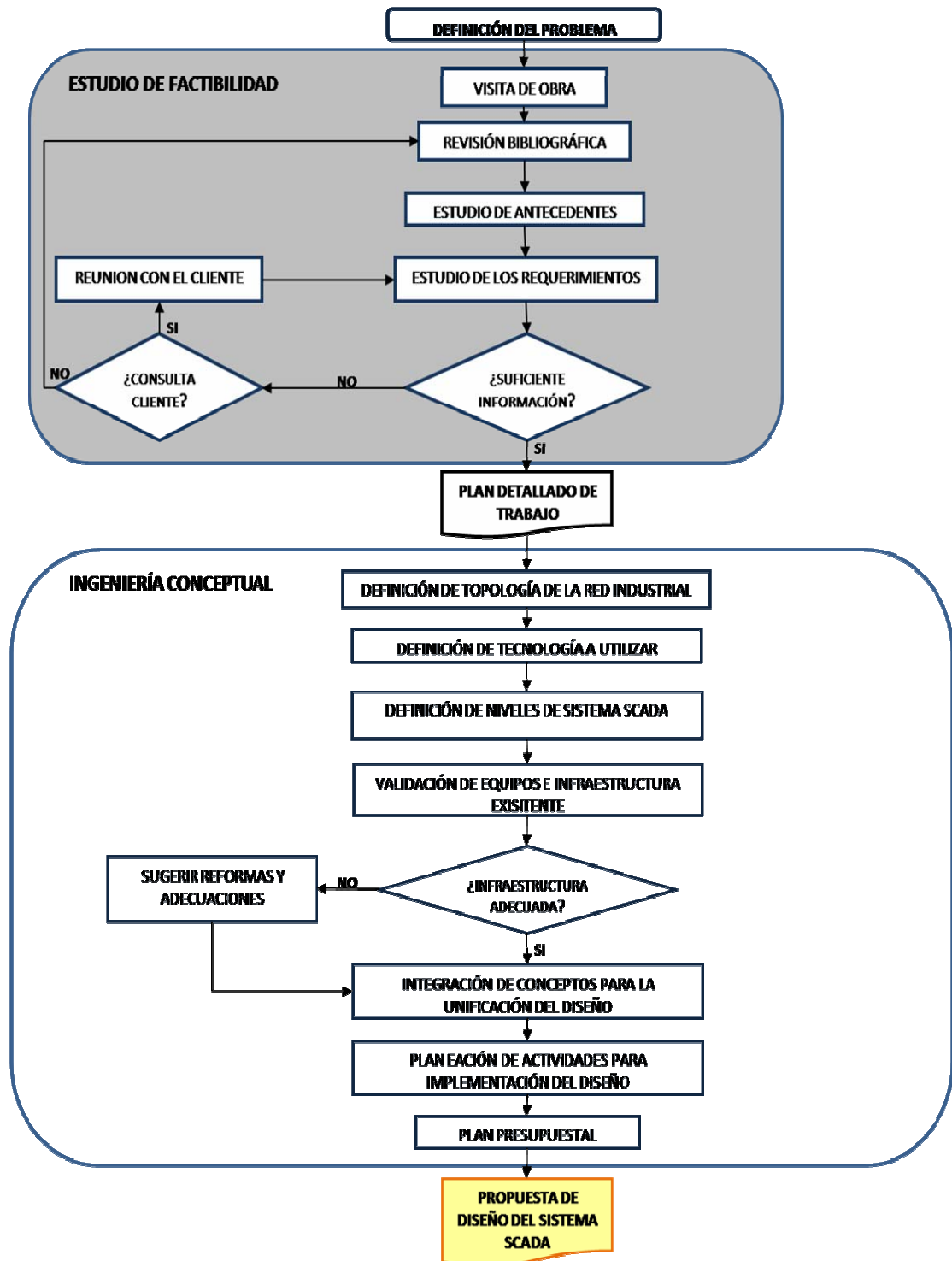
Los trabajos realizados con la empresa RUIZ RODRIGUEZ & CÍA LTDA., en el departamento de compras y proyectos consistieron en la participación en el diseño de un sistema de supervisión y control (SCADA) para la empresa distribuidora de gas natural Cusianagas, así como la participación en procesos de licitación y compras para otros proyectos desarrollados por la empresa durante mi pasantía.

A su vez se me permitió asistir a capacitaciones pertinentes a temas de ingeniería tales como seminarios sobre normatividad RETIE, NTC 2050, NFPA, entre otras así como capacitarme en temas financieros y de contratación privada y pública dirigida a Mi-Pymes y Pymes, lo cual constituye un entrenamiento integral para todo ingeniero y fomenta la socialización entre los miembros del gremio donde se discuten puntos de vista y se realimenta a partir de las experiencias de los participantes.

1.1.3 Metodología

Para el desarrollo de la propuesta de diseño del sistema SCADA para Gases del Cusiana S.A. E.S.P. se utilizó una metodología de adaptación tecnológica en la cual se siguieron los parámetros para la solución de un problema de ingeniería, donde se estudia la factibilidad del problema a partir de sus antecedentes y requerimientos, pasando por la definición de posibles escenarios, validación de infraestructura existente y para el desarrollo de la ingeniería conceptual del sistema SCADA como se muestra en el diagrama de flujo en la figura1.

Figura 1. Metodología



FUENTE: LA AUTORA

1.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A continuación se referenciarán los conceptos básicos necesarios para desarrollar el diseño del sistema SCADA, se tendrán en cuenta las definiciones de los sistemas de control, supervisorio y control distribuido así como los protocolos de comunicaciones de las redes industriales. Debido a que este es un proyecto multidisciplinario, se deberá conceptualizar en el sector de hidrocarburos, más específicamente en el área de distribución de gas natural, teniendo en cuenta los lineamientos de entidades reguladoras colombianas tales como la CREG y el Icontec, así mismo serán tenidos en cuenta los estándares internacionales de seguridad, de instrumentación y de comunicaciones.

1.2.1 Comunicaciones Industriales

Dentro de un proceso productivo coexisten una serie de equipos y dispositivos dedicados tanto al control de maquinaria o de una parte cerrada de un proceso como a la gestión de recursos y supervisión de procesos, dispositivos como autómatas programables, sensores, actuadores y equipos de cómputo son integrados mediante una red industrial con el objetivo de aumentar el rendimiento y la productividad del sistema.

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación FieldBus (Buses de campo), quien desarrolló un nuevo protocolo de comunicaciones, para la medición y control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma.

Estas comunicaciones entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basan principalmente en señales analógicas (neumáticas de 3 a 15 psi en las válvulas de control y electrónicas de 4 a 20 mA. CC), aunque ya existen instrumentos digitales capaces de manejar gran cantidad de datos y guardarlos históricamente; su precisión es diez veces mayor que la de la señal típica de 4 a 20 mA. CC y en vez de transmitir cada variable por un par de hilos se realiza la transmisión de forma secuencial mediante un cable de comunicaciones llamado bus.

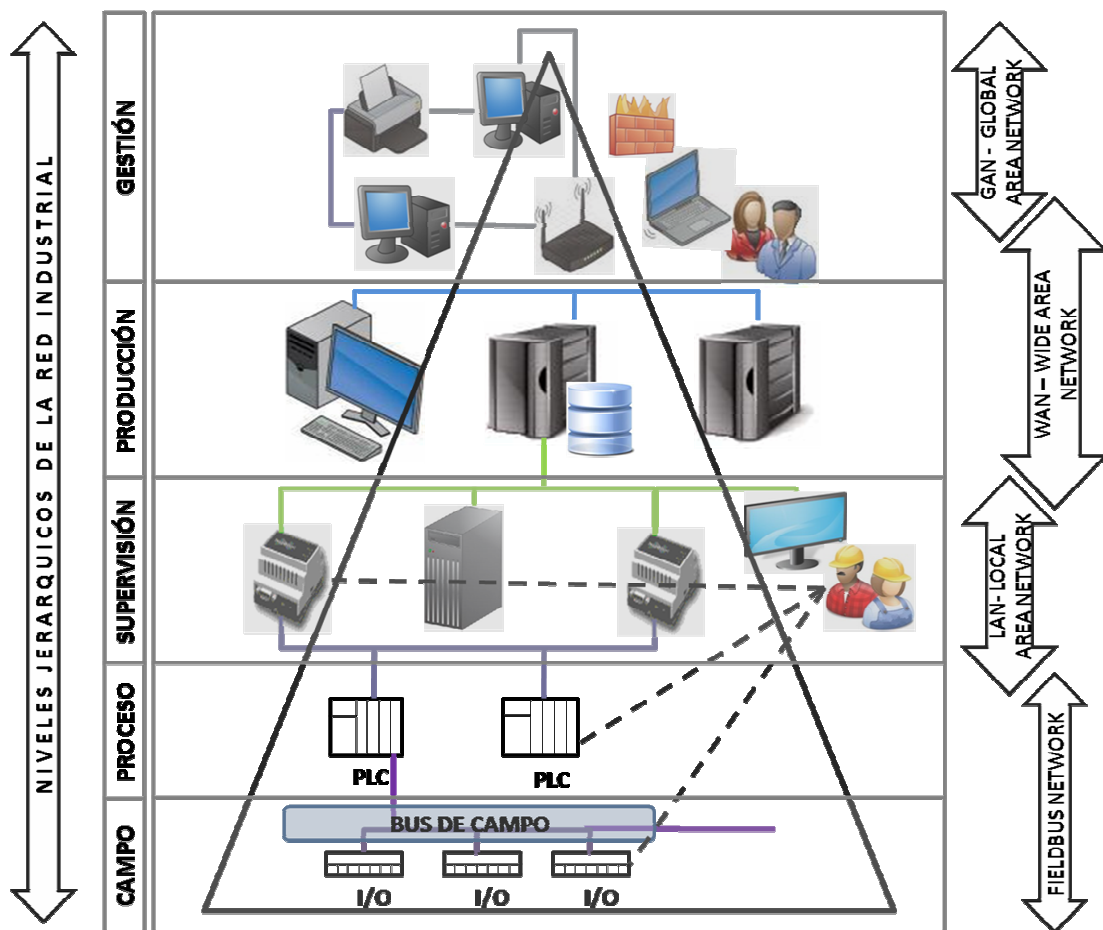
La tecnología fieldbus (bus de campo) es un protocolo de comunicaciones digital de alta velocidad que esta creada para remplazar la clásica señal de 4 a 20 mA, que aún se utiliza en muchos de los Sistemas de Control Distribuidos - DCS y Controladores Lógicos Programables PLC's, instrumentos de medida, transmisión y válvulas de control.

El flujo de información dentro de la empresa y la integración de todos los niveles de la misma se ven representados bajo el concepto de la pirámide de instrumentación CIM, "*Computer Integrated Manufacturing* ", presentado en la figura 2 en donde a su vez se muestran los tipos de redes de comunicaciones característicos de cada nivel.

El nivel de campo es el más próximo al proceso y está comprendido por sensores y actuadores, encargados de adquirir las señales del proceso y de reaccionar de acuerdo con lo programado en la instrumentación de nivel superior.

En la fase de proceso se integran pequeños automatismos tales como autómatas compactos, multiplexores E/S y controladores PID, dentro de subredes comandadas por autómatas modulares maestros que se comunican mediante buses a través de toda la subred.

Figura 2. Niveles Jerárquicos De Las Redes Industriales basado en el concepto CIM (“Computer Integrated Manufacturing”)



FUENTE: SISTEMAS SCADA 2 Edición. BASADO EN EL CONCEPTO DE ESTRUCTURA “COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING” CIM

En el nivel de supervisión se enlazan y dirigen las diferentes zonas de trabajo, pertenecen a este nivel los autómatas de gama alta y los equipos de cómputo dedicados al diseño, control de calidad, programación, entre otros, a este nivel se suele aplicar redes de tipo local LAN.

A la **producción** pertenecen los procesos de documentación, gestión de calidad, gestión de producción y mantenimiento.

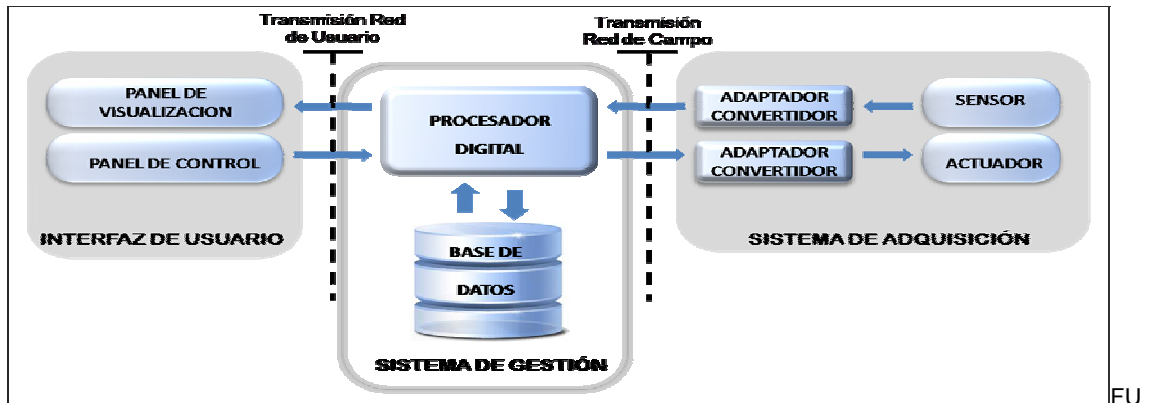
Finalmente en la cima de la pirámide se tiene el **nivel de gestión**, el cual se encarga de unificar la información de los niveles subsiguientes mediante estaciones de trabajo, que sirven de puente con el área de producción, para facilitar la planeación de los recursos empresariales y la supervisión del proceso productivo

1.2.2 Sistemas SCADA

Generalidades

SCADA es una aplicación software de control de procesos, concebida para proporcionar el acceso oportuno a datos distribuidos en áreas remotas mediante interconexiones ya sean digitales o analógicas de los dispositivos de la red los cuales permiten transmitir, enlazar y procesar los datos adquiridos por los equipos de campo en diferentes puntos del sistema, presentándolos de forma gráfica y amigable al operador.

Figura 3. Estructura básica de un sistema de supervisión y control



ENTE: Sistemas SCADA 2nda Edición. Capítulo 1 Sistemas de visualización industrial

Esencialmente compuesta por subsistemas de adquisición, control y monitoreo, como se muestra en la figura 3, esta herramienta funciona especialmente como soporte de supervisión para el operador, aunque también tiene la posibilidad de controlar procesos de forma autónoma, este control más directo es asignados a los autómatas de planta los cuales pueden ser accedidos desde la unidad de gestión del SCADA para el control del correcto funcionamiento del proceso productivo ó para modificar los atributos o criterios de control en situaciones muy particulares.

Para que la funcionalidad del SCADA sea maximizada es deseable que el sistema reúna las siguientes características:

- Arquitectura abierta que permita combinaciones con aplicaciones estándar y de usuario para facilitar la creación de soluciones de supervisión y control adaptables y escalables a las necesidades cambiantes de la empresa.

- Contar con Software de Sencilla instalación, éste no debe requerir hardware de especificaciones elevadas y debe contar con interfaz de usuario amigable.
- Establecer comunicaciones entre el equipo de planta, el sistema de gestión y redes locales de forma fácil y transparente al operador.

Prestaciones que debe ofrecer un sistema SCADA

Un paquete SCADA debe estar en la disponibilidad de:

- Presentar los datos adquiridos en campo de forma amigable mediante históricos, gráficos de tendencia a través de la interfaz hombre máquina
- Desplegar cuadros de alarma, los cuales exigen la presencia del operador para reconocer una parada o un estado de alarma, con su respectivo cuadro de incidencias, de la misma manera estas situaciones de alerta serán enviadas por vía correo electrónico, vía telefónica y celular, para alarmas reales de campo se activarán dispositivos como sirenas.
- Generar el histórico de las señales de planta, el cual puede ser volcado en una hoja de cálculo para elaboración de informes y administración de los datos, teniendo la posibilidad de exportar eventos, históricos, alarmas y graficas de tendencia.
- Realizar programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de alta resolución sobre la CPU de un computador y no sobre la unidad del autómeta, lo cual descongestiona el procesamiento de datos para los dispositivos de menor capacidad.
- Desarrollar aplicaciones basadas en computador mediante un paquete de funciones para programación en lenguaje de uso general (C++, Delphi o Visual Basic) que incluyan adquisición de datos,

análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados al disco duro e impresora, entre otras.

1.2.3 Módulos básicos de un sistema SCADA

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.

Interfaz gráfica del operador (HMI – “Human Machine Interfase”): proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante gráficos almacenados en el computador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete y transforma el hardware de control de la planta, en la mayoría de los casos una caja negra para el operador, en un conjunto de gráficos y esquemas que posibilitan una mejor comprensión y supervisión del proceso.

Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando pre-programadas a partir de los valores actuales de variables leídas. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C++, Visual Basic, etc.).

Gestión y archivo de datos: se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Comunicaciones: se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

Diagramas de tendencias: Esta aplicación proporciona la facilidad de transformar los históricos de datos en gráficos estadísticos los cuales ayudan a la predicción del comportamiento del sistema.

Alarmas y eventos: Este módulo sirve para la supervisión de las variables pre-programadas e indica las anomalías o malfuncionamiento del sistema, además de presentar lo que está sucediendo en planta o las actividades pendientes como el mantenimiento de un equipo, cambio de filtros, paradas programadas, etc.

Generación de informes Este módulo es de suma utilidad para el operador ya que en él se apoya para realizar los reportes e informes al área de gestión, donde los registros del sistema se pueden volcar en una hoja de cálculo así como también se puede hacer uso de los gráficos de tendencia y estos a su vez ser exportados a otras aplicaciones.

1.2.4 SCADA Vs DCS

SCADA es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido (DCS), el lazo de control es GENERALMENTE cerrado por el operador. Los Sistemas de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de realizar control supervisorio. En la tabla 1 se muestra un cuadro comparativo de las principales características de los sistemas SCADA y los sistemas de Control Distribuido (DCS) (ESTAS Características no son limitantes para uno u otro tipo de sistemas, son típicas)

Tabla 1 Diferencias típicas entre SCADA y DCS

ASPECTO	SCADA	DCS
TIPO DE ARQUITECTURA	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA
TIPO DE CONTROL PREDOMINANTE	SUPERVISORIO: Lazos de control cerrados por el operador. Adicionalmente: control secuencial y regulatorio.	REGULATORIO: Lazos de control cerrados automáticamente por el sistema. Adicionalmente: control secuencial, batch, algoritmos avanzados, etc.
TIPOS DE VARIABLES	DESACOPLADAS	ACOPLADAS
ÁREA DE ACCIÓN	Áreas geográficamente distribuidas.	Área de la planta.
UNIDADES DE ADQUISICIÓN DE DATOS Y CONTROL	Remotas, PLCs.	Controladores de lazo, PLCs.
MEDIOS DE COMUNICACIÓN	Radio, satélite, líneas telefónicas, conexión directa, LAN, WAN.	Redes de área local, conexión directa.
BASE DE DATOS	CENTRALIZADA	DISTRIBUÍDA

FUENTE: INTERNET, www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml

1.2.5 Protocolos de comunicación

Para el manejo de las señales adquiridas en campo es de vital importancia la familiarización con los protocolos de comunicación que utilizan los diferentes dispositivos de la red, en la figura 2 se ilustró de manera general los tipos de redes característicos de cada nivel de instrumentación, en esta sección se hará hincapié en los protocolos de comunicación basados en la tecnología de bus de campo, los

cuales serán punto de referencia para la selección de los equipos que conformarán la red a diseñar.

Buses de campo

Los buses de campo son un sistema de transmisión de datos que simplifican enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie (típicamente RS485), que conectan dispositivos de campo como PLC's, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión.

Cada dispositivo de campo posee cierta capacidad de proceso, convirtiéndose así en un dispositivo inteligente facultado para ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus

En el mercado existen gran variedad de protocolos que utilizan la tecnología de bus de campo entre ellos los más comerciales Foundation Fieldbus (FF), Profibus en sus diferentes versiones, Hart y Modbus, la tabla 2 sintetiza las características de los diferentes buses. Para mayor profundización sobre características de los buses resaltados anteriormente diríjase al anexo A

Tabla 2 Buses de campo

Nombre	Topología	Soporte	Máx. dispositivos	Rata de transmisión bps	Distancia máx. Km	Comunicación
Profibus DP	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	127/segm	Hasta 1.5M y 12M	0.1 segm 24 fibra	Master/Slave peer to peer

Profibus PA	línea, estrella y anillo	par trenzado fibra óptica	14400 /segm	31.5K	0.1 segm 24 fibra	Master/Slave peer to peer
--------------------	--------------------------	------------------------------	-------------	-------	----------------------	------------------------------

Tabla 3 Buses de campo (Continuación)

Nombre	Topología	Soporte	Máx. dispositivos	Rata de transmisión bps	Distancia máx. Km	Comunicación
Profibus FMS		par trenzado fibra óptica	127/segm	500K		Master/Slave peer to peer
Foundation Fieldbus HSE	Estrella	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist	100M	0.1 par 2 fibra	Single/multi master
Foundation Fieldbus H1	estrella o bus	par trenzado fibra óptica	240 p/segm 32.768 sist	31.25K	1.9 cable	Single/multi master
Interbus-S	segmentado	par trenzado fibra óptica	256 nodos	500K	400/segm 12.8 total	Master/Slave
DeviceNet	troncal/puntual c/bifurcación	par trenzado fibra óptica	2048 nodos	500K	0.5 6 c/repetid	Master/Slave, multi-master, peer to peer
AS-I	bus, anillo, árbol, estrella	par trenzado	31 p/red	167K	0.1, 0.3 c/rep	Master/Slave
Modbus RTU	línea, estrella, árbol, red con segmentos	par trenzado coaxial radio	250 p/segm	1.2 a 115.2K	0.35	Master/Slave
Ethernet Industrial	bus, estrella, malla-cadena	coaxial par trenzado fibra óptica	400 p/segm	10, 100M	0.1 50 mono c/switch	Master/Slave peer to peer

HART		par trenzado	15 p/segm	1.2K		Master/Slave
-------------	--	-----------------	-----------	------	--	--------------

FUENTE: INTERNET, www.electromatica.cl/36_14a_protocolos.htm

1.2.6 ¿Qué es “HAZOPS”?

“HAZARDS AND OPERABILITY STUDY”

Los estudios HAZOP son un método probado y bien estructurado, basado en el trabajo en equipo, para identificar los peligros existentes en el diseño de procesos o en las modificaciones que se pretendan incorporar. El sistema realiza un examen pormenorizado del proceso y de las modificaciones a realizar en instalaciones nuevas o ya existentes, con el fin de evaluar los peligros potenciales de su funcionamiento al margen de las intenciones de su diseño o de averías de partes concretas de los equipos y los efectos que éstas pudieran tener sobre el conjunto de las instalaciones.

Los estudios HAZOP son dirigidos por un coordinador con experiencia. Para los proyectos en el sector de los hidrocarburos, en el equipo siempre participa personal de Procesos, Instrumentos, Maquinaria, Ingeniería de Proyectos y Operaciones, pudiendo ser necesaria la participación de técnicos de procesos, especialistas en medio ambiente y de los responsables de la empresa de seguridad e higiene y medio ambiente (HSE) en determinadas partes del trabajo.

Principales ventajas

La identificación rigurosa de los peligros es la clave para conseguir una gestión de riesgos eficaz, puesto que si no se detecta un determinado peligro, no será posible tomar las medidas correspondientes para reducir el riesgo. Un peligro que se pase por alto podría tener importantes consecuencias para el resto del proyecto. Un

estudio HAZOP eficaz aporta la mejor información, ya sea en lo que se refiere a la seguridad, el medio ambiente, el funcionamiento de la planta o su mantenimiento.

Los estudios HAZOP garantizan

La identificación y posibilidad de corrección de potenciales desvíos de las funciones inicialmente proyectadas

El reconocimiento de los posibles peligros de los equipos y procesos para la seguridad, higiene y medio ambiente

La posibilidad de planificar las acciones encaminadas a mejorar los equipos y los procesos necesarios

Que las medidas tomadas puedan ser auditadas por la dirección de la empresa y las inspecciones de la Administración.

1.3 NORMATIVIDAD

Para la elaboración del diseño rigen la última revisión vigente de los códigos, normas y estándares señaladas por los entes reguladores que se indican a continuación.

NTC	Norma técnica colombiana
EIA:	Electrical Industry Association.
IEC:	International Electrotechnical Commission.
ISA	Instrument Society of America.
NEMA:	National Electrical Manufacturers Association.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
API RP 550:	Manual of Installation of Refinery Instruments and Control Systems.
NEC:	National Electric Code.
ASME:	American Society of Mechanical Engineers.

NFPA:	National Fire Protection Association.
ANSI:	American National Standards Institute
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administration
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
IEEE	Institute of Electronic and Electrical Engineers
ISO	International Standards Organization
SAE	Society of Automotive Engineers

1.4 FUNCIONAMIENTO DE LAS REDES DE GAS NATURAL EN COLOMBIA

En Colombia el gas natural es extraído, transportado y distribuido a través de más de 6100 Km*. de tubería que atraviesa el territorio nacional, desde los campos de extracción, ubicados principalmente en la Costa Atlántica, Santander, Llanos Orientales y Huila, hasta los consumidores finales localizados a lo largo y ancho del país. Ésta red de gasoductos está compuesta por tuberías de transmisión de alta presión, entre los 1200 y 650 psi., y diámetros desde 22” hasta 2” que interconectan los gasoductos troncales con las tuberías de distribución que operan en rangos entre 400, 250 y 60 psi., dependiendo de la aplicación, industrial, domiciliario o estaciones de gas vehicular.

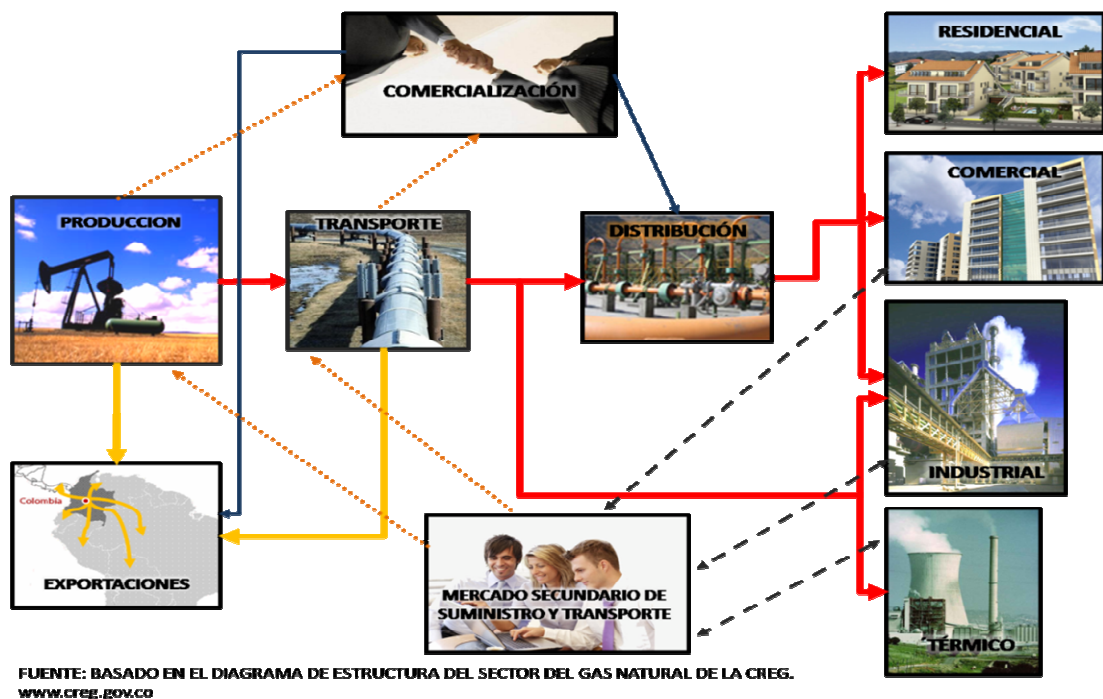
Para el proceso de producción de gas natural, ilustrado en la figura 4, existen normas de funcionamiento que son de indispensable cumplimiento para la prestación del servicio público del hidrocarburo con calidad y de manera confiable y segura, por medio de la Ley 142 de 1994, de las resoluciones de la Comisión de

* Valores tomados de la web del Grupo de Energía de Bogotá
<<http://www.eeb.com.co/?idcategoria=1447> >

Regulación de Energía y Gas (CREG) y el Reglamento Único de Transporte (RUT) se establece un marco regulatorio al cual todas las empresas que trabajan en este sector deben ceñirse.

Estas normas establecen las condiciones e instrumentos para la operación eficiente, económica y confiable del Sistema Nacional de Transporte (SNT) y de los sistemas de distribución a nivel nacional, a su vez facilitan el desarrollo de mercados de suministro, transporte y distribución de gas, además estandarizan las prácticas y terminología para la industria de gas y fijan normas de calidad del gas transportado y distribuido.

Figura 4. Fases de la producción del gas natural



En el proceso de producción de gas natural las etapas de extracción y transporte son las que manejan mayores volúmenes del combustible, sin embargo la etapa de distribución es la más importante debido a que es directamente la prestación de un servicio público y el acceso al mismo por parte de los usuarios industriales, comerciales y domiciliarios se encuentra dentro de la legislación nacional.

Durante la distribución deben adelantarse procesos de adecuación del gas, tales como la filtración, regulación y odorización, de tal manera que se cumplan con los requisitos de calidad del gas y este pueda llegar a los consumidores finales. Junto con estos procesos se deben realizar mediciones de presión, flujo, temperatura, humedad, poder calorífico y porcentajes de presencia de otros elementos asociados al proceso de extracción, las cuales son de gran importancia en la transferencia de custodia por parte del transportista al distribuidor, adicionalmente la medición es necesaria para efectos de supervisión, control y cuantificación del combustible durante el proceso de distribución.

1.5 LA RED DE CUSIANAGAS

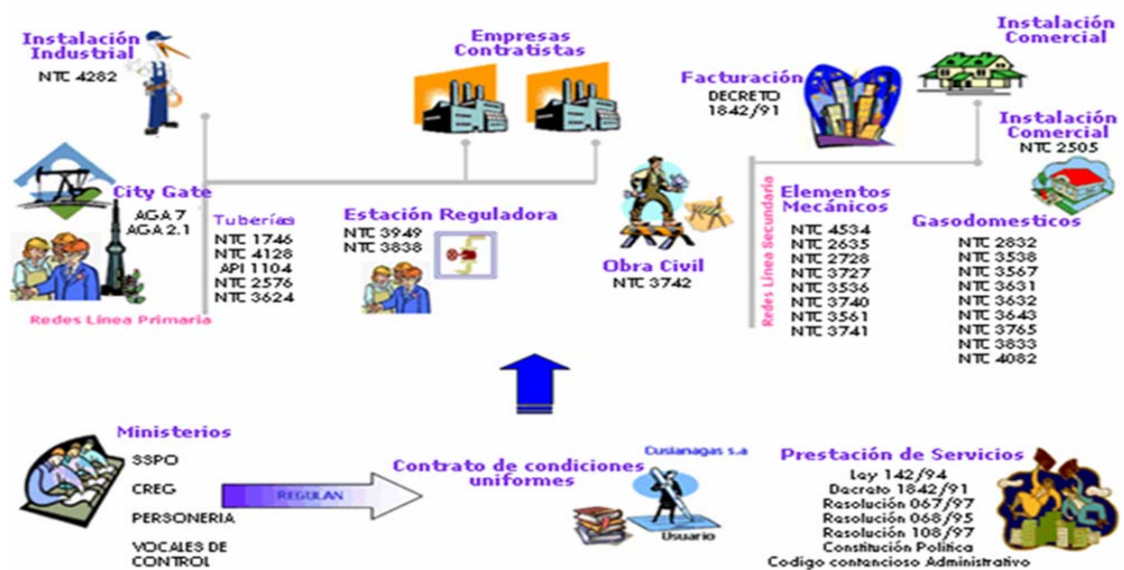
1.5.1 Principios de funcionamiento

Gases del Cusiana S.A. E.S.P. como distribuidora para el Casanare no es ajena a la legislación nacional colombiana por tanto fundamenta el funcionamiento de sus redes de gas en la ley 142 de 1994 de prestación de servicios públicos y se acoge a la resolución 67 de 1995 de la CREG donde se contiene el código de distribución de gas natural en el cual se definen los derechos y responsabilidades entre los distribuidores, comercializadores y usuarios, además de los criterios de expansión, seguridad y calidad del servicio de distribución.

A su vez tiene como referente la resolución 71 de 1998 de la CREG donde se define la normatividad para la participación de empresas en el subsector de gas

natural, así como todas las resoluciones CREG que dictaminan la distribución y tratamiento de gas, adicionalmente las red de distribución de CUSIANAGAS se acoge a las normas técnicas colombianas NTC y a normas internacionales como AGA y API en su infraestructura como se indica en la figura 5.

Figura 5. Fundamentos normativos de la red de GASES DEL CUSIANA S.A. E.S.P.



FUENTE: SITIO WEB DE GASES DEL CUSIANA S.A. E.S.P.
<http://www.cusianagas.com>

1.4.1 Composición de la red de distribución de Cusianagas

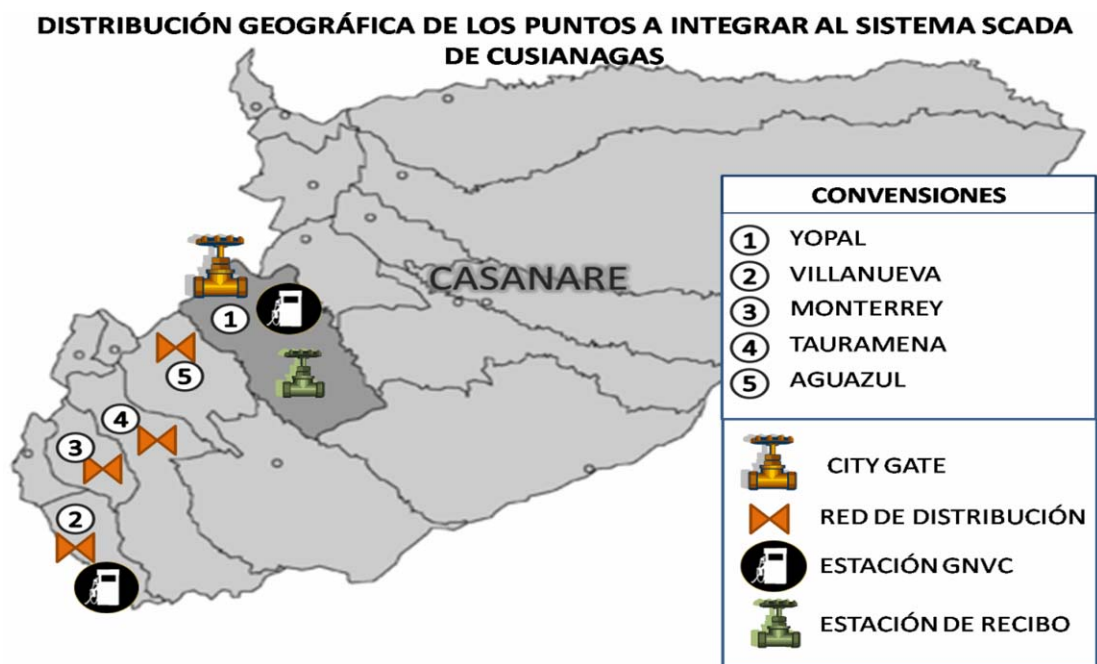
Cusianagas distribuye y comercializa gas natural en 5 municipios del departamento del Casanare, Aguazul, Monterrey, Tauramena, Villanueva y Yopal, como se muestra en la figura 7 su red está compuesta por 1 City Gate* ubicado en Yopal, 2 estaciones de Gas Natural Vehicular Comprimido (GNVC) ubicadas en

* **City Gate:** Ubicación física donde el gas es entregado por transportador a la compañía distribuidora de gas natural.

Villanueva y Yopal, además de una nueva estación de reparto construida para cubrir la demanda creciente del hidrocarburo en Yopal.

Para la distribución de gas natural en estos municipios, excepto Yopal, Cusianagas recibe el hidrocarburo a la Transportadora de gas del Interior (T.G.I. S.A. E.S.P.), aguas debajo de las estaciones City Gate, ya regulado, medido, odorizado y filtrado, listo para distribuir: a 60 psi para distribución domiciliaria y a 250 psi para la estación de GNVC en Villanueva, por lo tanto solo fue necesaria la construcción de una estación de recepción, en este caso el City Gate Yopal, el cual constituirá la fase primordial del proceso de integración del sistema de supervisión y control.

Figura 6 Distribución geográfica de los puntos de la red de CUSIANAGAS a integrar al SCADA



FUENTE: LA AUTORA

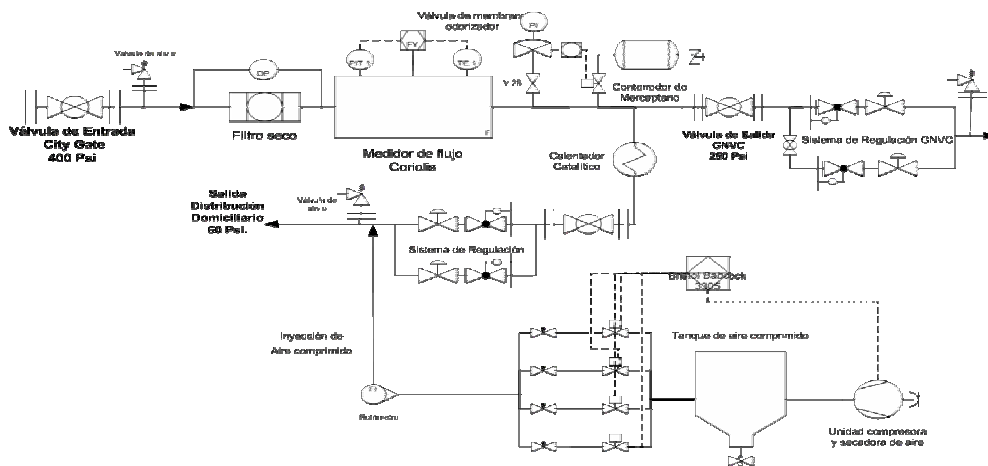
1.5.3 El City Gate de Yopal

Compuesto por los subsistemas de filtración, medición, regulación, odorización y con una derivación para suministro de gas natural vehicular comprimido*, el City Gate de Yopal recibe el gas natural proveniente del pozo de Floreña a una presión de 400 psi donde es regulado a 60 psi para distribución domiciliaria y a 250 para la estación de GNVC Yopal.

Adicionalmente en la estación City Gate se realiza el proceso de reducción del poder calorífico del gas mediante la inyección de aire comprimido, este proceso cuenta con un sistema de dosificación que es controlado por una RTU configurada para controlar el cierre y apertura de válvulas solenoides que permiten el ingreso del inerte al sistema de distribución.

Dado que el City Gate concentra los equipos más importantes de la red de distribución de gas natural de CUSIANAGAS, es de suma importancia ejercer un control supervisorio del sistema ya que cualquier fallo en el mismo afecta el suministro oportuno de combustible en el municipio de Yopal.

Figura 7 Diagrama de procesos del City Gate Yopal



* GNVC: Gas Natural Vehicular Comprimido

1.5.4 Infraestructura de Cusianagas

Durante la visita de obra se recogió la información de los elementos que conforman las instalaciones de Cusianagas los cuales serán básicos para definir el diseño del sistema SCADA. Se hace énfasis en la infraestructura del City Gate de Yopal ya que este corresponde a la primera fase de integración del SCADA.

Debido a la cercanía de la estaciones con el casco urbano, todos los puntos existentes para integrar al sistema SCADA, cuentan con suministro comercial de energía, disponibilidad de instalación de servicio de internet, así como con la cobertura de red celular para realizar la transmisión de datos.

A continuación se listarán los elementos correspondientes a la primera fase de integración junto con la evaluación de su estado actual.

Tabla 4 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (FILTRADO)

SISTEMA DE FILTRADO PARA ALTA PRESION				
ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	ESTADO
1	FILTRO BRIDADO 2" ANSI 300	Conexión a proceso: Brida 2" RF. MAOP*:1250 psig Válvula de drenaje manual de condensados. Válvula de alivio por alta presión: 1250 psig. KLEANLINE 2" FLANGED, Elemento Filtrante referencia: 78155P017,Gasket: 52539P004 MARCA: AMERICAN METER Rango efectivo: 0,015 psi to 5802 psi Marca: Siemes	1	Funcionamiento correcto

* MAOP: "Maximun Operation Pressure" (Presión máxima de operación)

Tabla 5 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (SISTEA DE MEDICIÓN)

SISTEMA DE MEDICIÓN CORIOLIS				
ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	ESTADO
2	ELEMENTO SENSOR	MARCA: KROHNE OPTIMAS MFM T25 ANSI 600/BRIDAS RF Clasificación: Clase 1 Div 2 Salida: pulsos/4-20 mA. para flujo másico	1	Funcionamiento correcto
3	COMPUTADOR DE FLUJO	Marca: Thermo Electrón Modelo: Auto Pilot Principio asociado: Coriolis. Puerto de comunicaciones: RS232 Protocolos: Modbus / BSAP Entradas: Pulsos / 4-20 mA	1	Funcionamiento correcto Integrable al Scada
4	TRANSMISOR DE PRESIÓN	Rango de operaciones 0 a 1500 psig Clasificación: Clase 1 Div 2 Salida: 4 - 20 mA/HART Transmisor 3051 Rosemount	1	Funcionamiento correcto Integrable al Scada
5	TRANSMISION DE TEMPERATURA	TRANSMITTER 3144P ROSEMOUNT PT 100 + RTD PT100 SERIES 68 (4 hilos con termopozo) protocolos: Hart, Foundation Fieldbus rango de operación: - 40° a 185° F (-40 a 85°C)	1	Funcionamiento correcto Integrable al Scada

Tabla 6 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (SISTEMA DE ODORIZACIÓN)

SISTEMA DE ODORIZACIÓN				
ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	ESTADO
6	SISTEMA DE ODORIZACIÓN NJEX 7300G	Máx. salida de odorizante: 1.76 galones/día (6.7 litros/día) MAOP: 1440 psig (99.28 Bar (g)) Temperatura de operación: 0 a 140F (17º a 60ºC) Alimentación eléctrica: SPS-12 Panel solar, std. LPS- 120/240 volts. Cagador AC 50/60 Hz Reserva de Batería: Aproximadamente 30 días Señal de entrada Rata de flujo de gas: 1-5 VDC, 4-20 mA o Pulsos Protocolo: Modbus RTU y ASCII Puertos de comunicaciones: 2 RS 485	1	Funcionamiento correcto Integrable al Scada

Tabla 7 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (SISTEMA DE REGULACIÓN)

SISTEMA DE REGULACIÓN				
ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	ESTADO
7	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	TRANSMITTER 3144P ROSEMOUNT PT 100 + RTD PT100 SERIES 68 (4 hilos con termopozo) protocolos: Hart, Foundation Fieldbus rango de operación: - 40º a 185º F (-40 a 85ºC)	1	Funcionamiento correcto Integrable al Scada
8	REGULADOR	REGULADOR EZR DE ACCION DIRECTA 2" Marca: Fisher 627/ 627H Etapa única 400 psig/60 psig	2	Funcionamiento correcto
9	VALVULA DE CIERRE DE EMERGENCIA	SLAM SHUT 2" BM 5/50 Conexión a proceso: Brida 2" RF. Corte por alta presión ajustable: 30-150 psig por alta presión. ANSI 600 Pilotos: OS/80X-APA-D Micro interruptor para posición de cierre: XCW-F110 EEX D II C T6 a prueba de explosiones.	1	- Funcionamiento correcto - Parcialmente integrable al SCADA - Requiere actuador para convertirse en ESDV

Tabla 8 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (INYECCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO)

SISTEMA DE INYECCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO				
ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	ESTADO
10	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	Tanque de almacenamiento cilíndrico posición vertical Capacidad física de 2 m ³ . Drenaje en la parte inferior de ½". Válvula de seguridad en la parte superior Válvulas de entrada y salida de aire de 1"	1	Funcionamiento correcto
		Indicador de presión manométrico		
11	UNIDAD COMPRESORA y SECADORA DE AIRE	Marca Atlas Copco Modelo GA11FF Acople directo Tablero de control Elektronikon II, Serial API 300271 Motor Siemens 15 HP, 36/18 A., 220/440 V.	1	Funcionamiento correcto Integrable al Scada
12	SITEMA DE FILTRADO	Filtros Atlas Copco DD32 y PD32 coalescentes para protección general atrapa agua líquida y aceite hasta 0,01 mg/m3 (0,01 ppm y partículas hasta 0,1 micras)	2	Funcionamiento correcto
13	SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	Sistema de tuberías en acero inoxidable cabezales de 1" Válvulas de seccionamiento.	1	Funcionamiento correcto
		Brazos reguladores independientes con filtros y reguladores de presión de 1" marca ASCO.	2	
		Brazos con válvulas reguladoras de caudal (Ajuste manual) Control: válvulas solenoide, marca ACSO, alimentadas a 110 voltios de ½"	4	
		Rotámetro con salida de ¾" Medidor de caudal.	1	
14	SISTEMA DE CONTROL	RTU-3305 Bristol CPU 80 C 186, 12 MHZ, 2 puertos RS-232 1 puerto RS-232/485 Alimentación 24 VDC Protocolo BSAP, Modbus.	1	Funcionamiento correcto Integrable al Scada
		Fuente de alimentación a 24 VDC.	1	
		Breakers de arranque manual para las electro válvulas	4	
		Breaker de alimentación regulada de 110 VAC	1	
		Relevos activadores de las electro válvulas	4	
		Entrada disponible para señales electrónicas.	1	
		Riel para conexiones		
Gabinete nema 4	1			

Tabla 9 INVENTARIO CITY GATE YOPAL (REGULACIÓN GNVC)

SISTEMA DE REGULACION PARA GNVC				
ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	ESTADO
15	REGULADOR	REGULADOR DE FLUJO AXIAL Conexión a proceso: 2” ANSI 300 Capacidad de flujo nominal: 250 KPCED Ó 10.4 KPECH Capacidad de flujo máx.:400 KPCED ó 16.7 KPECH Etapa única 400 psig/250psig	2	Ok Funcionamiento correcto
16	VALVULA DE CIERRE DE EMERGENCIA (ESDV*)	SLAM SHUT 2” BM 5/50 Conexión a proceso: Brida 2” RF. Corte por alta presión ajustable: 30-150 psig por alta presión. ANSI 300 Pilotos: OS/80X-APA-D Micro interruptor para posición de cierre: XCW-F110 EEX D II C T6 a prueba de explosiones. Rango efectivo: 0,015 psi to 5802 psi MARCA: SIEMES	2	- Funcionamiento correcto - Parcialmente integrable al SCADA - Requiere actuador para convertirse en ESDV

De la anterior relación de dispositivos se tiene que todos los 16 ítems son compatibles para la integración al sistema SCADA, sin embargo, para que el City Gate opere de forma mucho más segura existen tres válvulas que deberían funcionar como válvulas de seguridad (ESDV), por tanto estas deberían contar con actuadores configurados para válvulas que operan normalmente abiertas con control remoto para el cierre y manual para apertura.

*ESDV Abreviatura en inglés para “Emergency shut down valve” que traduce, válvula de cierre de emergencia

2. PARAMETROS DEL SISTEMA SCADA DE CUSIANAGAS

Con el propósito de realizar los trabajos del diseño que competen a la ingeniería conceptual del Sistema SCADA se definirá la funcionalidad del gasoducto de Cusianagas, sin embargo no se fijaran valores de operación para las variables del sistema, toda vez que esto compete a la ingeniería de detalle y debe tener como fundamento el estudio HAZOP el cual garantice la operación segura de las estaciones a integrar al SCADA

Conjuntamente se establecerán requisitos del sistema de supervisión y control a nivel software y hardware, así como los criterios de diseño más relevantes para el SCADA y las condiciones que debe cumplir el sistema de comunicaciones de tal manera que brinde el soporte necesario para la red.

2.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

De común acuerdo con CUSINAGAS se fijaron los aspectos que deben ser contemplados a la hora de realizar el diseño del sistema SCADA, los cuales serán presentados a continuación.

2.1.1 Integración por fases

Como primera medida se decidió ir realizando la implementación del sistema por fases, es decir que los puntos del sistema serán integrados paulatinamente de acuerdo con el plan presupuestal de Cusianagas, con esto se quiere lograr la escalabilidad del sistema.

2.1.2 Funcionalidad de la red de distribución de gas

Alternativas de Operación del sistema

La operación del sistema puede observarse desde diferentes perspectivas, que toman en cuenta parámetros y objetivos diversos. Sin embargo, todas las alternativas deberán llevar al sistema a un manejo seguro, confiable y económicamente viable.

Estados de la operación

La operación de la red o algunos de sus componentes puede verse en tres estados:

Arranque.

Estado estable y

Parada.

Operación de arranque: En esta etapa se generan las secuencias previas al inicio de la operación de una estación. Esto incluye, para el caso de la operación de una Estación de Recibo o Estación de Entrega, la verificación de todos los componentes autónomos o controlados por la RTU, la verificación del estado de las válvulas reguladoras, los puntos de ajuste de todos los sensores, la disponibilidad de las válvulas de bloqueo o shut-off, la disponibilidad de los sistemas de odorización y las respuestas de cada uno de los elementos conectados al sistema principal de control local. La operación de arranque no será permitida si alguno de los elementos que componen una estación presenta fallas o inconsistencias, incluyendo la RTU. La autorización del arranque de la estación sólo podrá ser enviada desde el sistema de control local de la estación.

Operación estable: Durante esta etapa, se hace verificación permanente de todos los subsistemas que componen tanto la red, como las estaciones particulares, debido a la jerarquización del control inherente en un sistema SCADA, las estaciones llevan a cabo una estrategia de control local, mientras el sistema central lleva una estrategia de control global. Las variables que utiliza cada una de ellas serán diferentes, igual que las acciones de control. Igualmente los rangos que maneja el control local serán diferentes de los que maneja el control global. Las alarmas se generan en la medida en que los valores de las variables medidas se acercan o sobrepasan los límites de los rangos permisibles. La operación deja de ser estable en el momento en que una variable considerada crítica, sobrepasa los valores de rango permisibles, es decir, cuando se presenta una condición de parada. No toda alarma lleva al elemento o al sistema a una condición de parada. Mientras no exista una condición de parada, el sistema se considera en estado estable.

Operación de parada: En esta etapa, los sistemas de control generan las secuencias para que el sistema o uno de sus componentes detengan su operación. Todas las secuencias deberán ser seguras, con el fin de evitar daños en el sistema y los equipos que lo conforman. Esto es aplicable tanto localmente, como en el nivel central de la jerarquía.

Estrategias de operación

La operación del gasoducto requiere del conocimiento a través del tiempo de variables dinámicas, relacionadas con la administración y operación de todo el sistema; algunos de los procesos que tienen impacto en el manejo de la red se listan a continuación:

- Horarios de despacho.
- Inventario de masa.
- Inventario de energía.
- Análisis estadístico de la operación.
- Análisis prospectivo de la operación.
- Supervisión.
- Mantenimiento de la línea y estaciones.

Las categorías antes mencionadas no deben ser necesariamente realizadas sobre una base de tiempo rígida. Toda la operación dependerá de la estrategia definida (normalmente por el Centro Principal de control CPC), que deberá tomar en cuenta los parámetros señalados y otros más; para ello deben generarse políticas generales y programas de cumplimiento de la demanda. Todas estas tareas se relacionan sobre la base de una estrategia común. El sistema SCADA permite llevar a cabo el desarrollo de la estrategia, sin que sea un prerequisite para su cumplimiento

2.1.3 Funcionalidad del sistema de supervisión y control

El sistema estará compuesto por dos partes fundamentales: El sistema de comunicaciones y el sistema SCADA.

El sistema de comunicaciones debe estar en la facultad de prestar la doble función de:

- Brindar un canal de transmisión de datos al sistema SCADA desde cada nodo conectado hasta el Centro Principal de Control (CPC) y viceversa.
- Con tal objeto el sistema debe brindar la disponibilidad de frecuencias de comunicación que garanticen confiabilidad y capacidad necesaria, de

acuerdo con el volumen de datos y la velocidad con que se requiere sean transmitidos.

Garantizar comunicaciones, para labores de mantenimiento y operación del sistema, desde cualquier estación de Cusianagas incluyendo las vías de acceso empleadas hasta el centro de control y a cualquiera de las estaciones con sistemas de comunicación fijos.

Por su parte el sistema SCADA tendrá las siguientes funciones generales:

Monitorear y registrar continuamente, en las estaciones conectadas al sistema, el estado de las variables de proceso a partir de la instrumentación de campo.

Verificar continuamente el estado de las estaciones conectadas y sus elementos componentes.

Conformar una base de datos históricos, que incluirá todas las estaciones del sistema, incluyendo las estaciones enlazadas en tiempo real y todas las demás, cuyos datos serán adquiridos en el campo mediante computadores portátiles.

2.1.4 Criterios de diseño de sistemas SCADA

De acuerdo con la revisión de criterios para el diseño de sistemas Scada*, se definen factores como la seguridad, disponibilidad, confiabilidad, Robustez, versatilidad, mantenibilidad y escalabilidad como los parámetros más influyentes

* Sistemas SCADA 2nda Edición, Capítulo1, numeral 3

para dictaminar la capacidad de reacción de un sistema ante situaciones inesperadas.

Para el caso específico de Cusianagas en el diseño y la operación del sistema SCADA se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Seguridad.
- Confiabilidad.
- Disponibilidad.
- Versatilidad.
- Escalabilidad

Seguridad

Todo el proceso y su control deberán estar diseñados con las seguridades mínimas que garanticen la protección de personas y las instalaciones. Con este fin, cada una de las partes que componen el proceso deberá estar protegida por un conjunto de enclavamientos localizados en los equipos de control locales. Cada uno de los enclavamientos debe generar secuencias alternas para la operación.

La función del operador en cualquier sistema de enclavamientos deberá estar restringida a la preparación del equipo para el arranque y la acción de un comando de "reset", arranque o parada, cambios en puntos de disparo o puntos de ajuste. El operador (se entiende por operador alguien diferente al configurador del sistema de control) no debe tener la posibilidad de cambiar enclavamientos, alarmas, secuencias o registros. El sistema de control deberá registrar todas las acciones, cambios o alarmas generadas por un operador.

Toda acción tomada por un operador deberá tener un respaldo en software con las validaciones necesarias para minimizar la posibilidad de error.

Toda alarma, igualmente deberá ser registrada por el sistema de control central y anunciada por el mismo.

Los sistemas de control central y locales deberán tener capacidad para realizar paradas de emergencia provocadas por condiciones de riesgo en el proceso. Las condiciones de parada deberán ser definidas por un estudio de HAZOP. Basándose en ese estudio, se generarán las secuencias de parada de emergencia de seguridad que deben desencadenarse ante hechos o situaciones de riesgo.

Confiabilidad

Una falla en un elemento de la red no deberá provocar una caída general del sistema, el sistema debe soportar diferentes niveles de falla que, en caso de presentarse, no deberá permitir que todo el sistema colapse.

Los datos del sistema SCADA deberán corresponder a los datos físicos reales del sistema de distribución del gas y deberán realizar sus funciones de manera predecible.

Los sistemas de la infraestructura de distribución de CUSIANAGAS objeto de diseño tendrán una confiabilidad del 99.98%.

De acuerdo a los requisitos expuestos en confiabilidad se utiliza la función exponencial que describe el tiempo en línea de la aplicación integrada como se indica a continuación:

$$C_o = e^{\frac{-t}{t_o}}$$

Donde,

t Tiempo fuera de línea o parcialmente fuera de línea de la aplicación integrada.

C_o : Factor esperado de confiabilidad en un año.

t_o : Tiempo en línea de la aplicación sin presentar inconvenientes tales como pérdida de la capacidad de control, datos erróneos o insuficientes, o incapacidad del operador para visualizar variables o acceder a reportes.

El tiempo en línea no tiene en cuenta la parada de mantenimiento reglamentaria en la cual el ente encargado de la manutención del sistema debe encargarse de verificar aspectos tales como: calibración, revisión de sistemas informáticos, verificación y mantenimiento mecánico, y todos aquellos derivados del estudio de mantenimiento específico para las unidades funcionales de la planta.

En un año para una confiabilidad del 99.8%, el tiempo en el que el sistema está fuera de línea es de 1.749 minutos para un tiempo de operatividad de 8748 minutos.

Al final del año se deben revisar los reportes de tiempo en línea de la aplicación, el factor de error admisible es de un 1% al esperado, si esto no se cumple el esquema de mantenimiento debe ser replanteado de acuerdo a un estudio de los problemas particulares que generaron el error en la confiabilidad esperada

Disponibilidad

La disponibilidad de un sistema puede expresarse de la siguiente manera:

$$D_o = \frac{t_o}{t_o + t_p}$$

Donde:

D_o Es la disponibilidad operativa del sistema

t_o Es el número de días que el sistema opera normalmente

t_f Es el número de días en los que el sistema está fuera de servicio.

Es deseable que el valor de t_f sea el menor posible; sin embargo, para aquellos elementos con un valor de t_f alto, es conveniente contar con un conjunto de repuestos disponibles y gran facilidad de sustitución. En el diseño se debe tener en cuenta seleccionar una tecnología que permita la sustitución fácil de cualquier componente para obtener valores bajos de tiempo fuera de servicio.

La disponibilidad de los sistemas será del 99.86%, lo cual significa un máximo de 12 horas al año de tiempo fuera de servicio.

Versatilidad

El sistema deberá ser capaz de soportar los diferentes estados de las estaciones, tanto para sus etapas de arranque, parada como para su estado estable, en todos los niveles de control y tomando en cuenta todas las estrategias de operación, que involucran el inventario de gas recibido y los consumos a través del tiempo.

Los diferentes sistemas de jerarquías superiores, deberán generar las estrategias de control que permitan que el sistema se mantenga estable y el suministro pueda ser asegurado. Las jerarquías superiores del SCADA, si bien generan la operación del sistema de distribución del gas mismo, no necesariamente alimentarán con información automáticamente generada las estrategias de control en el tiempo. Esta información deberá poder ser introducida de manera automática o manual al sistema y éste deberá ser capaz de tomar las acciones de control que permitan un manejo apropiado y seguro de toda la red.

El sistema SCADA es insuficiente para realizar todas estas actividades de manera aislada y por sí solo, razón por la cual el flujo de información de inventarios y modelamiento dinámico deberá ser suministrado por algún medio externo. El sistema deberá ser abierto para poder recibir información externa, incluyendo aquella proveniente de las estaciones no conectadas en tiempo real y enviar información a otras aplicaciones que la requieran. Por lo tanto, deberá tener conectividad con aplicaciones, utilizando para ello estándares internacionales reconocidos.

Escalabilidad

El sistema deberá tener capacidad de ampliación y actualización para nuevos puntos de monitoreo, nuevas herramientas o prestaciones ofreciendo:

- Espacio disponible para instalación de nuevos equipos
- Capacidad de equipo informático (memoria, procesadores, alimentaciones, etc.)
- Capacidad del sistema de comunicaciones donde se tienen en cuenta aspectos de limitaciones de infraestructura de comunicaciones, protocolos que maneja la red, tiempos de pregunta y respuesta.

2.1.5 Contenido del sistema SCADA

Con el fin de cumplir con los parámetros de funcionalidad descritos en este documento, y partiendo de la instrumentación definida para los puntos de la red, el diseño del sistema debe constar de los siguientes subsistemas:

Unidades terminales remotas (RTU).

Enlace de las unidades terminales remotas con el centro de control (WAN).

Computadores de recepción (Host Computers).

Red de área local (LAN).

Adecuación física de un edificio para el Centro de Control Principal del sistema SCADA.

Software de control y supervisión SCADA.

Suministro de las consolas de operación.

Software de Aplicaciones.

2.1.6 Requisitos del Software de supervisión:

El software de supervisión debe ser fácilmente configurable, así mismo debe presentar la información al usuario sobre el estado y el diagnóstico del sistema de forma amigable, como también herramientas de ayuda para resolver problemas.

A nivel técnico el software debe permitir:

Al menos 200 Tags para almacenamiento de información.

Capacidad de Control

Capacidad de desarrollo sobre el software

licencia de desarrollo

Impresión de reporte en impresoras en RED

Instalación de drivers de actualización

Manejo de protocolos Modbus Ethernet – Modbus RTU

Operatividad en sistemas Windows XP y Vista

A nivel operativo el software debe desplegar en isometría todas las vistas del City Gate, incluyendo su instrumentación parametrizada en áreas según los planos de la ingeniería de detalle, las alarmas y su filosofía deben ser idénticas a las propuestas por el estudio HAZOP de la estación.

El software recomendado para el desarrollo de esta aplicación es:

iFIX V 4.5

InTouch Wonderware 6

Delta V HMI

NiLookout 6.1

2.1.7 Funcionalidad HMI (Human Machine Interface)

La Interfaz gráfica debe ser amigable con el operador, debe permitir navegar fácilmente a través de la aplicación y debe proporcionar la información del sistema de forma clara y fácilmente identificable. Por su parte el software debe poseer niveles de seguridad de protección para prevenir accesos de personal no autorizado y/o modificaciones no aprobadas sobre la configuración. Para este propósito se deben generar contraseñas que limiten el acceso a la red según los niveles de acceso:

Solo lectura: No puede cambiar parámetros

Nivel de operador: Acceso para leer despliegues y ajustar parámetros de proceso

Nivel de técnico: Acceso a todas las funciones de operador orientadas a funciones de ingeniería.

Nivel de ingeniería: Pleno acceso.

La estación de operador tendrá acceso a las entradas y salidas a través de etiquetas únicas (TAG). Las etiquetas deberán ser programables y deben permitir el uso de 16 caracteres alfanuméricos. Todas las descripciones deberán utilizar el idioma español.

2.1.8 Despliegue de datos

Los despliegues de grupo estarán disponibles para presentar información operacional de por lo menos ocho puntos por grupo.

El despliegue de detalle debe estar disponible para todos los puntos que tengan etiqueta, independientemente de su localización dentro del sistema:

Todos los indicadores de estado de alarma para un punto deben ser incluidos en despliegues pre-configurados incluyendo los módulos colocados en los gráficos del usuario. Tales indicadores deben aparecer como sigue:

Tabla 10 Tabla de configuración de alarmas según estado

ESTADO	CONFIGURACION
Normal	Color configurado no centellante
Alarma presente no reconocida	Caracteres blancos en fondo rojo; luz centellante
Alarma presente, reconocida	Caracteres blancos en fondo rojo, luz no centellante

FUENTE: SISTEMAS SCADA 2da EDICIÓN, CAPITULO GUÍA DE DISEÑO HMI

Después que la alarma ha desaparecido, pero antes que la alarma sea reconocida. El despliegue de la alarma debe ser del color configurado con luz centelleante

Se debe disponer de grupos de alarmas en los cuales los puntos pueden ser listados de acuerdo con el área del proceso.

El despliegue del resumen de alarmas debe dar la lista de las 500 alarmas más recientes. Debe incluir la hora de ocurrencia y el estado reconocimiento. El formato de este despliegue debe ser idéntico al despliegue de grupo.

Los despliegues gráficos deberán llenar los siguientes requerimientos:

- Despliegues gráficos a color.
- Quince colores mínimo más negro.
- Campos activos por gráfico.
- Datos de campo y tamaños de variables dinámico.
- Intensidad variable.
- Destellos ó centelleo.
- Control del color del fondo y del primer plano, de la intensidad de cualquier objeto ó campo de datos.
- Superposición de campos sin interferencia.
- Ancho y altura de las barras de indicación dinámicamente variable.
- Acceso directo desde otro despliegue.

La configuración de las teclas de función debe ser posible mediante despliegue gráfico.

2.1.9 Despliegues gráficos:

Las siguientes funciones deben estar activas para el despliegue de gráficos:

- Recuadros (target) en pantalla para iniciar la generación de informe ó los programas de aplicación.
- Página hacia adelante y hacia atrás.
- Recuadros sobre pantalla para llamar directamente los despliegues.
- Acceso directo a los puntos presentes en los despliegues.
- Acceso directo a los despliegues asociados.

2.1.10 Eventos y alarmas

El software de supervisión debe incluir despliegues para el monitoreo categorizado de eventos a través de los cuales el operador pueda reconocer los

500 eventos más recientes. Los siguientes tipos de eventos deben ser consignados en listas individuales:

Cambios de estado

Alarmas.

Errores de diagnóstico y fallas del sistema.

Los eventos deben ser insertados en orden de ocurrencia.

El software de supervisión debe permitir el despliegue, en el tiempo real, de un informe seleccionado.

El software de supervisión deberá presentar despliegues de diagnóstico, que estén a disposición del operador en tiempo real, sin cambiar el modo de la estación de operador y sin la carga de ningún programa especial. Estos despliegues presentan una vista general del sistema de control o componentes individuales. Los ítems de este despliegue son tratados como puntos de alarma y una función de reconocimiento debe estar asociada a cada uno. Un número de despliegues permitirán el resumen de la siguiente información de comportamiento:

- Tráfico del bus de datos incluyendo la capacidad no usada y el tiempo libre.
- La utilización del equipo controlador incluyendo la memoria no usada y el tiempo de procesamiento.
- Los errores de diagnóstico.
- Las fallas de sistema

El software de supervisión debe presentar despliegues del tipo resumen para las estaciones de operador en tiempo real. La información debe ser presentada en una forma ordenada, preferiblemente en secuencia alfa numérica por el nombre de la etiqueta (TAG). Se debe tener acceso directo a cualquier punto listado en el resumen

Todos los puntos dinámicos y sus referencias en la base de datos deben ser accesibles para ser desplegados en la pantalla y en la impresora, cuando se solicita, desde un archivo de configuración de despliegues.

Los informes, el anuncio y el monitoreo de alarmas deben ser función de la estación del operador. La estación de operador debe desplegar los estados de alarmas vigentes.

La ocurrencia de una alarma debe conllevar los siguientes resultados:

- Anuncio audible
- Generación de un registro de eventos
- Cambio de color y destello de los indicadores del estado de alarma incluyendo, Grupos, Detalles, Vistas generales y Lista de alarmas.
- El anuncio de alarmas debe continuar hasta que la acción de silencio se lleve cabo.
- El anuncio no debe cesar por el retorno del punto de alarma a estado normal.

En el momento de reconocimiento de la alarma las siguientes acciones deben ocurrir:

- Los bits de reconocimiento de la alarma del punto desplegado se deben resetear
- El centelleo de estos puntos se debe interrumpir.
- Un registro de reconocimiento debe entrar al registro de eventos.
- No se deben modificar otras alarmas no reconocidas.

Después del retorno a estado normal de los puntos en alarma, los siguientes eventos deben ocurrir:

- El bit del estado de alarma debe ser reiniciado.
- El punto debe ser removido del resumen de alarmas.

El sistema debe tener acceso a la identificación de despliegues de alarmas por medio de una tecla de función.

El anunciador audible debe tener tonos programables y control de volumen.

El software de supervisión del HMI debe crear registros de eventos en categorías apropiadas:

- Alarmas.
- Cambios realizados por el operador.
- Fallas del sistema.
- Errores del sistema.

2.1.11 Sistema de comunicaciones

Este sistema debe estar enfocado para lograr los requerimientos del sistema SCADA con respecto a disponibilidad del sistema y la capacidad de transporte de datos (volumen de datos y la velocidad de transmisión), por lo tanto este debe involucrar aquellos elementos necesarios para brindar soporte de comunicaciones a las funciones operativas, de mantenimiento y administrativas relacionadas con la operación general de los gasoductos que componen la infraestructura de distribución de CUSIANAGAS.

Las comunicaciones serán de dos tipos:

- a) Comunicaciones de enlace con las estaciones.
- b) Comunicación con el Centro Principal de Control (CPC).

En el diseño del sistema SCADA se incluye la ingeniería de comunicaciones con todos los estudios requeridos para la correcta operación de los diferentes subsistemas.

3 PROPUESTA DE DISEÑO

El diseño de la red SCADA se propone con el objeto de proporcionar al operario una herramienta de control supervisorio de la infraestructura de distribución de gas natural. Ajustándose al plan presupuestal de Cusianagas se concibe un diseño por etapas, en el cual se ve reflejada una de las propiedades más importantes que debe tener un SCADA, la escalabilidad, por tanto se estudió en orden de importancia de los puntos integrables al sistema, y se concluyó, como se documentó en el primer capítulo, que el City Gate Yopal es un punto neurálgico que requiere monitoreo y control de forma prioritaria.

Trabajando entonces en el orden de prioridades, se exponen en este capítulo los elementos necesarios para conformar la red primaria del City Gate Yopal, así como la topología a utilizar y los sistemas de comunicaciones a implementar. Siendo este sistema una solución importante al problema evidente de la falta de supervisión de las válvulas de bloqueo por alta presión (Slam Shut), que se han activado en ocasiones anteriores sin activar ninguna alarma, provocando irregularidades en la prestación del servicio público.

3.1 ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN ASOCIADA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE GAS

El sistema en general cuenta con 4 tipos de estaciones, válvulas en línea, para medición en los municipios en los cuales el gas ya se recibe tratado y listo para la distribución, estación City Gate, encargada de regular y odorizar el gas, estación de recibo, que es una extensión del City Gate montado a 12 km. de este con el objetivo de ampliar la cobertura de distribución, finalmente la estación GNVC la cual opera a 250 psi y se encarga de la comercialización del gas natural como

combustible vehicular. Como la integración del SCADA se hará por fases se hace énfasis en la infraestructura City Gate, por tanto la instrumentación asociada de estas estaciones será analizada con mayor detenimiento en las próximas fases de integración.

De acuerdo al inventario (Tabla 3 a la 6) realizado durante la visita de obra se observa que el City Gate Yopal cuenta con instrumentación apta para la integración al Scada, sin embargo requiere de otras mediciones adicionales, tales como indicadores de estado, presión y temperatura adicionales. Y lo más importante, requiere de la instalación de actuadores para controlar las válvulas de seguridad de entrada y salida del sistema (ESDV).

A pesar de contar con una RTU 3305 de Bristol Babcock que controla el proceso de inyección de aire comprimido y que podría integrar los demás dispositivos, no se encuentran puertos disponibles para realizar este procedimiento, y en el mercado ya no se encuentran módulos de expansión para este dispositivo. Por tanto se recomienda una solución de Emerson Process para el control remoto de operaciones (ROC de la serie 800) la cual tiene compatibilidad con la instrumentación y con el sistema de comunicaciones que se va a proponer.

3.2 VARIABLES A INTEGRAR

En términos generales y según los tipos de estaciones las variables que se manejarán a lo largo del proceso de distribución se consignan en la siguiente tabla:

Tabla 11 Variables preliminares del sistema SCADA

Parámetro	Unidades	Descripción	Tipo de estación
RTU Tag	N/A	Unidad que transmite	Todas
Fecha	AA/MM/DD	Fecha de transmisión	Todas
Hora	HH:MM:SS	Hora de transmisión	Todas
Volumen medido	SCF	Volumen calculado por computador de flujo en pies cúbicos estándar(FPU – Floating point units)	Estación City Gate Estación de entrega
Presión a la entrada	PSING	Presión a la entrada de la estación (FPU)	Estación City Gate Estación de entrega
Temperatura de entrada	°F	Temperatura a la entrada de la estación (FPU)	Estación de recibo Estaciones de entrega
Volumen no corregido	CF	Volumen no corregido por computador de flujo	Estación de recibo Estación City Gate
Volumen odorizante	N/A	Interruptor de nivel tanque de odorizante (bit estado)	Estación City Gate
Válvula de corte	N/A	Estado válvula(bit estado)	Todas
Nivel de filtro	N/A	Interruptor de nivel de filtro (bit estado)	Estación de recibo Estación de entrega
Presión de salida	N/A	Alta presión de salida(bit estado)	Estación de recibo Estación de entrega

FUENTE: LA AUTORA

Tabla 12 Variables preliminares del sistema SCADA (Continuación)

Parámetro	Unidades	Descripción	Tipo de estación
Presión de salida	N/A	Baja presión de salida(bit estado)	Estación City Gaye
Temperatura de salida	°F	Temperatura a la salida de la estación (FPU)	Estación de recibo Estación de entrega
Estado de válvulas	N/A	Estado de válvula(bit estado)	Estación City Gate

reguladoras			
-------------	--	--	--

FUENTE: LA AUTORA

Actualmente Cusianagas enfrenta una serie de inconvenientes debido a la falta de control supervisorio de las válvulas de bloqueo por alta presión que se encuentran en la etapa de regulación del City Gate, por tanto el estado de estas válvulas son una variable indispensable a controlar.

Sin Embargo, todas las variables se establecen de forma preliminar ya que un estudio HAZOP deberá realizarse con el fin de detallar rigurosamente las variables del sistema, sus rangos de funcionamiento y las alarmas que debe tener el mismo.

3.3 EQUIPOS NECESARIOS PARA LA CONFORMACIÓN DE LA RED SCADA

Para la conformación de la red Scada serán necesarios como mínimo los siguientes dispositivos:

- Unidades Terminales Remotas en cada punto a integrar.
- Computador de recepción y operación en configuración hot stand-by.
- Impresora de matriz de puntos para alarmas y eventos.
- Estación de ingeniería y simulación.
- Red de área local (LAN) de alta velocidad.
- Impresora láser para copia dura.
- Unidad de almacenamiento histórico.
- Disco óptico de lectura escritura para almacenamiento secundario.
- Módem de comunicaciones (de alta velocidad) para transferencia de información

3.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CAMPO

Para la selección de la instrumentación complementaria del City Gate se tienen en cuenta las siguientes funcionalidades de los subsistemas

Válvulas de Bloqueo

Las válvulas de bloqueo se cerrarán de manera automática cuando la diferencial de presión a ambos lados de ella sobrepase un punto fijado, localmente o desde el centro de control principal.

Igualmente, las válvulas deberán cerrarse cuando la presión a la salida de la estación sea más baja o más alta que un punto fijado en la estación de control remota (RTU), o cuando la RTU detecte una falla en cualquier punto vital para la operación segura de la estación, incluyendo los sistemas de regulación y odorización.

Sistema de Filtrado

El sistema de filtrado contará con un indicador de presión diferencial, conectado a la RTU, el cual detecta que el filtro está colmatado cuando el diferencial de presión es más alto del punto fijado.

Sistema de Regulación de Presión

El sistema de regulación de presión de la estación será redundante, con dos válvulas con puntos de ajuste diferenciados en 10 psi. Estas válvulas serán retroalimentadas y autónomas en su control. Una falla será detectada por la reducción en la presión de salida, que es medida por un transmisor de presión comunicado con la RTU, al presentarse una falla crítica, la RTU bloqueará la estación, e informará al Centro Principal de Control del sistema SCADA.

Sistema de Medición

El sistema de medición tendrá un elemento sensor Coriolis y estará conectado al computador de flujo, este a su vez irá conectado a la RUT que en caso de falla crítica en el sistema cerrará la válvula de bloqueo e informará de manera

inmediata al centro de control. En caso de presentarse una muy alta o baja presión en la salida, la RTU bloqueará la estación, mediante una señal enviada a la válvula de bloqueo. La RTU servirá para almacenamiento de eventos y datos históricos de la estación; esta información histórica podrá ser recuperada por medio de un computador portátil o por solicitud de la estación de control del sistema SCADA.

Sistema de Odorización

El Sistema de Odorización será computarizado e informará de su estado a la RTU a través de su puerto de comunicaciones RS - 485, el cual es compatible con toda la red MODBUS

El sistema contará con señales de auto diagnóstico, nivel de odorizante, interruptor de bajo nivel y capacidad de inyección del odorizante, con comando dependiente de la tasa de flujo de gas, mediante señal de pulsos generada por el elemento sensor de medición.

En caso de falla crítica del sistema, éste informará a la RTU, que a su vez se encargará de cerrar la válvula ESDV y transmitirá la información al Sistema SCADA.

La unidad terminal remota, servirá, adicionalmente, como medio de enlace con la estación maestra del sistema SCADA.

Teniendo en cuenta las funcionalidades descritas tanto en el capítulo dos como al comienzo de esta sección y considerando las características de los dispositivos existentes relacionados en los listados de inventario en el primer capítulo, se realiza la escogencia de los dispositivos complementarios que consolidaran el primer punto del sistema de supervisión y control, como se propondrá en la subsiguiente sección.

3.4.1 Instrumentación complementaria

Para cumplir el objetivo de lograr la trazabilidad deseada para todos los elementos de la estación y en especial las válvulas de bloqueo es necesaria la adquisición de actuadores para las válvulas y de los siguientes elementos:

ROC 809*: Para la concentración de las señales, como elemento de control para todos los dispositivos de campo y para establecer comunicaciones entre el Centro Principal de Control y la estación City Gate se requiere un elemento que ofrezca capacidad de adaptación para crecimiento de la red, buena capacidad de procesamiento, además de compatibilidad para la comunicación con los elementos existentes y nuevos, por tanto se sugiere el controlador de operaciones remotas ROC 809 el cual cuenta a con 1 Puerto Ethernet para Salida MODBUS, 1 Puerto RS-232 para Salida GPRS e interfaz LOI “Local Operator Interface” para configuración, módulos de expansión para entrada y salidas análogas y digitales, las demás especificaciones del dispositivos pueden ser consultadas en el Anexo B.

Figura 8 Controlador ROC 809

* Para mayor descripción del controlador ROC 809 referirse al anexo B hoja de datos de los dispositivos del punto de red, City Gate Yopal



Controlador de operaciones remotas ROC809

FUENTE: CATALOGO ROC 809, EMERSON PROCESS

Transmisores de presión.

Para la escogencia de estos dispositivos se busco que fueran similares o iguales a los existentes en cuanto a compatibilidad de protocolos y a la clasificación de áreas, clase I división 2, por tanto se sugieren los siguientes elementos:

Filtro de Presión Diferencial: Sitrans P DS III, HART, 4-20 mA TRANSMISOR PARA PRESION DIFERENCIAL Y FLUJO PN 32/160, Rango: 0 – 100 inH₂O

Figura 9 Transmisor de presión diferencial



FUENTE: CATALOGO SITRANS DP III, SIEMENS

MEDIDOR DE PRESIÓN MANOMÉTRICA: Para instalar al final de la línea. Rosemount Transmitter 3051S Static Pressure Transmitter Con Manifold, protocolo de comunicaciones HART 4-20mA. Rango: 0 – 1000 PSI

Figura 10 Transmisor de presión estática



FUENTE: CATALOGO 3051S STATIC PRESSURE TRANSMITTER, ROSEMOUNT

Transmisores de Temperatura.

Para instalación después del calentador catalítico y al final de la línea - Transmitter 3144P Rosemount – PT100 + RTD PT100 Series 68 (4 Hilos con Termopozo) - HART 4-20 mA, Rango: 45 – 200° F

Figura 11 Transmisor de Temperatura



FUENTE: CATALOGO 3144P TRANSMITTER, ROSEMOUNT

3.4.2 Selección de equipos de comunicaciones

Con respecto al sistema de comunicaciones es viable implementar la transmisión de datos a través de internet ADSL, esto como se mencionaba anteriormente debido a la cercanía de todos los puntos de distribución al casco urbano donde hay disponibilidad del servicio por parte de Telecom.

Para el sistema de redundancia, existe amplia cobertura de las redes celulares Comcel y Movistar en los cinco municipios donde Cusianagas opera.

Por lo tanto el sistema de transporte queda conformado por un router ADSL proporcionado por la compañía de servicios de internet y un router GPRS Para el transporte de datos desde el City Gate hasta el Centro Principal de Control que brinde soporte a la red celular, y estos mismos dispositivos serán necesarios en los otros puntos a integrar posteriormente.

Figura 12 Router GPRS TELDAT G+



FUENTE: HOJA DE DATOS ROUTER TELDAT G+

Para direccionar correctamente los datos y tener compatibilidad entre la red industrial e internet es necesario un convertidor de protocolos Modbus – Ethernet, el cual encapsula la trama Modbus ASCII ó Modbus RTU convirtiéndola en Modbus TCP, logrando así afinidad de protocolos en la capa de transporte de la red.

Figura 13 Convertidor MODBUS ETHERNET



FUENTE: HOJA DE DATOS, ADAM 4572

3.5 CÁLCULO DE LA NECESIDAD DE ANCHO DE BANDA PARA LA RED DE REDUNDANCIA

El siguiente cálculo solo es relevante para el sistema de comunicaciones GPRS redundante, ya que la red ADSL con un plan mínimo ofrece suficiente ancho de banda para realizar polling cada segundo y así tener un seguimiento bastante frecuente de la estación. Esta supervisión tan rigurosa no es realmente necesaria

ya que el sistema no tiene una sensibilidad tan alta, sin embargo se realiza para efectos de aprovechar al máximo los recursos existentes.

El proveedor de servicios de internet para el departamento del Casanare es Telefónica Telecom con ADSL en los siguientes municipios de Aguazul, Tauramena, Villanueva y Yopal, que son básicamente todos los municipios a los que Cusianagas distribuye gas natural, quedaría pendiente el punto de monterrey el cual puede ser integrado a través de la red de redundancia vía celular.

A continuación se presentan las tarifas mensuales en diferentes planes, adicionalmente hay que tener en cuenta los costos de instalación.

Tabla 13 Planes Internet ADSL

PROVEEDOR	TELEFÓNICA TELECOM
INTERNET ADSL	
ANCHO DE BANDA	PRECIOS sin IVA (16%)
512 Kbps	\$90.000
1000 Kbps	\$115.000
2000 Kbps	\$190.000

FUENTE: TELEFÓNICA TELECOM

Para el cálculo del ancho de banda de la red redundante se debe tener en cuenta que toda la comunicación es Modbus, por tanto se debe considerar la composición del mensaje de este protocolo (Anexo A) para saber la cantidad de bytes ocupados en cada transacción, así mismo se debe conocer el número de registros de la estación para realizar el cálculo del ancho de banda necesario por mes para la realización de polling cada minuto por red GPRS.

Teniendo en cuenta las tablas Modbus de los dispositivos que conforman la red en el Anexo D, se extrajo el número de registros Modbus para el City Gate que se resume de la siguiente manera:

Tabla 14 Registros del City Gate

SISTEMA	NÚMERO DE REGISTROS
CONTROLADOR ROC 890	15
Integración PLC al Controlador	8
Integración computador de flujo al controlador	14

Entonces:

$$Reg \times BM \times T = 592 \text{ Bytes por minuto}$$

Donde

Reg= 37 es el número de registros que maneja la estación

BM=8 es el número de Bytes de la trama Modbus

T=2 Transacciones (pregunta y respuesta)

En un día se requerirán 852480 Bytes, luego en un mes se consumirán:

24.38 MB

Por tanto para el sistema de redundancia se sugiere implementar la transmisión de datos por red celular, ambos proveedores tienen buena cobertura en los cinco municipios con un paquete de datos mínimo de 30MB

En la localidad de desarrollo del proyecto existe cobertura de los operadores Comcel y Movistar quienes ofrecen los siguientes planes de datos:

Tabla 15 Planes de datos de red celular

PROVEEDOR PLAN DATOS	Movistar Precio (COL\$)	Comcel Precio (COL\$)
5 MB	15900	24000 + IVA
10MB	n/a	37000 + IVA
15MB	33500	n/a
20MB	n/a	75000+IVA
50MB	n/a	150000+IVA
ILIMITADO	69500	n/a

FUENTE: BASADOS EN LOS PRECIOS A OCTUBRE DE 2008 DE LAS COMPAÑÍAS DE TELEFONÍA CELULAR, COMCEL Y MOVISTAR

3.6 CONFIGURACIÓN DE LA RED INICIAL

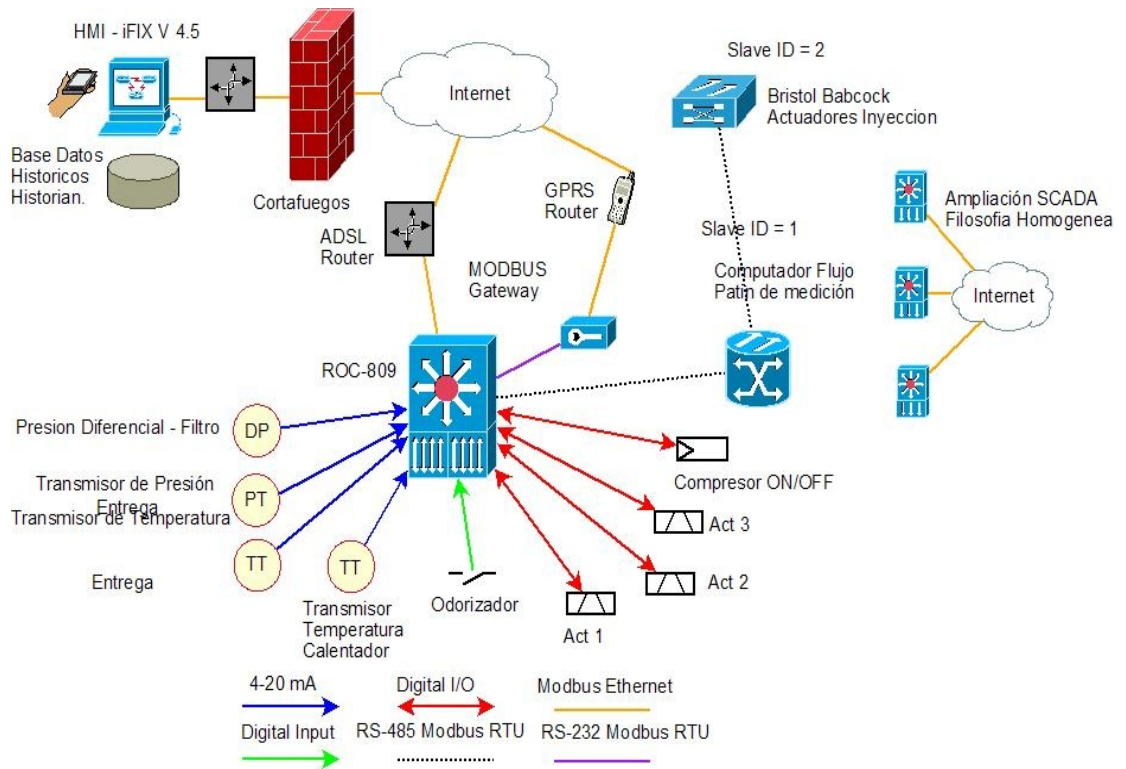
La red inicial será integrada como se muestra en la figura 14 por el controlador ROC 809 Cuyo diagrama de conexionado se puede ver en el anexo C, el cual será el dispositivo controlador de la red inicial del sistema Scada para Cusianagas. En él serán configuradas las variables de operación de acuerdo con los con los rangos definidos en el estudio HAZOP.

El controlador ROC 809 contará con cuatro entradas analógicas compuestas por los indicadores de presión y temperatura, cuatro entradas y salidas digitales conformadas por los tres actuadores y el compresor del sistema de dosificación de aire, una entrada digital que verifica el estado del odorizador, una comunicación serial a través del puerto RS 485 que enlaza el computador de flujo la RTU Bristol Babcock. Como se muestra en la figura 14

Como salida a la red exterior se hace uso de dos sistemas, el principal, una conexión de internet convencional, a la cual se conecta el controlador de operaciones remotas ROC 809 por su puerto Ethernet con un router ADSL que enlaza la red industrial con el centro principal de control (CPC) ubicado en las

oficinas de Cusianagas en Yopal vía internet, y el sistema redundante, utilizando red celular, a la cual se accede mediante el puerto RS 485 que va al convertidor Modbus – Ethernet donde se conecta al router GPRS que se comunica con el CPC a través de la red celular

Figura 14 Red Scada inicial de Cusianagas



FUENTE: LA AUTORA

3.6.1 Configuración del dispositivo de control de operaciones remoto

Para soportar las configuraciones de registros modbus y de adquisición y acondicionamiento de señales en el controlador de procesos ROC-809, se anexa el backup de la configuración tentativa, este archivo de extensión .800 se puede

visualizar mediante el programa Roclinc 800 de la suite de control de Emerson Process,

<http://www.emersonprocess.com/remote/Emerson/products/roclinkFW.html>

El cual por motivos de licenciamiento y propiedad intelectual del software, no se incluye como anexo.

CONFIGURACION MODBUS

Una parte de la configuración de la ROC obedece a la programación referente al protocolo Modbus para establecer comunicaciones con el computador de flujo, el PLC Bristol Babcock y con la red exterior mediante Modbus TCP, con este propósito se generan unas tablas de comunicaciones Modbus para cada dispositivo, las cuales describen el direccionamiento de cada registro.

A continuación se mostrará la tabla para el controlador ROC 809 en modo de esclavo en el cual se configuran todas las variables que se integran a este dispositivo, diferentes del computador de flujo y el PLC; para el resto de dispositivos estas tablas se encontrarán en el anexo D

CONFIGURACION: MODBUS ETHERNET – SLAVE

COM: 1.

SLAVE ID: 1

Idéntica en: MODBUS RTU – RS-232 – SLAVE

VELOCIDAD: 9600 Baudios

PARIDAD: NONE

BIT DE DATOS: 8

BIT DE PARADA: 1

COM: 2

SLAVE ID: 1

Flotantes bit más significativo primero, conversión cero (0).

Holding registers modbus code 3

Tabla 16 Direccionamiento Modbus para indicadores de señal 4-20mA

START ADDRESS	END ADDRESS	DESCRIPCION
7000	7001	PRESSURE DIF FILTER – INH20
7002	7003	TEMPERATURE –PUNTO 7 – Deg F
7004	7005	STATIC PRESSURE – FIN LINEA – Deg F
7006	7007	TEMPERATURE – FIN DE LINEA – Deg F

FUENTE: LA AUTORA

Flotantes bit más significativo primero, conversión cero (0).

Read input coils Modbus code 01

Tabla 17 Direccionamiento Modbus para sistema de dosificación de Aire comprimido

START ADRESS	END ADRESS	DESCRIPCION
14	14	Estado Solenoide 1 – Línea – NC
15	15	Estado Solenoide 2 – Línea – NC
16	16	Estado Solenoide 3 – Línea – NC
17	17	Estado Solenoide 4 – Línea – NC
18	18	Estado Solenoide 1 – Línea – NC
19	19	Estado Solenoide 2 – Línea – NC
20	20	Estado Solenoide 3 – Línea – NC
21	21	Estado Solenoide 4 – Línea – NC
31	31	Estado Compresor

FUENTE: LA AUTORA

Flotantes bit más significativo primero, conversión cero (0).

Force single coils Modbus code 05

Tabla 18 Direccionamiento Modbus para los actuadores de las válvulas de bloqueo y el estado del compresor

START ADRESS	END ADRESS	DESCRIPCION
23	23	Acción Solenoide 1 – Línea - NC
24	24	Acción Solenoide 2 – Línea - NC
25	25	Acción Solenoide 3 – Línea - NC
26	26	Acción Solenoide 4 – Línea - NC
27	27	Acción Solenoide 1 – Línea - NO
28	28	Acción Solenoide 2 – Línea - NO
29	29	Acción Solenoide 3 – Línea - NO
30	30	Acción Solenoide 4 – Línea - NO

FUENTE: LA AUTORA

CONFIGURACIÓN LADDER

La otra parte de la configuración está dada por la programación en lenguaje Ladder del controlador de proceso ROC809, la cual define la rutina y las condiciones para el accionamiento de las válvulas solenoides* de los actuadores de las válvulas de seguridad ESDV que se puede ver en el Anexo E.

3.7 SELECCIÓN DE INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)

Existen en el mercado gran variedad de proveedores que ofrecen software de aplicación para desarrollar la interfaz de usuario tales como Wonderware, i Fix, Intouch, Simatic WinCC, entre otros.

La escogencia del software depende como primera medida de los parámetros de cliente, expuestos en el capítulo 2 los cuales van de acuerdo a las normativas señaladas en la sección de referencia de este documento.

* Las válvulas solenoides consideradas en esta ingeniería son de dos vías en configuración NC – NO presentes en la mayoría de actuadores electro neumáticos comerciales. No se especifica un tipo de actuador puesto que no es objetivo de este documento definir elementos de índole neumático ó mecánico

Adicionalmente, se debe tener en cuenta la plataforma en la que esta aplicación será instalada. Para el caso particular, se requiere una estación de trabajo nueva la cual tendrá como plataforma Windows Vista, por estas razones se recomienda al software de aplicación i Fix 4.5 como adecuado para cumplir los requerimientos.

i Fix 4.5 run time tiene una capacidad de 250 tags con lo cual se garantiza la holgura suficiente para ofrecerle escalabilidad al sistema y así poder seguir con las siguientes fases de integración.

3.8 PROPUESTA ECONÓMICA

En esta propuesta económica se oferta el desarrollo de la ingeniería de detalle y construcción llave en mano, del sistema SCADA fase I destinado a suplir la operación y supervisión del City-Gate Yopal propiedad de CUSIANAGAS, cuyas funcionalidades fueron descritas en los anteriores apartados de este documento.

3.8.1 Contenido de la oferta

- Ingeniería de Detalle del montaje denominado “Sistema SCADA Fase I”, de acuerdo a las definiciones establecidas en los documentos de Ingeniería Básica y Conceptual, suministrados a ustedes por RUIZ RODRIGUEZ LTDA.
- Suministro de equipos y accesorios de acuerdo a los requerimientos establecidos por los documentos de la Ingeniería Básica y Conceptual.
- Suministro de cables, conduits y demás consumibles de instalación y adecuación, de acuerdo a las modificaciones establecidas por la Ingeniería de Detalle, incluida en esta oferta.
- Instalación y configuración de Instrumentos.

- Configuración y montaje de los lazos de control, instrumentación y comunicaciones, descritos en los documentos de la Ingeniería Básica y Conceptual.
- Instalación y programación de los sistemas informáticos HMI, de la planta.
- Capacitación general, con énfasis en la supervisión y control a través del sistema HMI propuesto por las Ingenierías Básica y Conceptual.

3.8.2 Metodología propuesta.

Ingeniería de Detalle.

Para el cumplimiento de la propuesta, los ingenieros de Ruiz Rodríguez y CIA Ltda. se desplazarán al municipio de Yopal, para iniciar los trabajos de la Ingeniería de Detalle, de esa primera visita se generarán los siguientes documentos fundamentales para darle curso formal a la instalación llave en mano.

- Verificación y auditoria de la Ingeniería Básica y Conceptual
- Formato de recepción formal del estudio HAZOP para configuración de alarmas y definición de rangos en las variables de proceso (indispensable para ejecutar correctamente la programación del HMI y de los controladores de proceso).
- Documento de Ingeniería de detalle que cumpla con los siguientes ítems:

Tabla 19 Ítems que conforman la ingeniería de detalle

Planimetrías de cada uno de los sistemas
Planos de instalación (Típicos de cada uno de los dispositivos, tubería y cableado).
Diagrama de conexonado de cada uno de los dispositivos al lazo de comunicaciones.
Típicos de montaje
Distribución de equipos en planta.
Tabla causa-efecto, alarmas y variables
Listado de materiales (conduit, cables, cajas y consumibles).

FUENTE: LA AUTORA

Tiempo en campo: 7 días Ordinarios
Tiempo de desarrollo: 10 días Ordinarios
Tiempo para revisión y aprobación: 3 días Ordinarios
Tiempo Total: 20 días Ordinarios.

Suministro de equipos y accesorios.

De acuerdo a las Tablas expuestas en el ítem de esta propuesta, denominado **“Análisis financiero de la oferta”**, se solicitarán y entregarán los siguientes instrumentos, para los cuales y en los casos en que aplique se proveerán certificados de calibración, pruebas FAT y certificaciones de seguridad industrial.

En caso tal que la ingeniería de detalle en su proceso de auditoria y revisión estime que el listado de instrumentos, controladores y consumibles, esta errado o incompleto, se procederá a un replanteamiento del listado y esto conllevara a una alteración en los costos de obra y suministro. Los equipos dependiendo de su tipo y complejidad, tienen un tiempo medio de despacho que oscila entre 2 y 10 semanas

Construcción y montaje (incluye configuración y programación de dispositivos).

La construcción se iniciara de acuerdo a la llegada de los suministros y al cronograma y planeación propuesto por la ingeniería de detalle. En lo relativo al correcto empleo de recursos humanos, Ruiz Rodríguez y CIA Ltda, se ha distinguido por su compromiso en los temas referentes a la seguridad industrial y ocupacional, por lo cual reiteramos nuestra disposición por cumplir las normativas HSE y de Conservación Ambiental, impuestas por su organización.

Duración: 45 días Ordinarios.

Comisionamiento y Arranque.

La puesta en marcha y seguimiento del sistema se realizara de acuerdo a los parámetros expuestos en la ingeniería de detalle que aseguren el correcto funcionamiento del sistema, la auditoria final se llevará durante un periodo de 7 días ordinarios.

Capacitación.

Se ejecutarán los programas de capacitación y orientación a los operadores e ingenieros inscritos, esta jornada consiste de un adiestramiento teórico, reforzado por la práctica con los equipos propios del sistema.

Duración: 3 días Ordinarios.

3.8.3 Análisis financiero de la oferta.

Tabla 20 Instrumentación complementaria en cantidades de Obra

ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL	Sitrans P DS III Hart, 4-20 mA. Transmitter for differential pressure and flow PN 32/160 con Manifold Rango efectivo: 0,015 psi to 5802 psi MARCA: SIEMENS	1	\$ 3.174.000,00	\$ 3.174.000,00
2	TRANSMISOR DE PRESIÓN	Rango de operaciones 0 a 1000 psig Con Manifold Clasificación: Clase 1 Div 2 Salida: 4 - 20 mA/HART Transmisor 3051S Rosemount	1	\$ 12.500.000,00	\$ 12.500.000,00
3	FUENTE	Weidmuller 24 V DC – DC Single Phase – 5A – 110 -220 V AC Input	1	\$ 1.600.000,00	\$ 1.600.000,00

FUENTE: LA AUTORA

Tabla 21 Instrumentación complementaria en cantidades de Obra (Continuación)

ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
4	TRANSMISION DE TEMPERATURA	TRANSMITTER 3144P ROSEMOUNT PT 100 + RTD PT100 SERIES 68 (4 hilos con termopozo) protocolos: Hart, Foundation Fieldbus rango de operación: - 40º a 185º F (- 40 a 85ºC)	2	\$ 10.000.000,00	\$ 20.000.000,00
5	CONTROLADOR	ROC 809 1 Puerto Ethernet – Salida MODBUS TCP 1 Puerto RS-232 – Salida GPRS 1 LOI – Local Operator Interface	1	\$ 22.000.000,00	\$ 22.000.000,00
6	MODULOS DE EXPANSION	4AI – SOCKETS AI Expansion Modules For ROC-809	2	\$ 716.000,00	\$ 1.432.000,00
7		8DI-SOCKETS DI expansion modules for ROC 890	2	\$ 620.000,00	\$ 1.240.000,00
8		4DO-SOCKETS DI expansion modules for ROC 890	2	\$ 950.000,00	\$ 1.900.000,00
9		Puerto serial RS485	1	\$ 736.000,00	\$ 736.000,00
10	PROTECCIONES	6 EI-0D2-10Y-10B – Analog Input Isolators	6	\$ 490.000,00	\$ 2.940.000,00
12		4 EI-0D2-10Y-10B – Dual Channel Isolated Digital Inputs	4	\$ 205.000,00	\$ 820.000,00
13		6 EI-0D2-10Y-10B – Single Channel Solenoid Driver Digital Outputs	6	\$ 310.000,00	\$ 1.860.000,00
14		1 KFD0-RO-EX2 – Single Channel Discrete Output – Relay	1	\$ 230.000,00	\$ 230.000,00
15		Protección Heavy Duty RS 485	1	\$ 193.200,00	\$ 193.200,00
16		Breaker a 5ª	1	\$ 17.000,00	\$ 17.000,00
17	Gabinete	Tableplast Serie G - MT850AT Dimensiones: 780X500X250 mm	1	\$ 450.000,00	\$ 450.000,00
18	Consumibles			\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
19	Cable Comunicaciones	RS-485 Belden 120 Ohms Calibre 22 Tentativo a confirmar en ingeniería de detalle	200	\$ 7.500,00	\$ 1.500.000,00
20	Cable Potencia / AC	Cobre calibre 12 Tentativo a confirmar en ingeniería de detalle	100	\$ 2.000,00	\$ 200.000,00
21	Cable Potencia/ DC	AWG 2x2x14 Tentativo a confirmar en ingeniería de detalle	50	\$ 4.500,00	\$ 225.000,00
22	Cable Instrumentación	AWG 2x2x22 Instrumentación, a confirmar en ingeniería de detalle	200	\$ 6.000,00	\$ 1.200.000,00
23	Aire acondicionado	8000 BTU	1	\$ 800.000,00	\$ 800.000,00
TOTAL					\$ 75.923.200,00

FUENTE: LA AUTORA

Tabla 22 listado de software y equipo de computo

SOFTWARE Y EQUIPO DE COMPUTO				
ITEM	PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO UNITARIO
22	INTERFAZ CON EL OPERADOR	HMI i FIX 4.5 con 300 TAGs modo Runtime Standalone + software de manejo de históricos HISTORIAN 3.1	1	\$ 2.482.760,00
23	WORKSTATION	Pentium 4 Core 2 Duo 2 GB RAM 250 GB HD – Monitor 19 Pulgadas Widescreen	1	\$ 1.900.000,00
TOTAL				\$ 4.382.760,00

FUENTE: LA AUTORA

Tabla 23 Equipos del Sistema de comunicaciones

ITEM	DISPOSITIVO	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO UNITARIO
20	GPRS Router Teldat G PLUS	Dual-band GSM / GPRS / EDGE cellular interface Internal SIM card External FME antenna connector Dettachable: can be replaced with GPRS/EDGE, ADSL, G.SHDSL 1 Ethernet ports (model dependent) Optional backup over ISDN or over POTS (model dependent) 1 Serial SYNC / ASYNC port or 4 Serial ASYNC ports (model dependent)	1	\$ 600.000,00
21	modem celular portable	Tarjeta PCMCIA celular GSM para redundancia en el cuarto de control.	1	\$ 300.000,00
22	ADAM 4572 MODBUS RTU TO MODBUS ETHERNET CONVERTER	convertor de protocolos Modbus RTU a Modbus TCP	1	\$ 854.100,00
TOTAL				\$ 1.754.100,00

FUENTE: LA AUTORA

Tabla 24 Costos de Obra

ITEM	SERVICIO	TIEMPO (días)	Recurso Humano	COSTO
1	Ingeniería de Detalle	20	2 Ingenieros Electrónicos	\$15.000.000
2	Configuración ROC – Integración de sistemas	10	1 Ingeniero Electrónico	\$4.687.500
3	Programación HMI	20	1 Ingeniero Electrónico ó de sistemas	\$7.500.000
4	Halado y tendido de cable eléctrico y de comunicaciones	7	2 Técnicos Electricistas	\$2.800.000
5	Figuración Gabinete	2	1 Técnico Electricista	\$300.000

FUENTE: LA AUTORA

Tabla 25 Tabla 24 Costos de Obra (Continuación)

ITEM	SERVICIO	TIEMPO (días)	Recurso Humano	COSTO
6	Instalación actuadores (3)	12	1Ingeniero Mecánico – 2 Auxiliares de Obra	\$5.000.000
7	Instalación Instrumentación	7	1 Ingeniero Mecánico – 1 Técnico Instrumentista – Las adaptaciones de tubería se determinan en la ingeniería de detalle	\$4.500.000
8	Adecuación Civil instalación aire acondicionado, pintado y acabados	10	Auxiliar de obra	\$1.500.000
Total				\$41.287.500

FUENTE: LA AUTORA

Nota: los gastos derivados por pagos de seguridad social, pensión y parafiscales serán asumidos por el contratista según el modelo de prestación de servicios profesionales y oficios técnicos.

Tabla 26 Consolidado de costos

Consolidado de costos	
Instrumentación asociada	\$ 75.923.200,00
Software y equipo de computo	\$ 4.382.760,00
sistema de comunicaciones	\$ 1.454.100,00
Costos de obra	\$ 41.287.500,00
TOTAL	\$ 123.047.560,00

FUENTE: LA AUTORA

Tabla 27 Propuesta Financiera

Propuesta Financiera. (Preliminar a confirmar en Ingeniería de Detalle)	
Sub-total	\$ 123.047.560,00
AIU (20%)	\$ 24.609.512,00
IVA sobre el AIU	\$ 3.937.521,92
TOTAL	\$ 151.594.593,92

FUENTE: LA AUTORA

CONDICIONES COMERCIALES.

- La siguiente oferta requiere una orden de servicio y contrato formal que especifique las pólizas de cumplimiento, garantía y estabilidad del sistema, que requiera su organización.

- La forma de pago es del 100% del valor relacionado con el suministro de materiales a la entrega de la ingeniería de detalle e inicio del proceso de compras, la cantidad restante será cancelada a 30 días ordinarios de finalizada la construcción llave en mano.

4. CONCLUSIONES

- Con esta propuesta de diseño del sistema SCADA se brinda una solución viable que se podrá ir implementando de acuerdo al plan presupuestal de la empresa y que ofrece la capacidad de ir creciendo de acuerdo a las necesidades de Gases del Cusiana S.A. E.S.P., cumpliendo así con el principio de escalabilidad del SCADA.
- El sistema SCADA propuesto se adapta de la mejor manera posible a la instrumentación disponible en campo, esto con el fin de maximizar el beneficio financiero de CUSIANAGAS frente al desafío tecnológico que representa la automatización y monitorización de procesos, sin embargo, la necesidad de adaptarse a lo existente limitó el desarrollo de una ingeniería basada en esquemas tecnológicos ms recientes, como por ejemplo buses de campo tales como Foundation Fieldbus o Profibus.
- Mediante la visita de obra y reuniones con el cliente se hace el planteamiento de un problema de ingeniería, en el cual se definen condiciones iniciales, parámetros de funcionamiento y normatividad a cumplir en un marco profesional importante como es el sector de hidrocarburos, para el cual se ofrece una solución práctica factible en la implementación.
- En el desarrollo de la ingeniería conceptual del sistema SCADA para Cusianagas, se logra fijar el escenario adecuado para la implementación de

la red SCADA la cual en su fase inicial está comprendida por un elemento controlador de operaciones remotas (ROC 809), el cual incorpora las señales de 4 a 20 mA., el computador de flujo, la RTU 3305 de Bristol Babcock, los actuadores de las ESDV así como los estados del compresor y le odorizador, dos sistemas de comunicaciones, internet ADSL como sistema principal y red de telefonía celular como sistema redundante, los cuales enlazan a la estación City Gate con la estación de trabajo del Centro principal de control ubicado en las oficinas de Cusianagas.

- El diseño del sistema SCADA logra el objetivo de solucionar la problemática de la falta de disponibilidad de información del estado del sistema de forma constante y con ello aumenta la capacidad de planificación y control de los recursos del sistema, además implementar este diseño solucionaría la ausencia de control sobre las válvulas de bloqueo por alta presión (válvulas Slam Shut), las cuales en repetidas ocasiones se han activado sin que los operadores se percaten hasta que el usuario reporta una falla en el servicio.
- Se encontró que para la primera fase de integración, el City Gate Yopal, el 100% de los dispositivos son compatibles para la integración al sistema SCADA, sin embargo, para que el City Gate opere de forma mucho más segura existen tres válvulas que deberían funcionar como válvulas de seguridad (ESDV), por tanto estas deberían contar con actuadores configurados para válvulas que operan normalmente abiertas con control remoto para el cierre y manual para apertura
- Aprovechando la infraestructura existente, con características afines a un mismo protocolo de comunicaciones, MODBUS, un bus de campo no tan

eficiente y veloz como otros buses de campo, pero que permite la conexión de la mayoría de distribuidores reconocidos actualmente en la industria de la instrumentación y de control de plantas Oil & Gas, se propone su uso tal que se validen los elementos existentes y asegure la vinculación de estaciones futuras que aún no han definido su arquitectura.

- En la selección de equipos se consideraron los siguientes puntos:
 - Satisfacer los requerimientos expuestos en el segundo capítulo con el fin de cumplir con las funcionalidades descritas.
 - Conformar un sistema compatible con los elementos existentes, según lo inventariado, de tal forma que se maximizara el aprovechamiento de los recursos.
 - Cumplir con la reglamentación de seguridad para la clasificación de ambientes especiales con instalaciones eléctricas, según normatividad colombiana (NTC 2050, RETIE) y la normatividad internacional estándar (NFPA, IEC, NEC, CELEC, entre otras)
 - Buscar equipamiento económicamente viable sin sacrificar especificaciones de normatividad, ni calidad.

- Para la escogencia de los métodos de transmisión de datos se analizaron las posibilidades que ofrecía el entorno, tales como cobertura de las diferentes compañías de telefonía celular según el área geográfica (los llanos orientales) así como la intensidad de la señal en cada punto a integrar, el acceso a servicios de internet y la viabilidad de un sistema de radio. De lo anterior se propone que los sistemas más convenientes para transmisión de datos son vía internet ADSL y vía celular para los operadores Comcel y Movistar.

- El controlador ROC-809, piedra angular del esquema de control tiene la capacidad de adaptación a un bus con mejores características de desempeño, como lo es Foundation Fieldbus, esto si en un futuro se pretende actualizar el SCADA de la planta, a uno que permita una mayor trazabilidad, control y seguridad de la instrumentación existente

- De acuerdo a la ley 142 de 1994 que hace que los sistemas redundantes en redes industriales de empresas prestadoras de servicios públicos sean indispensables para reducir las probabilidades de interrupción del servicio, se sugiere para el acceso al estado de sistema una red de comunicación redundante vía celular que de respaldo a la comunicación vía internet.

- Para lograr una trazabilidad completa del sistema y poder condensar toda la información de la estación City Gate en un instrumento de control remoto de procesos, es necesario instalar la instrumentación complementaria propuesta en el capítulo tres, que indique: presión salida para distribución domiciliaria, temperatura de entrega, presión diferencial del sistema de filtrado, temperatura diferencial del calentador del sistema de regulación.

- A pesar de contar con una RTU 3305 de Bristol Babcock en el City Gate Yopal, la cual controla el proceso de inyección de aire comprimido y quién podría haber integrado los elementos complementarios para medición y control de esta estación, no se encuentran puertos disponibles para realizar este procedimiento, y Bristol Babcock ha descontinuado los módulos de expansión para este dispositivo.

Por tanto se recomienda una solución de Emerson Process para el control remoto de operaciones (ROC de la serie 800) la cual tiene compatibilidad con la instrumentación y con el sistema de comunicaciones propuesto.

BIBLIOGRAFÍA

FARFÁN, Leo Bladimir. Sistema SCADA para el grupo turbogenerador del laboratorio de máquinas hidráulicas. Tesis pre-grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, UIS, 2002.

MANTILLA, Enry Dwit y Nelson Iván MANTILLA. Propuesta para incorporar al sistema SCADA del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga el sistema de arranque de las bombas de la estación Bosconia . Trabajo de Grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, UIS, 2007.

RODRIGUEZ, Aquilino. Sistemas SCADA 2ª Edición. Barcelona: Marcombo, Ediciones Técnicas, 2007.

RUEDA, Oscar René. Redes industriales: Implementación del SCADA P-CIM para el control y la supervisión de procesos industriales. Trabajo de grado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, UIS, 2003.

RUIZ RODRIGUEZ & CÍA LTDA. . INGENIERÍA BÁSICA DEL TRATAMIENTO DE GAS. DOCUMENTO DE INGENIERIA. BUCARAMANGA, 2007.

RUIZ RODRIGUEZ & CÍA LTDA. INGENIERÍA BÁSICA VARIACIÓN 400 PSIG. DOCUMENTO DE INGENIERÍA. BUCARAMANGA, 2006.

TORRES, Edgar Ernesto y Diego Hernán RAMIREZ. Sistema de gestión para un prototipo de sistema SCADA en el laboratorio de instrumentación de la E3T. Trabajo de Grado. Bucaramanga: UIS, 2007.

Empresa de Energía de Bogotá. GRUPO EMPRESARIAL DE ENERGÍA DE BOGOTÁ . 20 de Febrero de 2008 <<http://www.eeb.com.co/?idcategoria=1447> >.

COMISION DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS,. C.R.E.G. 2008 <<http://domino.creg.gov.co/creg.nsf/normas?OpenFrameSet>>.

ANEXO A

BUSES DE CAMPO

A continuación se referenciarán los buses de campo de mayor aplicación en las redes industriales.

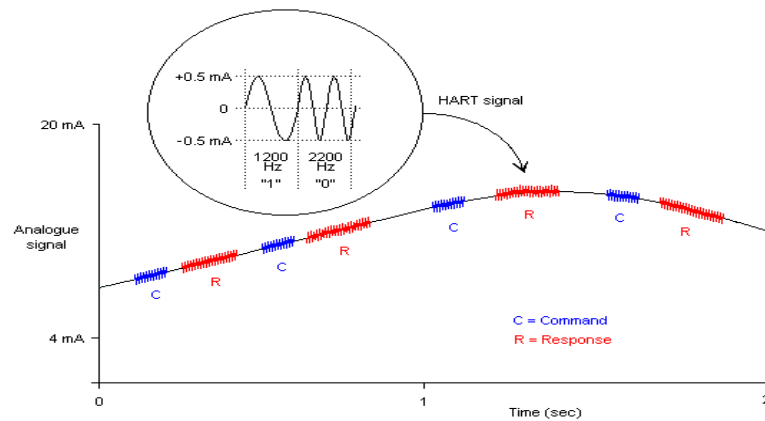
HART

Este acrónimo significa "*Highway Adressable Remote Transducer*", el protocolo HART permite la comunicación digital bi-direccional con instrumentos inteligentes sin perturbar la señal analógica de 4-20mA. Ambas señales, la analógica 4-20mA y las señales de comunicación digital HART pueden ser transmitidas simultáneamente sobre el mismo cable. El éxito de este protocolo y la aceptación obtenida en el entorno industrial se debe a las ventajas que ofrece al usuario, y a su fácil implementación sobre los sistemas de control existentes basados en 4-20mA

HART utiliza la modulación FSK "*Frequency Shift Keying*" (Codificación por Cambio de Frecuencia) para superponer las señales de comunicación digital al bucle de corriente 4-20mA, como se muestra en la Figura 1, donde la información binaria es representada mediante una señal de dos frecuencias distintas.

Un cero lógico es representado por una frecuencia de 2200Hz, mientras un uno lógico es representado por una frecuencia de 1200Hz. Estos tonos se superponen a la señal analógica portadora y son los que contienen información adicional a la variable de proceso de AC, tal como mediciones adicionales, parámetros de proceso, configuración de instrumentos e información de diagnóstico.

Figura 1. Codificación de señales, HART

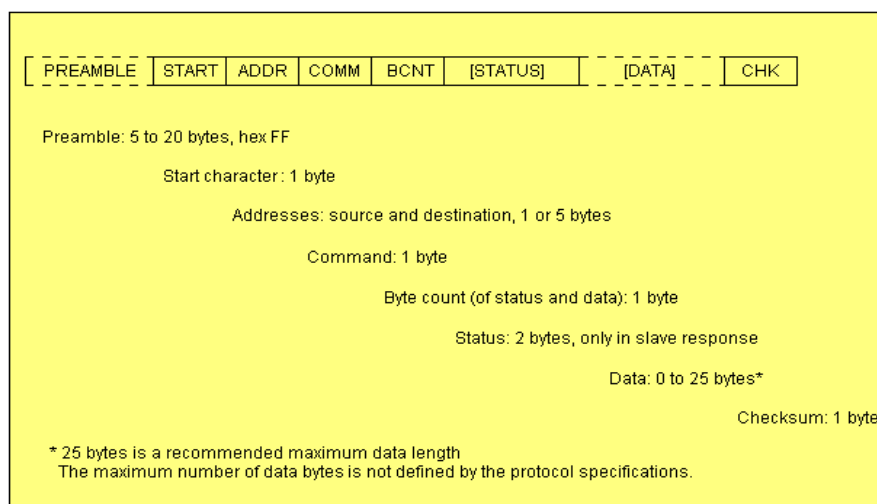


FUENTE: INTERNET, www.romilly.co.uk/whathart.htm

Sobre los mismos hilos por donde viajan la señal análoga y la señal HART, viaja la alimentación lo cual representa una gran ventaja a la hora de implantar esta tecnología de comunicación digital, frente a otras tecnologías digitales, ya que es compatible con los sistemas existentes.

La estructura de un mensaje HART se muestra a continuación en la figura 2

Figura 2 Mensaje HART



El preámbulo (Preamble) se compone de 5 a 20 bytes en hexadecimal todos en 1 (FF), esta cabecera del mensaje ayuda al receptor a sincronizar la trama de caracteres.

El byte de inicio (start) identifica el tipo de mensaje y puede tomar diferentes valores: que indiquen si es un mensaje maestro – esclavo, esclavo – maestro ó un mensaje roto por parte del esclavo, además contiene el formato de la dirección en trama corta ó trama larga

El campo de dirección (add) incluye un bit de dirección del maestro (1 para maestro primario y 0 para maestro secundario) y la dirección del esclavo, en trama corta esta dirección es de 4 bits incluyendo la dirección de petición (de 0 a 15), mientras que en trama larga la dirección del esclavo está compuesta por 38 bits incluyendo un identificador particular por dispositivo, otro bit es usado para indicar si algún esclavo se encuentra fuera de la red.

Comm, hace referencia al byte de comando HART para el mensaje. Estos están clasificados en los siguientes rangos: Comandos universales (de 0 a 30), comandos de práctica común (32 a 126), comandos de dispositivos específicos (128 a 253)

El byte de conteo (BCNT) contiene el número de bytes a seguir en los bytes de estado (Status) y datos (data), el receptor utiliza esta información para comprobar que el mensaje está completo ya que no se cuenta con un carácter que indique el final del mensaje

El campo de estado (status), también conocido como el código de respuesta, está compuesto por dos bytes y solo se presenta en el mensaje de respuesta de un esclavo, contiene información sobre errores de comunicación en el mensaje saliente, en el estado del comando recibido y el estado del dispositivo mismo.

El campo de datos (data) puede o no estar presente, esto depende en particular del comando del mensaje. Para que el mensaje completo tenga una duración razonable se recomienda que este campo tenga una longitud máxima de 25 bytes, aunque algunos dispositivos tienen comandos específicos que utilizan campos de datos más largos.

Finalmente el byte de suma de verificación (checksum), tiene el objetivo de proteger la integridad del mensaje, este campo contiene una compuerta exclusiva OR ó una paridad longitudinal para todos los bytes anteriores desde el byte de inicio en adelante adjunta un bit de paridad a cada byte y detecta errores dentro del mensaje.

Foundation Fieldbus (FF)

Es un protocolo de comunicaciones bidireccional, completamente digital, para redes industriales, específicamente para aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización, orientado sobre todo a la interconexión de dispositivos en industrias de proceso continuo. Además soporta los requerimientos de las zonas de seguridad intrínseca, áreas peligrosas con riesgo de explosión y ambiente de regulación difícil

Su desarrollo ha sido apoyado por importantes fabricantes de instrumentación (Fisher-Rosemount, Foxboro, etc.).

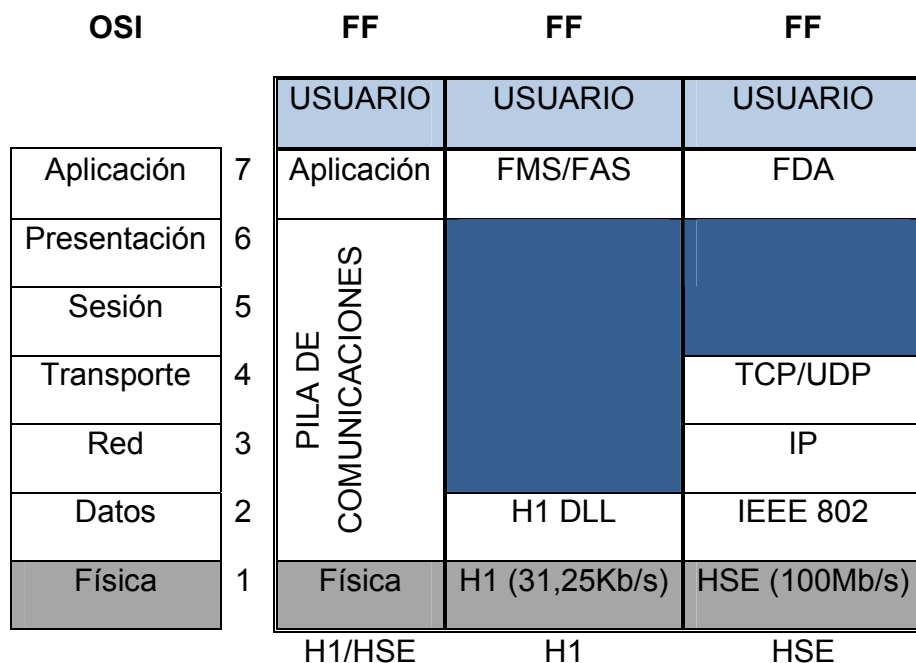
Actualmente están definidas dos versiones:

H1 (31.25Kbps) interconecta equipos de campo, como sensores, actuadores y E/S., tiene transmisión half-duplex por par trenzado, lo que permite compartir

soporte entre varios dispositivos, cubriendo una longitud hasta de 1900 metros sin repetidores, el cable puede ser reemplazado por fibra, maneja topología de árbol, bus ó mixta, esta versión es la competencia de Profibus PA, el cual ha sido de gran acogida en Europa, así que H1 tiene su mayor distribución en América y Asia

HSE (100Mbps/1Gbps) provee integración de controladores de alta velocidad (como PLC's), redes H1, servidores de datos, y estaciones de trabajo. Utiliza dispositivos Ethernet estándar, maneja topología en estrella, con transmisión por par trenzado apantallado con distancias hasta de 100 metros entre dispositivo y concentrador. Con fibra óptica se consigue transmisión full dúplex a 2000 metros. La especificación de acceso al medio está basada en el modelo de capas OSI definiendo la pila de comunicaciones FF en sus dos versiones de la siguiente manera:

Figura 3 Arquitectura de Fielbus Foundation



FUENTE: SISTEMAS SCADA 2da Edición, 6.3 Buses de Campo

La versión H1 contiene un protocolo que permite un solo acceso por vez y no necesita de las capas 3 a 6 ya que no hay enrutamiento ni fragmentación de los paquetes

HSE emplea el protocolo de acceso múltiple, definido por IEEE 802, HSE si necesita enrutamiento y fraccionamiento de paquetes por tanto su modelo utiliza el protocolo IP en su capa de red y los protocolos TCP y UDP en la capa de transporte.

Como interfaz con la capa de usuario H1 utiliza FMS (*Fieldbus message specification*) y HSE utiliza FDA (*Fieldbus Device Access*)

PROFIBUS

PROcess Field BUS, es un estándar de bus de campo abierto independiente del fabricante, de origen Alemán basado en el estándar europeo EN 50 170, a partir de la norma alemana DIN 19 245 fue empleado para interconexión de dispositivos de campo de E/S simples con PLC's y PCs

Existen tres perfiles:

Profibus DP (Decentralized Periphery). Orientado a sensores/actuadores enlazados a procesadores (PLCS) o terminales.

Profibus PA (Process Automation). Para control de proceso y cumpliendo normas especiales de seguridad para la industria química (IEC 1 1 15 8-2, seguridad intrínseca).

Profibus FMS (Fieldbus Message Specification). Para comunicación entre células de proceso o equipos de automatización. La evolución de Profibus

hacia la utilización de protocolos TCP/IP para enlace al nivel de proceso hace que este perfil esté perdiendo importancia.

Utiliza diferentes capas físicas. La más importante, en PROFIBUS DP, está basada en EIA RS-485. Profibus PA utiliza la norma IEC 11158-2 (norma de comunicación síncrona entre sensores de campo que utiliza modulación sobre la propia línea de alimentación de los dispositivos y puede utilizar los antiguos cableados de instrumentación 4-20 mA) y para el nivel de proceso se tiende a la utilización de Ethernet. También se contempla la utilización de enlaces de fibra óptica. Existen puentes para enlace entre diferentes medios, además de gateways que permiten el enlace entre perfiles y con otros protocolos.

Se distingue entre dispositivos tipo maestro y dispositivos esclavo. El acceso al medio entre maestros se arbitra por paso de testigo, el acceso a los esclavos desde un maestro es un proceso de interrogación cíclico (polling). Se pueden configurar sistemas multimaestro o sistemas más simples maestro-esclavo.

En Profibus DP se distingue entre: maestro clase 1 (estaciones de monitorización y diagnóstico), maestro clase 2 (elementos centralizadores de información como PLCs, PCs, etc.), esclavo (sensores, actuadores).

El transporte en Profibus-DP se realiza por medio de tramas según IEC 870-5-1. La comunicación se realiza por medio de datagramas en modo broadcast o multicast. Se utiliza comunicación serie asíncrona por lo que es utilizable una UART genérica.

Profibus DP prescinde de los niveles OSI 3 a 6 y la capa de aplicación ofrece una amplia gama de servicios de diagnóstico, seguridad, protecciones etc. Es una capa de aplicación relativamente compleja debido a la necesidad de mantener la integridad en el proceso de paso de testigo (un y sólo un testigo)

Profibus FMS es una compleja capa de aplicación que permite la gestión distribuida de procesos al nivel de relación entre células con posibilidad de acceso a objetos, ejecución remota de procesos etc. Los dispositivos se definen como dispositivos de campo virtuales, cada uno incluye un diccionario de objetos que enumera los objetos de comunicación. Los servicios disponibles son un subconjunto de los definidos en MMS (ISO 9506)

Las plataformas hardware utilizadas para soportar Profibus se basan en microprocesadores de 16 bits más procesadores de comunicaciones especializados o circuitos ASIC como el LSPM2 de Siemens. La PNO se encarga de comprobar y certificar el cumplimiento de las especificaciones PROFIBUS.

Entre sus perspectivas de futuro se encuentra la integración sobre la base de redes Ethernet al nivel de planta y la utilización de conceptos de tiempo real y filosofía productor-consumidor en la comunicación entre dispositivos de campo.

Las distancias potenciales de bus van de 100 m a 24 Km (con repetidores y fibra óptica). La velocidad de comunicación puede ir de 9600 bps a 12 Mbps. Utiliza mensajes de hasta 244 bytes de datos.

Profibus se ha difundido ampliamente en Europa y también tiene un mercado importante en América y Asia. El conjunto Profibus DP- Profibus PA cubre la automatización de plantas de proceso discontinuo y proceso continuo cubriendo normas de seguridad intrínseca

Modbus

Modbus es un protocolo de transmisión desarrollado por la Gould Modicon para sistemas de control y supervisión de procesos (SCADA) con control centralizado. Utilizando este protocolo, una Estación Maestra (MTU) puede comunicarse con una o varias Estaciones Remotas (RTU) con la finalidad de obtener datos de campo para la supervisión y control de un proceso.

En Modbus los datos pueden intercambiarse en dos modos de transmisión:

- Modo RTU
- Modo ASCII

El Modo RTU, algunas veces denominado Modbus-B (por Modbus Binario), es el tipo más común.

Características

(Modo RTU):

- Control por Conteo de Caracteres
- Transmisión asincrónica
- Carácter Básico NRZ de ocho dígitos de información (transmitidos como dos caracteres hexadecimales de cuatro dígitos), un dígito de arranque, un dígito de paridad y un dígito de parada
- Un Maestro puede controlar hasta 247 Esclavos
- Operación en Modo de Respuesta Normal (NRM)
- Topología en Estrella
- Interfaces de Capa Física: RS-232D, RS-422A, RS-485, o lazo de 4-20 mA.
- Velocidades de Transmisión: 1.2 a 19.2 Kbps
- Medios de Transmisión: par trenzado, cable coaxial, radio

La comunicación Modbus se maneja de forma maestro esclavo siendo la trama de del mensaje de pregunta se caracteriza de la siguiente manera:

Figura 4 Arquitectura del mensaje Modbus master

Slave Address	Function Code	Start Address (Hi)	Start Address (Lo)	Number of Points (Hi)	Number of Points (Lo)	Error Check (Lo)	Error Check (Hi)
---------------	---------------	--------------------	--------------------	-----------------------	-----------------------	------------------	------------------

Donde cada segmento de la trama se compone de 8 bits que muestran el direccionamiento de la petición, el tipo de petición, la dirección de inicio de los datos requeridos, el número de registros pedidos y el control de errores.

Por el otro lado, en la figura 5 se puede ver un tipo de trama con cabeceras muy similares a la trama anterior pero con un Byte menos y con una información interna muy distinta pero que corresponde a la respuesta de la petición de la unidad maestra.

Figura 5 Arquitectura del mensaje Modbus slave

Slave Address	Function Code	Byte Count	Data (Hi)	Data (Lo)	Error Check (Lo)	Error Check (Hi)
---------------	---------------	------------	-----------	-----------	------------------	------------------

ANEXO B

Controlador de operaciones remotas ROC809

El controlador de operaciones remotas ROC809 es un controlador con microprocesador que ofrece funciones para una variedad de aplicaciones de automatización de campo. ROC809 monitorea, mide y controla equipos en un entorno remoto y es ideal para todas las aplicaciones que requieren cálculo de flujo; bucles de control proporcional, integral y derivativo (PID); control secuencial y lógico; y hasta 12 ciclos de medición.

El controlador ROC809 es muy innovador y versátil y cuenta con una placa madre a la que se conectan la unidad de procesamiento central (CPU), el módulo de entrada de energía, los módulos de entrada y salida (E/S) y los de comunicación. La unidad incluye nueve ranuras donde pueden instalarse módulos: las tres primeras destinadas a los módulos de comunicación o E/S y las otras seis a los módulos de E/S únicamente.

El controlador ofrece las siguientes características:

- Hardware resistente de mantenimiento reducido.
- Fuentes de potencia de entrada versátiles.
- Consumo de energía económico.
- Protección de memoria integrada.
- Módulos de fácil instalación.
- E/S abundantes y versátiles.
- Comunicaciones versátiles.
- Compatibilidad con estaciones de medición.
- Gran capacidad de almacenamiento de historiales configurable.
- Seguridad en el inicio de sesión.
- Llaves de licencia.
- Diversos métodos de cálculo de gas.

La unidad base

La carcasa de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) cuenta con cubiertas de canales de cable para proteger los terminales de cableado. El montaje del riel DIN permite colocar la unidad en una placa madre del gabinete. La carcasa resistente se adapta a todo el margen de temperatura completo.

El controlador ROC809 permite prescindir del uso de fusibles en los módulos de E/S y comunicación debido a que utiliza la última tecnología en protección contra cortocircuitos, que reduce el mantenimiento en lugares remotos.

ROC809 economiza el consumo de energía en el modo de funcionamiento normal por medio de un sistema electrónico interno de 3,3 voltios.

La unidad utiliza un módulo de entrada de energía para convertir la potencia de entrada externa a los niveles de tensión requeridos por su sistema electrónico y para controlar los niveles de tensión y así garantizar un funcionamiento adecuado. Existen dos módulos de entrada de energía disponibles para ROC809: de 12 voltios CC y de 24 voltios CC, que suministran energía regulada de 12 voltios CC a la placa madre.

ROC809 cuenta con cuatro tipos de memoria:

- Flash de inicio: diagnóstico e inicialización del sistema.
- Flash: imagen de firmware.
- SRAM (memoria estática de acceso aleatorio): configuración y registros de datos.
- SDRAM (memoria dinámica sincrónica de acceso aleatorio): ejecución de firmware y memoria de ejecución.

El microprocesador de 32 bits y el sistema operativo en tiempo real (RTOS) brindan protección de memoria de hardware y software.



Controlador de operaciones remotas ROC809

Hoja de especificaciones

E/S y comunicaciones

El usuario puede instalar y extraer los módulos de las ranuras con facilidad en cualquier momento con sólo retirar los dos tornillos imperdibles que se encuentran en el frente de la unidad. Los módulos son intercambiables en marcha, lo que significa que puede extraerlos e instalar otro módulo del mismo tipo con la unidad enchufada, y el nuevo módulo adquiere la configuración de los módulos anteriores. Asimismo, son de conexión en caliente, lo que significa que pueden instalarse directamente en las ranuras vacías con la unidad enchufada, se autoidentifican y el software de configuración ROCLINK™ 800 reconoce el módulo automáticamente.

ROC809 admite hasta seis puertos de comunicación, tres de los cuales son integrados:

- Interfaz de operador local: LOI.
- Ethernet: Comm1.
- EIA-232 (RS-232): Comm2.

El conector RJ-45 estándar EIA-232 (RS-232D) del puerto de la interfaz de operador local (LOI) ofrece un enlace directo entre ROC809 y una computadora personal.

Pueden instalarse hasta tres módulos de comunicación adicionales para obtener puertos que permitan comunicarse con una computadora central u otros dispositivos. ROC809 puede combinar los siguientes tres tipos de módulos:

- EIA-232 (RS-232C) para comunicaciones seriales asincrónicas punto a punto.
- EIA-422/EIA-485 (RS-422/RS-485) para comunicaciones seriales asincrónicas, EIA-422 para comunicaciones punto a punto, EIA-485 para comunicaciones a múltiples puntos, de 2 y 4 cables.
- Interfaz con sensores de variables múltiples (MVS) (hasta dos módulos por unidad ROC); cada módulo puede comunicarse con hasta seis sensores y puede suministrar energía hasta a cinco sensores.
- Módem de acceso telefónico para establecer comunicaciones por medio de una red telefónica.

ROC809 admite el uso de una variedad de protocolos de comunicación: ROC Plus, Modbus, Modbus con extensiones EFM, Modbus encapsulado en TCP/IP y Modbus TCP/IP.

Utilice el puerto de comunicación Ethernet con:

- Protocolo ROC Plus.
- Protocolo Modbus encapsulado en TCP/IP (sólo esclavo).
- Protocolo Modbus TCP/IP (sólo esclavo).
- Comunicaciones del software DS800 Development Suite 800.

Pueden incorporarse módulos de E/S aislados ópticamente para satisfacer una amplia variedad de requisitos de E/S de campo (nueve módulos como máximo) Los módulos de E/S incluyen:

- Entradas analógicas (AI).
- Salidas analógicas (AO).
- Entradas discretas (DI).
- Salidas discretas (DO).
- Salidas de relés digitales (DOR).
- Entradas y salidas HART.
- Entradas de impulsos (PI) de alta/baja velocidad.
- Entradas de RTD (RTD).
- Entradas de termopares (T/C) tipo J y K.

Ciclos de medición y estaciones

La unidad ROC809 también admite hasta 12 ciclos de medición con el uso de estaciones. Los ciclos de medición cuya configuración es similar pueden agruparse en estaciones, lo que optimiza la configuración y la elaboración de informes. Dado que pueden definirse muchos parámetros una sola vez para toda la estación, se reducen las tareas de configuración. Cuando se realizan informes por cada ciclo de medición, se eliminan los datos redundantes de cada estación y disminuye la necesidad de carga y descarga, lo que efectiviza el proceso de elaboración de informes.

El usuario puede agrupar cualquier combinación de los 12 ciclos de medición entre las 12 estaciones. Los ciclos de medición pertenecen a una misma estación cuando tienen parámetros comunes, tales como la misma hora de contrato y los mismos datos de gas.

Firmware

El firmware de la memoria flash de sólo lectura contiene el sistema operativo y el software de las aplicaciones. El módulo de la CPU tiene una SRAM (memoria estática de acceso aleatorio) con batería de respaldo para guardar configuraciones y almacenar eventos, alarmas e historiales.

El firmware cuenta con una base de datos para eventos, alarmas e historiales que almacena los últimos 450 eventos, las últimas 450 alarmas y 35 días de registros por hora de conformidad con el Capítulo 21.1 de API. La base de datos de historiales contiene hasta 200 puntos en 11 segmentos que ofrecen más de 197.000 registros únicos. El usuario puede configurar cada segmento para almacenar datos en diferentes intervalos y con diferentes horas de contrato.

El firmware ofrece una variedad de métodos de cálculo de flujo de gas.

Continúa en la página 4

Especificaciones del controlador de operaciones remotas ROC809

<p>PROCESADOR Microprocesador de 32 bits basado en el procesador PowerPC Motorola MPC862 con controlador de comunicaciones cuádruple integrado (PowerQUICC™) de 50 MHz.</p> <p>MEMORIA DEL PROCESADOR Flash de inicio: 256 KB para diagnóstico e inicialización del sistema. Flash: 4 MB para imágenes de firmware. SRAM: 1 MB para configuración y registros de datos históricos. DRAM sincrónica: 8 MB para la ejecución de firmware y la memoria de ejecución.</p> <p>MÓDULOS DE E/S Entrada analógica-12: cuatro canales; 12 bits de resolución. Salida analógica: cuatro canales. Entrada discreta: ocho canales. Salida discreta: cinco canales. Salida de relé digital: cinco canales. Salida y entrada HART: cuatro canales, cada uno con capacidad para establecer comunicaciones con hasta cinco dispositivos HART en el modo de ramales múltiples de entrada. Entrada de impulsos: dos canales de alta y baja velocidad; seleccionable por el usuario por canal. Entrada de RTD: dos canales. Entrada de termopares tipo J y K: cinco canales; seleccionable por el usuario por canal.</p> <p>PUERTO EIA-232 (RS-232) EN LA CPU Tipo: simple. Velocidad máxima de transferencia de datos de 57.600 bps.</p> <p>PUERTO ETHERNET EN LA CPU Tipo: cable de par trenzado 10BASE-T. Ethernet de banda base de 10 MB/segundo de múltiples segmentos IEEE. Segmento máximo: 100 m (330 pies).</p> <p>PUERTO LOI EN LA CPU Tipo: estándar EIA-232D (RS-232D). Velocidad máxima de transferencia de datos de 57.600 bps.</p> <p>PRECISIÓN DE TEMPERATURA DE PLACA 1% habitual, 2% como máximo.</p>	<p>DEMANDA DE ENERGÍA El sistema base obtiene 70 mA a 12 voltios CC o 35 mA a 24 voltios CC (módulo de potencia, placa madre y CPU). Escala de tensión recomendada para el módulo de 12 voltios CC: 11,5 a 14,5 voltios CC. Escala de tensión máxima para el módulo de 12 voltios CC: 11,25 a 16 voltios CC. Margen de entrada operativo para el módulo de 24 voltios CC (+): 20 a 30 voltios CC.</p> <p>RESERVA DE BATERÍA Reemplazable por el usuario. Tipo: batería de litio CR2430 de 3 voltios Sanyo. Vida útil normal: 10 años con la unidad enchufada. Duración de la energía de reserva: 1 año como mínimo con el puente de conexión y la fuente de electricidad desconectados. Duración fuera de servicio: 10 años.</p> <p>PRECISIÓN DEL CONTROL DE TENSIÓN Habitual: 0,75% habitual. Máximo: 1%.</p> <p>FUNCIONES DE TIEMPO Tipo de reloj: oscilador de cristal de 32 KHz con suministro eléctrico regulado y batería de respaldo. Año/ mes/ día y hora/ minuto/ segundo, con control de horario de verano. Precisión del reloj: 0,01%. Temporizador de vigilancia: el control de hardware caduca una vez transcurridos 3 segundos y el procesador se reinicia.</p> <p>MATERIALES Carcasa: acrílonitrilo butadieno estireno (ABS). Cubiertas de canales de cable: plástico polipropileno. Módulos: poliéster termoplástico, resistente al solvente.</p> <p>GABINETE Patente del gobierno de EE.UU: 6771513.</p> <p>CABLEADO Cable de calibre 12 (AWG) o menor para bloques de terminales.</p> <p>RIELES DIN Tamaño: 35.</p> <p>DIMENSIONES 241 mm de alto por 244 mm de ancho por 174 mm de profundidad (9,5 pulgadas de alto por 9,6 pulgadas de ancho por 6,85 pulgadas de profundidad), y 19 mm (0,75 pulgadas) adicionales para los cables.</p>
---	--

Especificaciones del controlador de operaciones remotas ROC809

<p>PESO 1,65 kg (3,65 libras) correspondientes a la carcasa, la placa madre y la CPU. Módulos de E/S: entre 49 y 60 g (1,76 y 2,1 onzas). Módulo de módem: 113,4 g (4 onzas). Módulo EIA-232 (RS-232): 47,6 g (1,68 onzas). Módulo EIA-422/485 (RS-422/485): 49,9 g (1,76 onzas). Módulo de MVS: 61,2 g (2,16 onzas). Módulo de entrada de energía de 12 voltios CC: 97,5 g (3,44 onzas). Módulo de entrada de energía de 24 voltios CC: 120 g (4,24 onzas).</p> <p>INFORMACIÓN AMBIENTAL Temperatura operativa: -40 a 75°C (-40 a 167°F). Temperatura de almacenamiento: -40 a 85°C (-40 a 185°F). Humedad relativa: IEC68-2-3; 5-95% sin condensación. Vibración: IEC68-2-6; 0,15 mm o 20m/seg². Choque mecánico: IEC68-2-27; 11 mseg, sinusoidal no operativo de 50 Gs, operativo de 15 Gs. Choque térmico: IEC68-2-14; de aire a aire de -20 a 85°C (-4 a 185°F).</p>	<p>APROBACIONES Cumple con las siguientes normas europeas: EN55011 (emisiones). EN61000-4-2 (inmunidad de descarga electrostática). EN61000-4-4 (inmunidad de oscilaciones transitorias rápidas eléctricas). EN61000-4-6 (inmunidad conducida). EN61000-4-8 (inmunidad de campo magnético de frecuencia de red). EN61000-6-2 (inmunidad de radiofrecuencia irradiada).</p> <p>Evaluado según normas norteamericanas: CSA C22.2 n° 142 y n° 213. CAN/CSA E79-0-02 y E79-15-02. UL 1604 – 3^{ra} edición. UL 508 – 17^{ma} edición.</p> <p>Clasificaciones de productos para lugares peligrosos: Clase I, división 2, grupos A, B, C y D, T4A. Clase I, zona 2, grupo IIC, T4A. AEx nA IIC, T4A.</p>
---	--

Continuación de la página 2

Software

Cuando una computadora personal ejecuta el software ROCLINK 800, configura el controlador ROC809 y puede extraer datos y controlar su funcionamiento.

El software ofrece seguridad para controlar el acceso a las funciones de ROCLINK 800 y las contraseñas restringen el inicio de sesión tanto al software como al controlador.

Opciones

- **E/S y comunicaciones:** ROC809 admite una amplia variedad de módulos de E/S y comunicación adecuados para una gran cantidad de aplicaciones.
- **Pantalla con teclado ROC:** la pantalla con teclado ROC permite a los usuarios locales ver y modificar los parámetros de ROC809.

- **Módulos de entrada de energía:** la unidad ROC809 admite módulos de entrada de energía de 12 voltios CC y de 24 voltios CC y suministra energía de 12 voltios CC a la placa madre.
- **Cálculos AGA:** los cálculos de American Gas Association (AGA) son funciones optativas y se ordenan en bloques de seis ciclos de medición.
- **Development Suite 800 (IEC 61131-3):** permite configurar los programas de ROC en el lenguaje de diagrama de flujo y los otros cinco lenguajes que dispone la norma IEC 61131-3, y se comercializa por separado a través de la división Flow Computer Division.
- **Llaves de licencia:** cuando el usuario instala la llave de licencia de una aplicación con los registros de licencia válidos, el controlador ROC809 le otorga acceso a las aplicaciones apropiadas, tales como el software DS800 Development Suite y los cálculos de ciclos de medición.

FluBoss y ROCLINK son marcas de una de las empresas de Emerson Process Management. El logotipo de Emerson es una marca comercial y una marca de servicio de Emerson Electric Co. Todas las marcas restantes pertenecen a sus respectivos propietarios. Las especificaciones correspondientes a la serie ROC800 se encuentran protegidas por la patente de EE.UU. número 6771513, con ejemplares extranjeros de un mismo tenor y patentes pendientes.

Esta publicación se realiza con fines meramente informativos, y si bien se ha procurado ofrecer información precisa, el contenido del presente no debe considerarse como una garantía expresa ni implícita respecto de los productos o servicios que se describen ni de su uso o aplicabilidad. Fisher Controls se reserva el derecho de modificar o mejorar los diseños o especificaciones de los productos en cualquier momento sin previo aviso.

Emerson Process Management

División Remote Automation Solutions
Marshalltown, IA 50158 U.S.A.
Houston, TX 77041 U.S.A.
Pickering, North Yorkshire UK Y018 7JA

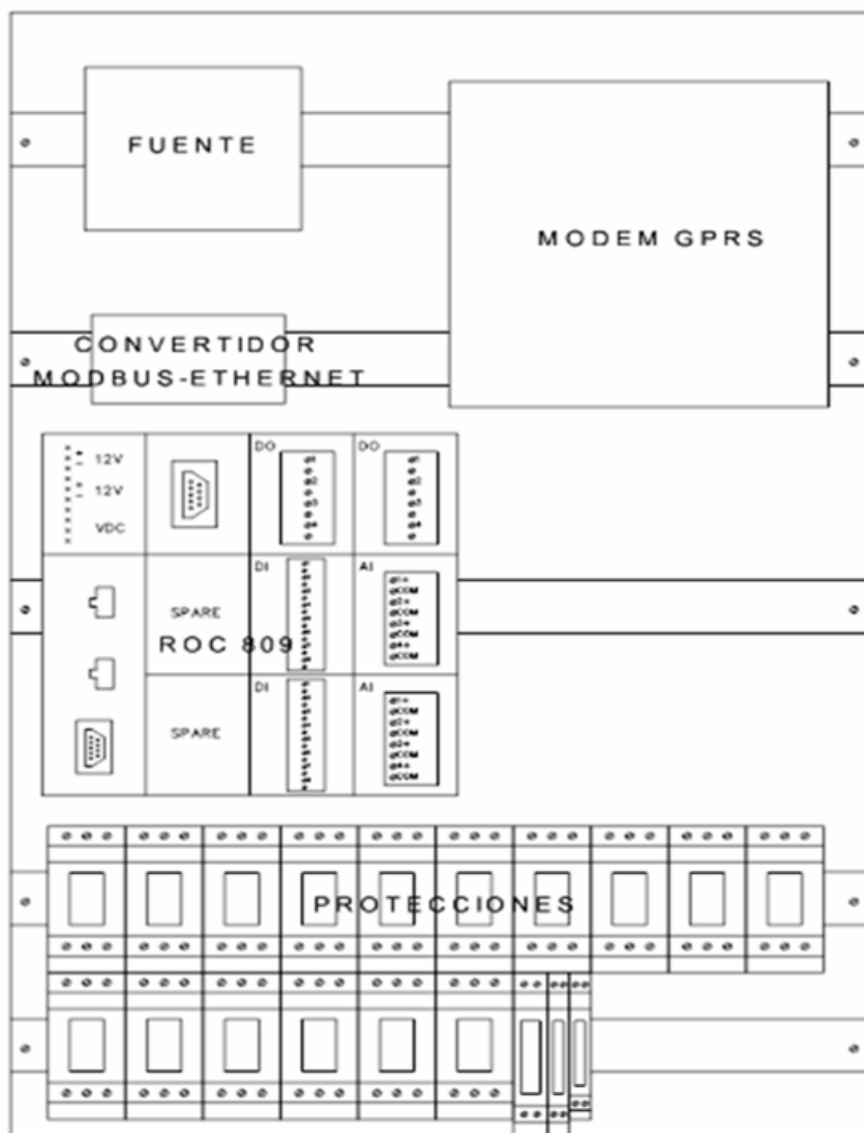
© Fisher Controls International, LLC. 2002-2007. Todos los derechos reservados.










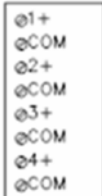

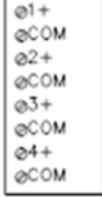
ANEXO C

ESQUEMATICO DE DISTRIBUCION DEL EQUIPO DE CONTROL Y COMUNICACIONES

GABINETE NEMA 4



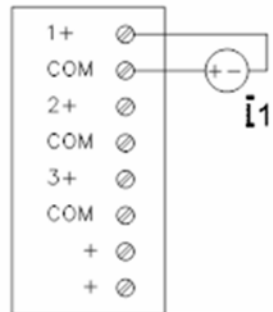
DISTRIBUCIÓN MODULAR ROC 809

x + x - 12V x + x - 12V x x VDC x		DO 	DO 
  	SPARE ROC 809	DI 	AI 
	SPARE	DI 	AI 

Conexión ROC 809 con instrumentos de campo

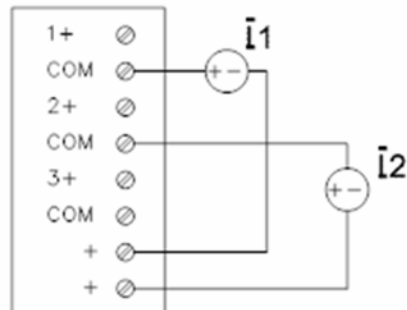
PARA LA CONEXION DE UN SOLO INSTRUMENTO

MODULO AI

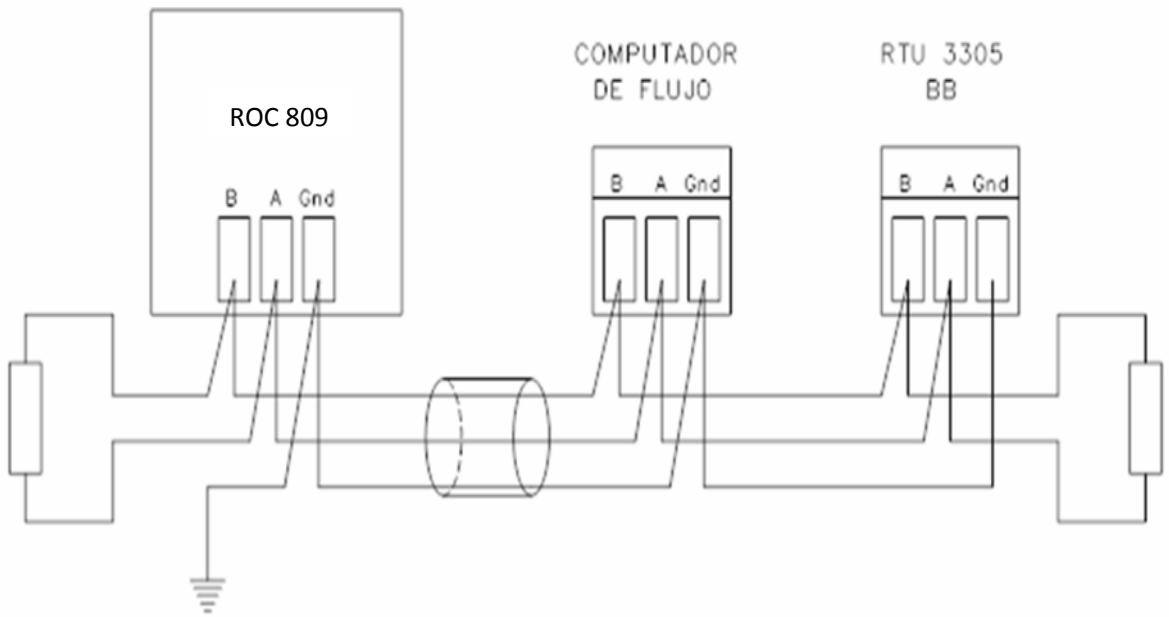


PARA LA CONEXION DE DOS O MAS INSTRUMENTOS

MODULO AI



**Conexión de ROC 809 con elementos de control
(Lazo RS485)**



ANEXO D

TABLAS MODBUS

1. CONFIGURACION MODBUS COMPUTADOR DE FLUJO THERMO ELECTRON AUTO PILOT (CUSIANAGAS)

CONFIGURACION: MODBUS RTU – RS-485 - SLAVE

VELOCIDAD: 9600

PARIDAD: NONE

BIT DE DATOS: 8

BIT DE PARADA: 1

COM: 2.

SLAVE ID: 1

FLOTANTES BIT MÁS SIGNIFICATIVO PRIMERO, CONVERSION CERO (0).

HOLDING REGISTERS MODBUS CODE 3

START ADRESS	END ADRESS	DESCRIPCION
7000	7001	PRESSURE
7002	7003	TEMPERATURE
7004	7005	CURRENT FLOW MCFD
7006	7007	ENERGIA MMBTU
7008	7009	TODAY FLOW
7010	7011	YESTERDAY FLOW
7012	7013	FACTOR DE CORRECCION

2. CONFIGURACION MODBUS ROC-809 – INTEGRACION COMPUTADOR DE FLUJO THERMO ELECTRON FLOW (CUSIANAGAS)

CONFIGURACION: MODBUS RTU – RS-485 - MASTER

VELOCIDAD: 9600

PARIDAD: NONE

BIT DE DATOS: 8

BIT DE PARADA: 1

COM: 3 RS-485

FLOTANTES BIT MÁS SIGNIFICATIVO PRIMERO, CONVERSION CERO (0).

HOLDING REGISTERS MODBUS CODE 3

START ADDRESS	END ADDRESS	START MASTER	END MASTER	DESCRIPCION
7000	7001	100	101	PRESSURE
7002	7003	102	103	TEMPERATURE
7004	7005	104	105	CURRENT FLOW MCFD
7006	7007	106	107	ENERGIA MMBTU
7008	7009	108	109	TODAY FLOW
7010	7011	110	111	YESTERDAY FLOW
7012	7013	112	113	FACTOR DE CORRECCION

SALIDAS IDENTICAS EN COM1 – ETHERNET y EN COM 2 – RS-232

3. CONFIGURACION MODBUS Bristol Babcock 3305 (CUSIANAGAS)

CONFIGURACION: MODBUS RTU – RS-485 - SLAVE

VELOCIDAD: 9600

PARIDAD: NONE

BIT DE DATOS: 8

BIT DE PARADA: 1

COM: 2.

SLAVE ID: 2

FLOTANTES BIT MÁS SIGNIFICATIVO PRIMERO, CONVERSION CERO (0).

READ INPUT COILS MODBUS CODE 01 READ COIL STATUS

START ADRESS	END ADRESS	DESCRIPCION
1000	1000	Solenoide 1 - Estado
2000	2000	Solenoide 2 - Estado
3000	3000	Solenoide 3 - Estado
4000	4000	Solenoide 4 - Estado

FLOTANTES BIT MÁS SIGNIFICATIVO PRIMERO, CONVERSION CERO (0).

HOLDING REGISTERS MODBUS CODE 03 READ HOLDING REGISTERS

START ADRESS	END ADRESS	DESCRIPCION
8000	8001	PRESSURE
8002	8003	TEMPERATURE

4. CONFIGURACION MODBUS ROC-809 – INTEGRACION BRISTOL BABCOCK(CUSIANAGAS)

CONFIGURACION: MODBUS RTU – RS-485 - MASTER

VELOCIDAD: 9600

PARIDAD: NONE

BIT DE DATOS: 8

BIT DE PARADA: 1

COM: 3 RS-485

FLOTANTES BIT MÁS SIGNIFICATIVO PRIMERO, CONVERSION CERO (0).

HOLDING REGISTERS MODBUS CODE 3

START ADDRESS	END ADDRESS	START MASTER	END MASTER	DESCRIPCION
8000	8001	200	201	PRESSURE
8002	8003	202	203	TEMPERATURE

FLOTANTES BIT MÁS SIGNIFICATIVO PRIMERO, CONVERSION CERO (0).

READ INPUT COILS MODBUS CODE 01 READ COIL STATUS

START ADDRESS	END ADDRESS	START MASTER	END MASTER	DESCRIPCION
1000	1000	10	10	Solenoide 1 - Estado
2000	2000	11	11	Solenoide 2 - Estado
3000	3000	12	12	Solenoide 3 - Estado
4000	4000	13	13	Solenoide 4 - Estado

SALIDAS IDENTICAS EN COM1 – ETHERNET y EN COM 2 – RS-232

