

ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL OLEODUCTO TRANSECUTORIANO

Emilio Alvarado Rugel ¹, Javier Moreno Nicolalde ², Alberto Manzur Hanna ³.

¹ Ingeniero en Electricidad, especialización Potencia (2003)

² Ingeniero en Electricidad, especialización Potencia (2003)

³ Director de Tesis de Grado, Ingeniero en Electricidad, especialización Electrónica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, (1980). Profesor de la ESPOL desde 1980.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo realizar el análisis del montaje industrial del sistema automatizado de las estaciones de bombeo del oleoducto transecutoriano, partiendo del estudio de las necesidades operacionales de las unidades, de los métodos de instalación y criterios constructivos, y de la selección de equipos.

La correcta ejecución de un proyecto de esta magnitud depende en gran medida de la gestión realizada planificando las actividades de campo, definiendo todas y cada una de las actividades a realizarse en el montaje, organizando los recursos disponibles, y sobre todo una excelente dirección y control del proyecto. Siempre optimizando los costos del montaje: los costos directos como mano de obra, el gasto en equipos y materiales; y los costos indirectos de administración, gastos de obra y gastos generales.

INTRODUCCIÓN

El interés por el uso de Ethernet en redes industriales proviene del deseo de combinar alta conectividad con costos más bajos, pero la automatización de procesos industriales tiene ciertos requisitos que una red Ethernet no reúne. Hasta que esto suceda, la mejor alternativa es usar cada tecnología dónde sea apropiado: Fieldbus para la

automatización del proceso a nivel de campo, y Ethernet como soporte principal para las comunicaciones hasta el cuarto de control.

En el Ecuador, una de las principales aplicaciones de este tipo de proyectos se desarrolló en el año 2000 (Proyecto SOTE Fase I) con el montaje de una séptima unidad de bombeo en las estaciones orientales del oleoducto transecuatoriano.

La Fase II del Proyecto consiste en la automatización del sistema de control y monitoreo de las restantes 31 unidades de bombeo de las cinco estaciones del lado oriental. El presente trabajo consiste en la aplicación de las técnicas de control de proyectos fundamentado en el estudio de los aspectos más importantes de: los requerimientos operacionales de las unidades de bombeo, de la integración de los sistemas tecnológicos seleccionados y de las normas para realizar el montaje industrial de este tipo de proyectos.

CONTENIDO

Primeramente fue necesario estudiar brevemente la disposición general de las instalaciones de la infraestructura del oleoducto, sus diferentes procedimientos y condiciones de arranque y parada, y los criterios básicos para su operación general. Luego de lo cual, nos centramos en el estudio de los componentes principales de la unidad de bombeo: motor de combustión, incrementador de velocidad, bomba, servicios auxiliares de lubricación, refrigeración, etc; su funcionamiento y operación. Finalmente, se analizaron las tomas de proceso que tienen que van a ser continuamente monitoreadas para el óptimo desempeño de la unidad y sus respectivos valores de operación en condiciones normales.

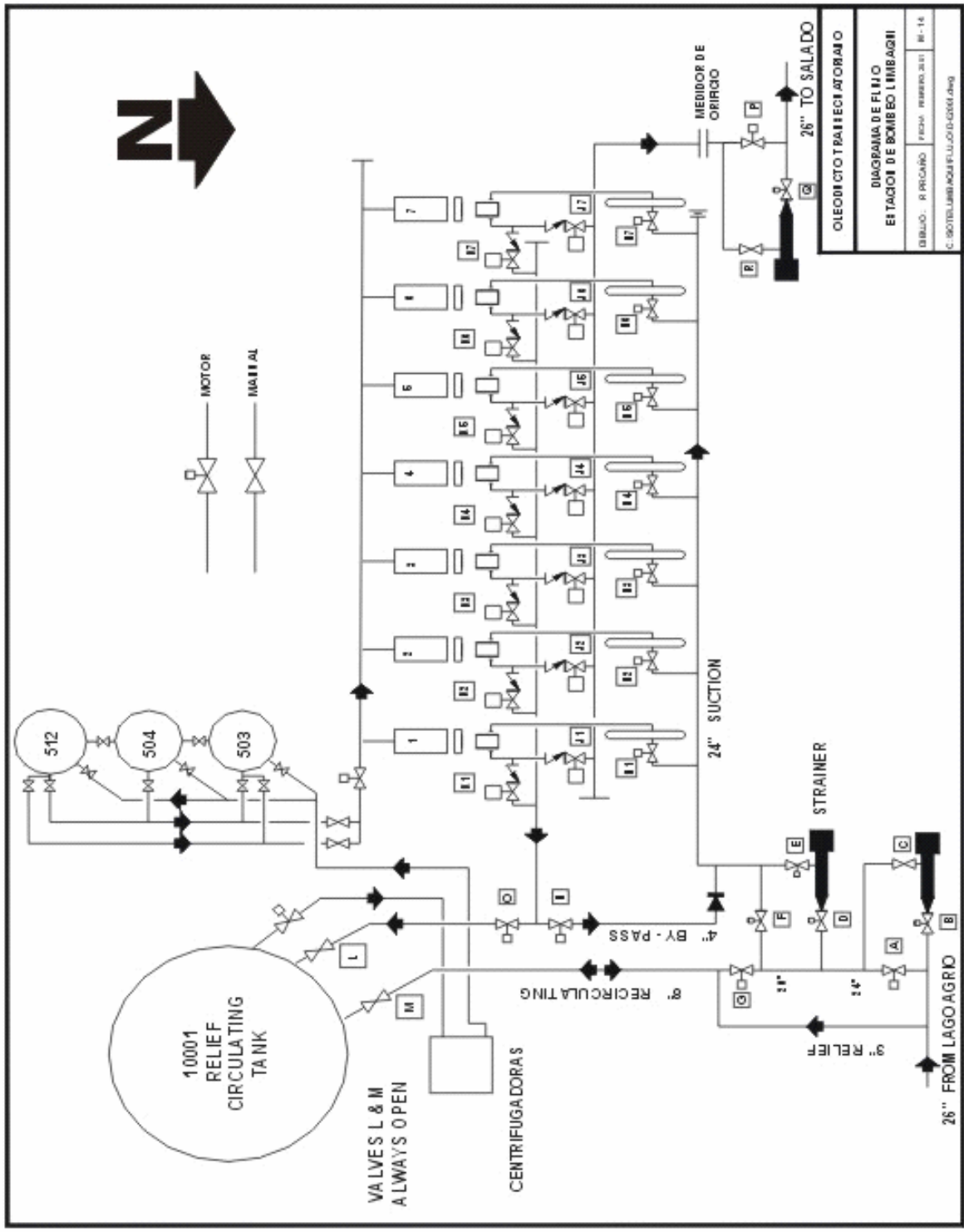


Fig. 1 .- Diagrama de Flujo de la Estación de Bombeo



Fig. 2 .- Unidad de Bombeo

Con los criterios de operación y de funcionamiento de la unidad de bombeo completamente claros, se analizan los fundamentos tecnológicos y la arquitectura del sistema utilizados para la automatización del sistema de control y monitoreo de las unidades de bombeo. Se presentan las ventajas que da el uso de la red fieldbus en dispositivos de campo inteligentes, y de la red ethernet en el nivel superior.

Un bus de campo maneja grandes volúmenes de datos, transmitiendo secuencialmente las variables a través de un mismo cable de comunicaciones, lo que representa una reducción en el cableado y soportería, presentando bajos costos de instalación y mantenimiento. El estándar que se impone en el nivel de campo de las redes de comunicación industriales es el de la organización Fundación Fieldbus, gracias a sus características, modelo de comunicaciones y bloques de operación fieldbus, los cuales son la base para la interoperabilidad de los dispositivos de campo



Fig. 3 .- Despliegue de la Unidad de Bombeo

Las características técnicas tanto de los equipos seleccionados como de su soportería, deben garantizar la seguridad, por lo que fue necesario definir y clasificar las distintas áreas consideradas como peligrosas dentro de la estación de bombeo, usando como base normas y estándares desarrollados por organizaciones internacionales. El objeto de colocar un área de trabajo dentro de una categoría clasificada como peligrosa significa que el equipo que va a ser instalado dentro de dicha área debe estar certificado para operar de forma segura bajo condiciones de peligro.

La selección de los equipos de instrumentación y control que fueron montados en las respectivas tomas de proceso involucran varios aspectos importantes como son: tecnología a utilizarse, localización del equipo, tipo de alojamiento, suministro eléctrico, instalación y mantenimiento.

Una vez analizada la instrumentación del proyecto, es necesario estudiar la descripción técnica del sistema, clasificando las diferentes señales en cada toma de proceso, y de la disposición física de las rutas tanto eléctricas como mecánicas, considerando las técnicas de instalación y montaje para este tipo de proyectos. Se analiza el agrupamiento de las señales de campo en los distintos segmentos de la red, poniendo énfasis en el agrupamiento de las señales fieldbus debido a sus diversos requerimientos para su óptima operación. Un punto muy importante es el adecuado cableado y aterrizamiento de los equipos electrónicos.

Se definieron claramente todas las actividades de campo como son: tareas civiles, tareas mecánicas, tendidos y conexiónado eléctricos y del sistema de comunicaciones, puesta a tierra, comisionamiento y puesta en marcha. Una vez definidas las actividades de campo del proyecto, se establecieron las requisiciones logísticas de personal, mano de obra, materiales y herramientas necesarias para la correcta ejecución del montaje industrial. Una vez terminados los trabajos se realizaron las pruebas de aceptación en sitio, con el propósito de fiscalizar el montaje, estableciendo los parámetros para aceptar o no aceptar la instalación.

La planificación general de las actividades se realizó tomando en cuenta los recursos necesarios, estableciendo los procedimientos de montaje, el orden que se debe seguir, las herramientas y materiales necesarios, determinando para cada tarea las condiciones

de estado en que debe encontrarse la máquina y los procedimientos que hay que seguir para garantizar las condiciones de seguridad requeridas para personas y equipos. Para la asignación de recursos, tiempos y secuencias a las actividades detalladas en la planificación se utilizaron diagramas de barras de Gantt y gracias al método de la ruta crítica, se mostraron las actividades que limitan la duración del proyecto.

Tabla I .- Tabla de Actividades Predecesoras y Sucesoras

ITEM	PREDECESOR	SUCESOR	ACTIVIDAD	DIAS
A		B	Etapa de logística	25
B	A	C	Instalación de Campamento	15
C	B	I,D,E,F,G,J	Despacho y Recepción de Materiales y Equipos	6
D	C	H	Fabricación de Soportería	14
E	C	K	Instalación de Cajas de paso y Panel Local	19
F	C	N	Sistema de Puesta a Tierra	10
G	C	M	Instalación del Sistema de Comunicación y Fuerza	5
H	D	O	Instalación de Soportería	15
I	C	O	Instalación de Termopozos	13
J	C	N	Conexionado y marquillado de Delta V y MCC	3
K	E	L	Instalación de Tuberías Conduit	31
L	K	O	Cableado y conexionado de campo	10
M	G	N	Actualización de software del sistema de control	1
N	F,J,M	O	Trabajos en séptimas unidades	4
O	I,H,L,N	P	Trabajos en Unidad 4 Lago Agrio	4
P	O	Q	Trabajos en Unidad 1	4
Q	P	R	Trabajos en Unidad 2	4
R	Q	S	Trabajos en Unidad 3	4
S	R	T	Trabajos en Unidad 5	4
T	S	U	Trabajos en Unidad 4 y Unidad 7 Lago Agrio	4
U	T	V	Trabajos en Unidad 6	4
V	U		Corrección de fallas, Inventario y Entrega final	10

En base a la relación costo – tiempo se estimaron los costos del montaje del proyecto, los costos directos como mano de obra, el gasto en equipos y materiales; y los costos indirectos de administración, gastos de obra y gastos generales.

Tabla II.- Tabla del Cálculo del Costo Total del Montaje

A: COSTOS DIRECTOS

Gastos de Mano de Obra	120000	
Gastos de Herramientas y Materiales	82500	
	SUB TOTAL A:	202500

B: COSTOS INDIRECTOS

Administración Central	11888	
Administración y Gastos de Obra	194080	
Gastos Generales	21260	
	SUB TOTAL B:	227228

SUBTOTAL (A+B)	429728
UTILIDAD (12%)	51567

VALOR TOTAL MONTAJE	481295
----------------------------	---------------

CONCLUSIONES

Es fundamental entender el proceso e implementar el sistema de control requerido con los dispositivos apropiados, considerando el cumplimiento de códigos y disposiciones aplicables, los requerimientos de la estación y del proceso, y una buena práctica de ingeniería. Para ejecutar el montaje industrial del proyecto, se tomaron en cuenta las normas y estándares adecuados, utilizando equipos de protección personal . Para garantizar la seguridad del sistema, se definieron áreas peligrosas, lo que implica que los equipos y la instalación deben estar certificados para operar de forma segura bajo condiciones de peligro.

Si los trabajos se los hubiera realizado estación por estación, hubiese tomado menos tiempo, empleando menos recursos de herramientas y personal, pero a un costo elevado puesto que el oleoducto dejaría de operar totalmente, durante un excesivo período de tiempo. La mejor opción fue realizar la instalación simultáneamente en la unidad en la unidad en standby de cada estación, lo que aumentaría los costos del montaje pero que

no son considerables en relación a los costos que dejarían de ingresar al país por cada día que el oleoducto no bombee crudo.

El montaje del proyecto tuvo una duración de 4.8 meses, empleando más de 100 personas entre profesionales y técnicos para el montaje industrial. El ingeniero de campo era el responsable de la supervisión de los trabajos tanto mecánicos, eléctricos y de instrumentación para que estos se ejecuten dentro de los plazos y costos establecidos

La fiscalización de la obra fue estricta y constante, lo cual es fundamental debido a que una vez terminada esta actividad difícilmente podrán registrarse cambios, por la magnitud de la obra.

El costo aproximado del montaje ascendió a US\$ 480,000. Los costos directos correspondieron aproximadamente al 40%, mientras que los costos indirectos representaron alrededor del 48%, dejando un margen de utilidad del 12% para la firma contratista.

Este proyecto sirve como base para la tercera parte de la automatización del oleoducto transecuatoriano llamada Sote Fase III, que consiste en la instalación de una Unidad de Terminal Remota (RTU) en cada estación de bombeo, para implementar un sistema Scada utilizando tecnología satelital.

REFERENCIAS

1. E. Alvarado y J. Moreno, “Análisis De La Instalación Y Operación De Los Equipos Del Sistema Automatizado De Las Estaciones De Bombeo Del Oleoducto Transecuatoriano” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2003)
2. W. Zavala, “Análisis de Costos de Construcción de una Línea de Transmisión”, (Tesis, Facultad de Ingeniería Eléctrica, ESPOL, 1987)

3. A. Creus, Instrumentación Industrial, (Sexta Edición, España, Marcombo, 1997). pp 30-50
4. P. Díaz , Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución, (Primera Edición, México, McGRAW-HILL, 2001). Pp 50-70
5. M. Early, J. Caloggero y J. Sheehan, National Electrical Code Handbook 1996, (Séptima Edición, USA, NFPA, 1996) pp 505-620
6. Documentación Técnica: <http://www.fieldbus.org>
7. Documentación Técnica: <http://www.emersonprocess.com>

Ángel Alvarado Rugel

Javier Moreno Nicolalde

Ing. Alberto Manzur Hanna
Director de Tesis